

**Faculteit Wetenschappen**  
Vakgroep Geologie en Bodemkunde

## **DE BLAUWE HARDSTEENONTGINNINGEN IN BELGIË**

Veerle CNUUDE



Academiejaar 2000-2001

Scriptie voorgelegd voor het verkrijgen van het  
diploma van licentiaat in de Geologie

Promotor: Prof. Dr. R. Nijs

Leescommissie: Prof. Dr. P. De Paepe, Prof. Dr. P. Jacobs

Afbeelding voorpagina: Miniatuur van een middeleeuwse werf: steenhouwers en handlangers in actie.

## Dankwoord

In de eerste plaats wil ik Prof. Dr. R. NIJS, mijn promotor, bedanken voor het mogelijk maken van deze scriptie. Verder gaat mijn aller grootste dank uit naar mijn vader, Prof. Dr. CNUDDE, die tijd noch moeite spaarde om advies te geven en me in de wereld van de blauwe hardsteen te introduceren.

Mijn oprechte dank gaat uit naar de heren TOURNEUR, van Pierre et Marbres de Wallonie, PHILIPPART, van het ISSeP en in het bijzonder Dr. Eric GROESSENS, van de Geologische Dienst te Brussel, die mij toegang gaven tot hun grote verzameling van uitzonderlijke documenten.

Ik wens verder alle directeurs, geologen en werknemers van de firma's Clypot S.A., Carrières Gauthier et Wincqz S.A., sprl Marbres et Pierres d'Yvoir, Nutons S.A., Carrières de Sprimont S.A., Carrières de la Préalle Sprimont, SA Carrières de Sprimont, Carrière de Chanxhe S.A., Carrières Flay-co sprl, S.A. Nouvelles scieries et carrières Depauw, sprl Carrières Van Reeth-Hoefkens, S.A. Carrières Troydo, S.A. Carrières Jullien, S.A. Carrières du Hainaut en Carrière de la Région Wallonne, te bedanken voor de medewerking en de informatie die zij mij gaven. In het bijzonder dank ik Dr. Victor NETELS, uit de S.A. Carrières du Hainaut, die maakte dat geofysische onderzoek kon worden verricht.

Ik wens Ir. De Pauw van het Laboratorium Magnel van gewapend beton te bedanken voor het ter beschikking stellen van hun laboratorium voor de technische proeven. Ik dank de mensen uit het laboratorium van Prof. Dr. Nijs die me hielpen bij het voorbereiden van de monsters. Verder dank ik Jackie Beeckman van het Laboratorium voor toegepaste geologie voor de hulp bij de carbonaatbepalingen en Nelly Maes voor haar deskundig advies.

Tevens wil ik Eric Beeuwsaert en François Fynn bedanken voor de hulp op het veld bij de geofysische prospectie en Prof. Dr. Walraevens voor het ter beschikking stellen van het multi-electrodensysteem.

Ik wil Florias Mees bedanken voor de hulp bij het tomografisch onderzoek en Prof. Dr. P. Jacobs voor het ter beschikking stellen van de apparatuur.

Tenslotte wil ik mijn moeder danken voor haar eindeloos geduld en steun. Mijn vriend Steven wil ik bedanken voor zijn begrip en hulp. Allen samen hebben gemaakt dat deze scriptie haar uiteindelijke vorm kreeg, alleen was dit niet mogelijk. Daarom nogmaals aan allen mijn bijzondere dank.

## Inleiding

In de zomer van het jaar 2000 startte het onderzoek voor deze scriptie. Alles begon met het bezoeken van de nog actieve blauwe hardsteengroeven in België. Door de gesprekken met de eigenaars, de werknemers en talrijke andere mensen groeide het idee dat de blauwe hardsteenontginning een zeer belangrijke invloed had op het leven van de Belgen. Op de Geologische Dienst te Brussel werd al snel duidelijk dat het aantal blauwe hardsteengroeven enorm talrijk was geweest. Dr. Groessens hielp me bij het verschaffen van documentatie die soms nergens anders nog te vinden was. Door zijn jarenlange ervaring met dit onderwerp kon hij mij goed op de hoogte brengen van wat er me allemaal te doen stond. In de Geologische Dienst te Brussel konden we de oude archieven raadplegen, waarop vaak veel informatie stond over oude groeven die later compleet verdwenen waren. We zochten contact met Dr. Tourneur van Pierre et Marbres de Wallonie, die persoonlijk heel sterk in de blauwe hardsteen geïnteresseerd was en daardoor ook veel informatie daaromtrent bezat. In Namen, op de dienst DGRNE (service du doumentation), verkregen we enkele nieuwe geologische kaarten, die ons toelieten in detail het verloop van het Tournaisiaan na te gaan. Bij het ISSeP, konden we op de steun rekenen van Dhr. Philippart die veel wist over de studie uitgevoerd in 1994 naar de reserves van de blauwe hardsteen.

Telkens zochten we naar oude en nog bestaande groeven, waarbij we op het veld gingen om deze te bezoeken. Er werden 15 actieve groeven bezocht. Na een interessant gesprek met de eigenaars, huurders, meestergasten of gewone werknemers, startte telkens het veldwerk. Dit veldwerk bestond uit het opmeten van de banken en het bespreken ervan, het maken van een coupe, een monstername voor latere proeven en een detailonderzoek naar bijzondere kenmerken van bepaalde banken. In de groeve Hainaut zouden we verder nog aan geofysische prospectie doen; naast radar werden er ook resistiviteitsbepalingen uitgevoerd.

Eenmaal op de universiteit startte het laboratoriumwerk, waar we de scheikundige analyse voor  $\text{CaCO}_3$  uitvoerden. Verder werden ook verschillende technische proeven gerealiseerd, waarbij we naast de bepaling van de porositeit, de schijnbare volumieke massa en de druksterkte, ook de buigtreksterkte op monsters met en zonder witte aders bepaalden.

De blauwe hardsteen is een onderwerp waar op alle gebied nog veel dieper kon worden ingegaan, maar door de omvangrijke publicaties, de verscheidenheid aan methodes en de nieuwe technieken, waren we toch genooddaakt ergens een grens te trekken. Onze betrachtning was om elk stuk uit het productieproces te behandelen, vanaf de ruwe steen tot aan het afgewerkt product. Daarom start deze scriptie met de definitie van de blauwe hardsteen en zijn geologische achtergrond, waarna ze overgaat naar de inventaris van alle actieve en inactieve groeven, die stuk voor stuk in het mate van het mogelijke besproken werden, hierbij ook enige aandacht schenkend aan het historische aspect. In het volgend stadium ging onze aandacht naar de ontginning, de afwerking en de behouwing. De invloed van deze afwerking werd vervolgens gecontroleerd via tomografisch en microscopisch onderzoek. Ook alle technische kenmerken en proeven komen aan bod. Door het uitvoeren van meerdere technische proeven op monsters uit verschillende groeven, was het mogelijk om onze resultaten te vergelijken met deze van de technische fiches, welke men volop aan het opstellen was. De verklaring van bepaalde resultaten van sommige technische proeven werd gezocht aan de hand van bijkomend microscopisch onderzoek. De verwerking van de steen wordt besproken en geïllustreerd. Tenslotte vestigen we onze aandacht op de geofysische prospectie toegepast nabij de groeve Hainaut, waar er talrijke kernboringen waren uitgevoerd en boorkernen ter beschikking waren. GPR en resistiviteitsbepalingen met een multi-electrodesysteem werden uitgevoerd en besproken. Op die manier hebben we getracht een zo volledig mogelijk overzicht te verschaffen van alle aspecten die ter sprake komen bij de ontginning en verwerking van blauwe hardsteen.



# HOOFDSTUK 1. Blauwe hardsteen

## 1.1 Inleiding

In België onderscheidt men in de wereld van de bouwstenen twee grote soorten kalksteen: de “witte steen” en de “blauwe steen”. De rode rifkalksteen wordt algemeen als “marmer” beschouwd.

De “witte steen” komt in België enkel voor in het Tertiair en het Secundair (CAMERMAN, 1960).

De naam “blauwe steen” werd oorspronkelijk algemeen gegeven aan kalksteen uit het Devoon en Carboon. De benaming verwijst naar de blauwachtig grijze kleur die kenmerkend is voor de meeste kalksteensoorten uit het Paleozoïcum. Tot de “blauwe steen” uit het Carboon behoren o.a. de “petit granit” uit het Tournaisiaan, de “Doornikse steen” uit het Tournaisiaan, de “Pierre de Meuse” uit het Viseaan en de “Pierre de Moha et de Vinalmont” uit het Viseaan.

Deze blauwe kalksteensoorten hebben, ten overstaan van de witte steen, een groot aantal gemeenschappelijke kenmerken zoals een uitstekende druksterkte, een geringe porositeit en een goede slijtsterkte. Bovendien laten ze zich gemakkelijk bewerken, zodat er talrijke afwerkingen mogelijk zijn. Doordat “blauwe steen” zich doorgaans makkelijk laat polijsten, is het een geëerde natuursteen (WTCB, Technische Voorlichting 205).

De bekendste van deze steensoorten is ongetwijfeld de blauwe hardsteen, belgian fossil (Engels) of de meest bekende benaming petit granit (Frans). Deze laatste benaming, die slechts vanaf de XIX<sup>de</sup> eeuw wordt gebruikt, verwijst naar een zekere gelijkenis met het magmatisch gesteente graniet, waarin glimmers en veldspaten fonkelende splijtvlakken vertonen. In blauwe hardsteen, een crinoïdenkalksteen, zijn het de resten van crinoïden (zeeleliën) die gemakkelijk splijten en in het licht fonkelen.

Ontelbare crinoïden koloniseerden de zeebodem ten tijde van de afzetting van de blauwe hardsteen. Bij afsterven van de crinoïden vielen de skeletdeeltjes uit elkaar en raakten verstrooid over de zeebodem onder invloed van stromingen en golfbeweging, en werden uiteindelijk bedolven in het kalkslib. De stengellidjes van de crinoïden werden omgezet in een monokristal van calcië dat, zoals de stengellidjes zelf, zelden groter is dan een centimeter, maar gemiddeld 2 tot 4 mm haalt. Wanneer een gesteente rijk aan crinoïden gebroken wordt zullen die calciëmonokristallen het licht reflecteren volgens geordende kristalsplijtvlakken en glinsteren zoals de kwarts- en veldspaatkristallen in een granietgesteente. Vandaar de associatie met graniet. Ook na polijsting verkrijgt het gesteente een gespikkeld uitzicht door de talrijke witte calciëkristallen in de grijsblauwe matrix.

Er bestaan heel wat misverstanden tussen geologen en steenbewerkers omtrent het gebruik van de term graniet. Voor een geoloog is graniet een magmatisch gesteente dat bestaat uit kristallijne kwarts, veldspaat en glimmers, die het een heterogene korrelige textuur geven. Kleur- en textuurvariaties in graniet ontstaan door kleine verschillen in de mineralogische samenstelling en de kristal grootte. Graniet ontstaat door langzame stolling van een magma, kilometers diep onder de aardoppervlakte. De meeste granieten zijn zeer oude gesteenten die door langdurige erosie van de oorspronkelijke continenten aan de dag zijn gekomen. In België zijn vooralsnog geen echte granieten bekend (GROESSENS, 1993). De term petit granit is eerder gebaseerd op het uitzicht van het breukvlak van de kalksteen. De term “graniet” volgt uit de enigszins uiterlijke gelijkenis met bepaalde granietsoorten en de term “klein” is het gevolg van de drukweerstand die lager is dan bij graniet. Volgens anderen slaat de term “petit” eerder op de fijne verdeling van de calciëmonokristallen in de gesteentemassa.

De naam “petit granit” is dus slecht gekozen, daar dit sedimentair gesteente helemaal geen graniet is en een hardheid vertoont die het thuisbrengt in de categorie van de “halfharde” stenen (LEMAIGRE, 1981). De aanduiding “klein” wekt bovendien de indruk dat het om een brokkelig gesteente gaat, wat sterk contrasteert met zijn stevigheid en de krachtige indruk die gegeven wordt door het merendeel van de constructies waarin deze steen verwerkt is.

Uit het Italiaans Granito is evenwel een andere betekenis gegroeid: met korrels, zoals een siersteen waarvan de textuur gelijkt op die van graniet. Granito of granietmarmer wordt in het Nederlands zowel gebruikt voor natuurlijke sierstenen van het type “petit granit” als voor kunstmatig gevormde steenmassa's uit portlandcement en marmerbrokken. In het Frans maakt men nog het subtiele onderscheid tussen “granite” als term voor het magmatisch gesteente en “granit” als aanduiding voor harde polijstbare gesteenten.

Door analogie in textuur tussen magmatische gesteenten en fossielhoudende kalksteen werden soms ook termen als “porfier” of “granodioriet” gebruikt. Deze praktijken verdienen uiteraard geen aanbeveling. Ook voor de petit granit zijn, gelukkig met weinig succes, synoniemen gebruikt zoals “granitin”, “granitelle noire”, “granit de Flandre”, “marbre empire” of “Belgischer fossielen-marmor”. Met name archeologen hebben vaak een totaal

verkeerd gebruik gemaakt van de geologische terminologie. Zo werd zeer recent, in 1992, marmer gedefinieerd als een magmatisch gesteente dat polijstbaar is (GROESSENS, 1993)!

De "petit granit" wordt in Henegouwen ontgonnen sinds de 16<sup>de</sup> eeuw, en mogelijk reeds sinds de 13<sup>de</sup> eeuw (voor deze vroegere periode zijn wij niet zo zeker van het soort gesteente), maar de benaming "petit granit" is lang niet zo oud. De eerste aanwijzing duikt pas op in de periode na de Franse revolutie, wanneer een actief overheidsbeleid de starre economische regels doorbreekt en de industrialisatie van de ontginningsgebieden Zinnik, Ecaussinnes en Feluy bevordert. Het productievolume van de blauwe hardsteen wordt opgevoerd en zijn gebruik als polijstbare siersteen of façadesteent wordt ontdekt. In 1808 richt Michel-Joseph Ruelle te Ecaussinnes de eerste steenzagerij op. In zijn vergunningsaanvraag, in 1802, spreekt hij voor het eerst van "granit des Flandres". Blijkbaar had deze benaming vooral publicitaire waarde om nieuwe afzetmarkten voor zijn siersteen te vinden (GROESSENS, 1993).

Overigens is de benaming "marbres de Flandre" gelijktijdig in gebruik gekomen bij de commercialisatie van diverse Belgische marmers in het Napoleontisch Frankrijk. Zowel rode, grijze als zwarte marmers werden onder deze verzamelnaam aan de man gebracht, naast de "petit granit". Deze laatste benaming moet vlug gemeengoed geworden zijn. In 1808 wordt in de "Traité des Pierres précieuses" door BRARD de petit granit enigszins pejoratief omschreven als "vilain marbre du département de Jemappes". Andere benamingen zijn "marbre madréporique de Mons" en "petit gris". De term "petit" lijkt in dit geval eerder gebruikt om materiaal van 2<sup>de</sup> keuze aan te duiden. Dit blijkt duidelijk uit de beschrijving van BRARD: "*Il est gris d'un gris presque noir, et est taché par une multitude de fragments de petits entroques qui forment autant de petites taches grises. Il renferme aussi quelques coquilles, mais elles y sont rares. Ce marbre, qui n'a ni la couleur, ni la dureté, ni le poli en sa faveur, qui, lorsqu'on le travaille, répand une odeur infecte est cependant très employé dans le commerce. Il se trouve aux Ecaussinnes, près de Mons*"(GROESSENS, 1993).

De reputatie van de blauwe hardsteen gaat er in Frankrijk niet snel op vooruit. Andere vriendelijke benamingen zijn "pierre de porc" en "pierre puante". In 1823 geeft DRAPIEZ de volgende beschrijving: "*telle est la pierre connue, vulgairement sous le nom de petit granit, nom qui lui a été donné à cause de la grande quantité de débris de petites coquilles qu'elle renferme, et dont le tissu cristallin forme dans la pierre une foule de petites taches blanches qui lui donnent un faux aspect de granit*". DRAPIEZ had duidelijk iets tegen deze steen, want nog in 1836 scheef hij: "*Cette variété de marbre est extrêmement tendre, ce qui restreint naturellement l'usage: elle est d'un noir bleuâtre parsemée de débris blanchâtres d'encrinites, balanites, milléporites, astroites, etc.; le poli qu'on lui donne est d'abord très brillant, mais il s'altère vite à cause du peu de dureté de la roche et du peu de résistance qu'elle oppose aux acides*"(GROESSENS, 1993).

Een meer evenwichtige omschrijving werd nochtans in 1809 opgesteld door Omalius d'HALLOY in zijn "Essai sur la Géologie du Nord de la France": "*Parmi ces carrières on doit distinguer principalement celles des Ecaussinnes, canton de Soignies (Jemappe), qui fournissent un marbre très répandu dans le commerce, sous la dénomination impropre de petit granite: c'est un calcaire bituminifère ordinaire, d'une odeur fétide, rempli d'une immense quantité d'animaux marins de forme cylindrique, transformés en chaux carbonatée laminaire blanche; de sorte que quand la pierre est polie, elle présente une pâte noirâtre parsemée de petites taches circulaires blanchâtres. Les carrières des Ecaussinnes sont exploitées depuis très longtemps, mais anciennement on n'employait leurs produits que pour faire des pierres de taille; ce n'est que depuis peu qu'on a commencé à les polir comme les autres marbres. On sait qu'ils sont actuellement beaucoup de vogue, et que les fabricants de meubles de la capitale en font grand usage*". In 1828 vermeldt Omalius d'HALLOY nog dat de blauwe hardsteen voornamelijk uitgebaat wordt in Ecaussinnes en in Ligny; waarbij men zeker de groeven van Soignies, Arquennes en Feluy moet citeren, welke opmerkelijk zijn door het voorkomen van hun producten, de schoonheid van hun stenen en de grootte van de blokken die men er kan ontginnen. De grote zuilen in de gevel van het Koninklijk Paleis te Brussel kwamen trouwens uit Soignies.

Onder de benaming "Ligny" beschreef André DUMONT in 1832 deze kalksteen als volgt: "*Ce calcaire est parsemé de crinoïdes lamellaires grisâtres, qui, sur le fond plus foncé de la pierre, rappellent le marbre de Ligny; il pourrait être employé aux mêmes usages que ce dernier, car il reçoit bien le poli; il est sonore et répand, par le choc, une odeur très fétide. On en fait des pierres de taille de la plus grande dimension, et l'on peut, à cause de sa solidité et de son élasticité, le scier en lames très minces*".

Algemeen kan men dus stellen dat de introductie van "petit granit" als siersteen zeer snel verlopen is. Het commercieel succes was duidelijk groter dan de wetenschappers voor mogelijk hadden gehouden. Een deel van hun weerstand gold wellicht de benaming die wetenschappelijk onverantwoord is, maar ongetwijfeld bijgedragen heeft tot de snelle verspreiding van het product. Dit ging zelfs zover dat in 1912 de Fransman DARRAS sprak van bedenkelijke handelspraktijken om een Belgische grijze kalksteen beter te doen lijken dan de traditionele Franse witte stenen: "*Cette lutte entre la pierre bleue et la pierre blanche a répandu plus qu'il ne fallait le petit granit, avec lequel on a pu construire des édifices, ou des parties d'édifices, ce qui n'a rien d'extraordinaire;*

*avec lequel on a même fait des monuments funéraires, ce qui n'est pas pour nous étonner davantage, puisque cette pierre possède certaines qualités qui la rendent propre à ces divers emplois, mais parce qu'elle est bleue, on établit une confusion avec le vrai granit, est une erreur commerciale que nous avons cru nécessaire de signaler"* (GROESSENS, 1993).

Op het einde van de 19<sup>de</sup> eeuw was het een materiaal dat relatief goed werd verkocht, waarbij men veel onderzoek deed naar allerlei toepassingsmogelijkheden. Volgens DEMANET (1958) is de petit granit een kalksteen die praktisch uitsluitend uit deeltjes van crinoïden is opgebouwd. De aanwezigheid van de crinoïden, de extreme reductie van de matrix en de afwezigheid van de chert zijn de meest karakteristieke eigenschappen. Hij bevat secundaire calciëtkristallen in oplossingsholtes van vroegere fossielen (GROESSENS, 1978).

Petit granit was voor DEMANET beperkt tot het Boven-Tournaisiaan van het Bekken van Henegouwen en vallei van de Ourthe, maar werd om commerciële redenen gebruikt voor een ganse reeks andere crinoïdhoudende kalkstenen.

Sinds de publicatie in het Belgisch Staatsblad (10 juli 1999-Ed. 3) van het besluit van het Waals Gewest van 20 mei 1999, heeft de blauwe hardsteen, het onderwerp van deze scriptie, een "Appellation d'Origine Locale" (AOL) onder de benaming "pierre bleue dite petit granit d'âge géologique tournaisien". De slechte en soms belachelijk overkomende Nederlandse vertaling "over de toekenning van de aanduiding van lokale herkomst" in datzelfde staatsblad leidt echter tot de grootste verwarring, vooral als men petit granit gelijkstelt met Doornikse steen. Het besluit is letterlijk het volgende:

*Artikel 1. Om de aanduiding te dragen van lokale herkomst "pierre bleue dite petit granit d'âge géologique tournaisien" moet de steen aan volgende voorwaarden beantwoorden :*

*1° van Doornikse stratigrafisch tijdperk zijn;*

*2° bioklastische grijsblauwe kalk zijn, rijk aan zeeleliën, cornux, armpotigen, bryozoën en algen;*

*3° ten minste uit 88 % calciumcarbonaat (CaCO<sub>3</sub>) bestaan.*

*Hij moet ook de volgende eigenschappen vertonen :*

*1° specifieke schijnbare massa : 2640 kg/m<sup>3</sup> (minimumwaarde);*

*2° druksterkte: 110 Mpa (minimumwaarde);*

*3° poreusheid: 0,6 % (maximumwaarde).*

*Art. 2. De stenen met volgende kenmerken worden als afval beschouwd:*

*1° zachte brokkelige korst, schist- of heterogene vlekken;*

*2° geoden en/of steenlever;*

*3° inlaten (barsten ten gevolge van winning), kwade aders en slijtvlakken die het water vasthouden.*

*De stenen met volgende kenmerken op de zichtbare kanten worden eveneens als afval beschouwd:*

*1° alle onpolijstbare delen die het water weerhouden of die, zelfs zonder water te weerhouden, zich bevinden:*

*a) op minder dan twee centimeter van een opgevoegde scherpe kant;*

*b) op minder dan vier centimeter van een niet-opgevoegde scherpe kant;*

*c) op de al dan niet zichtbare smalle zijde van de dunne gevelplaten;*

*2° zwarte vlekken die het water weerhouden;*

*3° witte vlekken groter dan 1 dm<sup>2</sup> of gelijk aan 1/5<sup>de</sup> of meer van het buitenvlak van stenen die kleiner dan 5 dm<sup>2</sup> zijn;*

*4° zachte of niet-vasthechtende fossielen*

*Art. 3. Het winningsgebied is beperkt tot de bekken van Zinnik-Ecaussinnes-Neufvilles, de bekken van de Ourthe-Amel, de Condroz-streek en de Bocq- en de Molineévalleien, hetzij op het grondgebied van volgende gemeenten:*

*Anhée, Anthisnes, Aat, Aywaille, Brugelette, Ciney, Clavier, Comblain-au-Pont, Dinant, Durbuy, Ecaussinnes, Hamoir, Hastière, Havelange, Lens, Marchin, Mettet, Modave, Ohey, Onhaye, Ouffet, Seneffe, Zinnik, Somme-Leuze, Sprimont, Tinlot, Walcourt en Yvoir.*

*Art. 4. De stenen moeten gewonnen worden bij middel van technieken die geen microscheurvorming in de blokken veroorzaken.*

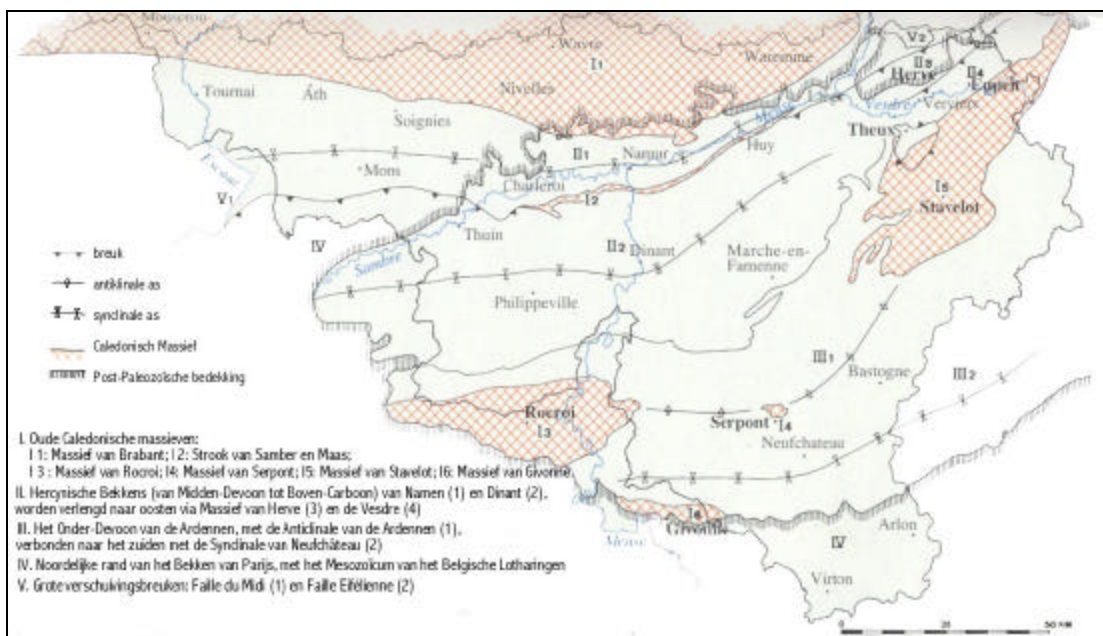
*Het uitzagen moet gebeuren volgens de richting van de structurele eigenschappen (slijtvlakken, voegen,...).*

De Belgische blauwe hardsteen werd door de ASBL FEDERATION BELGE DE PRODUCTEURS DE PIERRE BLEUE-PETIT GRANIT officieel geregistreerd onder de benamingen "PETIT GRANIT – PIERRE BLEUE DE BELGIQUE / ARDUIN - BELGISCHE BLAUWE HARDSTEEN / BLAUSTEIN – BELGISCH GRANIT". Men heeft deze naam laten registeren om zo een onderscheid te maken met de crinoïdhoudende kalkstenen die in het buitenland worden ontgonnen. Zo wil men zich duidelijk distantieren van de erg gelijkende blauwe hardsteen Erinstone, een Ierse kalksteen uit het Viseaan. Ook uit Vietnam en China wordt blauwe steen ingevoerd die vaak als vervangingsmateriaal voor de Belgische blauwe hardsteen wordt aangewend. Deze stenen zijn echter wel minder gelijkend.

Bij de registratie heeft men ook letterlijk gesteld dat deze steen aan volgende voorwaarden dient te voldoen:  
*Een blauwe compacte kalksteen zijn van sedimentaire oorsprong, encrinitisch (zeer rijk aan crinoïden) met een grijze tot blauwe kleur, met stylolitische voegen evenwijdig aan de gelaagdheid;*  
*Van Ivoriaan ouderdom, serie Tournaisiaan – Dinantiaan, Onder-Carboon;*  
*Zijn samengesteld uit minimum 88 % calciumcarbonaat (CaCO<sub>3</sub>), 1% tot 8 % dolomiet, 0 tot 1 % silicium, 0,2 tot 0,5 % ijzeroxides, 0,2 tot 0,9 ijzersulfides en uit 0,2 tot 0,4 % organische koolstof;*  
*Afkomstig zijn van lagen gelegen op het Belgisch grondgebied;*  
*Minimum een schijnbare volumieke massa hebben van 2640kg/m<sup>3</sup> (NBN-B24-213);*  
*Minimum een drukweerstand hebben van 110 N/mm<sup>2</sup> of MPa (NBN-B15-220);*  
*Maximum een graad van porositeit van 0,6 % in volume hebben (NBN-B24-213);*  
*Maximale een afslijting van 3,37 mm/1000m hebben (NBN-B15-223).*

Dit stelt de federatie echter nu zelf voor duidelijke problemen gezien men bijvoorbeeld voor de afslijting (Amsler-proef) regelmatig resultaten bekomt die duidelijk hoger zijn dan het vereiste maximum van 3,37 mm/1000 m.

De Carboonkalksteen komt in België in grote ontsluitingen (fig. 1) voor tussen een deel van het Cambro-Siluur Massief van Brabant en de Cambrische Massieven van Rocroi en Stavelot (CALEMBERT, 1938), in de Synclinale van de Condroz en het Bekken van Dinant, dat verder naar het noorden van Frankrijk loopt.



**Fig. 1: De structurele gehelen in de Waalse Ondergrond (uit “Pierre à bâtir traditionnelles de la Wallonie”).**

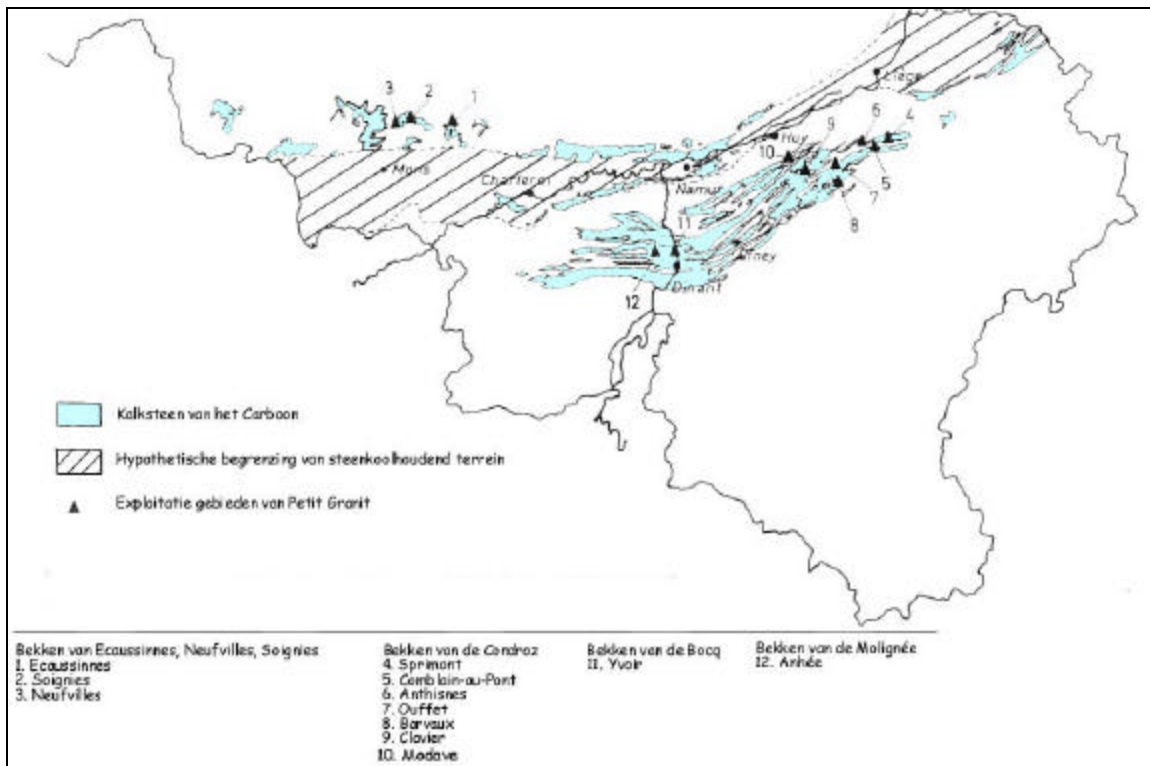
Tevens treft men deze kalksteen aan in het Bekken van Henegouwen en op de flanken van het Bekken van Namen, met zijn oostelijke verlengde: het Massief van de Vesdre en de streek rond Visé. De lagen van het Dinantiaan zijn ten westen van de Maas tussen Namen en Givet oostwest georiënteerd, maar buigen ten oosten van de Maas af naar het noordoosten (fig 1).

In het noordoosten is het Tournaisiaan gereduceerd tot enkele lagen in de streek van de Méhaigne. In de buurt van Visé treft men enkel Viseaan aan, dat voornamelijk bestaat uit foraminiferenhoudende kalksteen, oolithische kalksteen en breccieachtige kalksteen. De meeste vindplaatsen van de blauwe hardsteen behoren tot het Boven-Tournaisiaan op enkele uitzonderingen na welke tot het Midden-Tournaisiaan behoren.

Blauwe hardsteen wordt voornamelijk in vier bekkens ontgonnen (WTCB, Technische Voorlichting 156).

Het eerste bekken ligt in Henegouwen en strekte zich vroeger uit van Aat in het westen tot Ligny in het oosten, via Maffle, Neufvilles, Zinnik, Ecaussinnes, Feluy en Arquennes. Thans zijn daar enkel de groeven van Zinnik en Neufvilles (fig.2, nr. 2-3), welke tot de grootste ter wereld behoren, nog actief. De uitbatingen bevinden zich op de noordelijke rand van het Synclitorium van Namen, waar de oostwest gerichte, vrij ongestoorde lagen, 10° tot 15° naar het zuiden hellen. Dankzij deze ligging, die soms onderbroken wordt door grote spleten, is het gesteente gemakkelijk bereikbaar, wat een doorgedreven mechanisatie bij de ontginning mogelijk maakt. Het begin van de ontginning in de verschillende vindplaatsen is niet altijd met zekerheid gekend, maar ligt tussen het einde van de XIII<sup>de</sup> en de XVII<sup>de</sup> eeuw. De uitbatingniveaus in deze streek worden allen gekenmerkt door de

aanwezigheid van een referentieniveau. Dit niveau, ook wel “*délit à la terre(bleue)*” genoemd, bestaat uit een blauwe plastische kleilaag van 5 tot 10 cm dikte, welke oorspronkelijk een laagje vulkanische as was die later tot blauwe klei verweerde (GROESSENS, 1999). Waar deze laag ontsluit vinden we aan weerskanten een limonietlaagje, een oplossingsresidu en dan de echte kalksteen. In de streek van Soignies wordt ook de “*délit de la belle litée*”, ook “*délit à la terre noire*” genoemd, gebruikt om de lagen te refereren. Dit tussenlaagje, gewoonlijk een tiental cm dik, dat volgens LEGRAND (1946) het gevolg is van een sterkere oplossing, is verbonden met een of meerdere fossiellagen, met grote brachiopoden, waaronder *Spirifer*, *Leptaene* en *Chonetes*.



**Fig. 2: Ontsluiting van de Carboonkalksteen.**

Het tweede bekken omvat de Condroz tot aan de valleien van de Ourthe en de Amel (Amblève) (fig. 2, nr. 4-10). De tektonische stijl verschilt sterk van die van Henegouwen. Dicht op elkaar liggende plooiën, typisch voor de Condroz, geven de gesteentelagen een zeer uiteenlopend verloop. Ze zijn zelden vlak, vertonen meestal een aanzienlijke helling en staan soms zelfs verticaal. Dat bemoeilijkt de ontginning, die daarom slechts intensief werd na het midden van de XIX<sup>de</sup> eeuw. Zoals in het eerste bekken bezitten de verschillende uitbatingen in deze streek een referentieniveau. Dit niveau doet zich voor als een laag, zeer kiezelhoudende kalksteen, tot 20 cm dik, die aan een naburige bank is vastgekit en die men “*dure croûte*”, “*mauvaise croûte*” of “*mâle croûte*” noemt.

De overige twee bekkens liggen in het verlengde van het vorige, in de valleien van de Bocq (fig. 2, nr. 11) en de Molinee (fig. 2, nr. 12).

De afzettingen van blauwe hardsteen bestaan doorgaans uit dikke lagen met constante en sinds lang gekende eigenschappen. Doorheen de tijden ontstonden verschillende benamingen voor elke laag in de diverse vindplaatsen, waaruit de uiteenlopende toepassingen kunnen worden afgeleid, zo o.a. de “*banc à evier*” of de bank die men gebruikte voor de productie van gootstenen. De blauwe hardsteen heeft vanaf de tweede helft van de XIX<sup>de</sup> eeuw de andere soorten blauwe steen grotendeels verdrongen. Zijn faam verbreidde zich doorheen Europa, waar hij als het betere bouw materiaal werd beschouwd. Ook voor de restauratie van onze monumenten werd blauwe hardsteen zeer intensief gebruikt, ten nadele van de authenticiteit en het gebruik van plaatselijke steensoorten (WTCB, TV 205).

De Petit Granit du Bocq is afkomstig van het Midden-Tournaisaan en wordt in de vallei van de Bocq, nabij Yvoir, nog steeds ontgonnen (fig. 2, nr. 11). Vroeger gebeurde dat ook in veel andere streken, met name in Landelies, aan de zuidrand van het Synclorium van Namen en in diverse plaatsen van de Condroz. Dit materiaal onderscheidt zich van gewone blauwe hardsteen door een rijke koraal fauna. Deze wordt overheerst door grote solitairen van de soort *Syphonophyllia*, die zich tegen de donkere achtergrond van het gesteente aftekenen als witte, halvemaaanvormige lichamen.

Een gesteente dat veel gelijkaardige eigenschappen met de blauwe hardsteen vertoont, is de Doornikse steen (WTCB, TV 205). Deze kleiige, kiezelachtige kalksteen heeft nagenoeg dezelfde ouderdom als de eerder vermelde lagen uit Henegouwen, maar strekt zich uit tot het Onder-Viseaan in een indrukwekkende reeks lagen, samen vele honderden meters dik. Hoewel dit gesteente afgezonderd ligt, midden deklagen, behoort het tot de noordelijke rand van het Synclitorium van Namen en heeft het een zeer gelijkmatig, nagenoeg horizontaal gelaagd verloop. De kenmerken van deze kalksteen zijn zeer uiteenlopend. Men vindt zowel fijnkorrelige kalksteenlagen, crinoïdeniveaus als schelpmarmor van brachiopoden (in de beeldrijke taal van de steenhouders "mosselbanken" genoemd). De toepassingen van de Doornikse steen zijn uiteenlopend. Doorgaans onderscheidt men "blauwe lagen" en "grijze lagen". Deze laatste zijn rijk aan fossielen en leveren uitstekende en stevige houwsteen die een bleekgrijze, vaak beige getinte patina krijgt. Omwille van hun fijne korrels en donkere kleur zijn de "blauwe banken" geschikt voor een marmerafwerking en krijgen ze een mooi gezoet uitzicht. Ze leverden vroeger mooie steen voor grafzerken en doopvonten, en geven vandaag zeer gegeerde vloertegels. De blauwe banken zijn helaas vorstgevoelig en af te raden voor buitentoepassingen.

De producten van de Doornikse groeven waren reeds gekend in de Romeinse tijd en werden wijd verspreid dankzij de nabijheid van de Schelde. Tal van grote Vlaamse kerken zijn gebouwd met Doornikse steen en vanaf de XI<sup>de</sup> eeuw zijn de getuigen van de Schelde-industrie doorheen gans Europa terug te vinden. Thans worden de groeven op zeer grote schaal uitgebaat ten behoeve van de cementnijverheid (WTCB, TV 205) en is er nog slechts één klein deel van een groeve dat vooral voor restauratiedoeleinden wordt voorbehouden.

## 1.2 Petrografische-lithologische karakteristieken van blauwe hardsteen

*Macroscopische beschrijving:* blauwe hardsteen is een compacte kalksteen van sedimentaire oorsprong die het gevolg is van de opeenhoping van ontelbare resten van crinoïden samengekit in een microkristallijne calciemassa. Zijn grijze, grijsblauwe tot blauwzwarte kleur is te wijten aan het organisch koolstof dat tussen de calciestoffen aanwezig is. De steen verkrijgt een lichtgrijze patina. Met deze patina, die te wijten is aan de veroudering en inherent is aan de samenstelling van het gesteente, moet bij restauratiewerken rekening worden gehouden.

Naast resten van crinoïden bevat de kalksteen fragmenten van bryozoa (hoofdzakelijk fenestella), schelpen van brachiopoden en koralen (alleenstaand of in kolonie). Sommige banken in de blauwe hardsteen van de Bocq, Midden-Tournaisiaan, zijn rijk aan solitaire koralen van het type Syphonophyllia. Deze steen is hoofdzakelijk opgebouwd uit crinoïden (20-40 %), peloiden (5-15 %), foraminiferen van het type Earlandia en uit girvanellen.

*Microscopische beschrijving:* blauwe hardsteen van het Boven-Tournaisiaan is een bioclastische, hoofdzakelijk crinoïdische kalksteen. De andere fragmenten zijn bryozoa, brachiopoden en koralen. Het is een packstone, soms een grainstone (DUNHAM-classificatie) of een biomicriet (FOLK-classificatie). De blauwe hardsteen van de Bocq, Midden-Tournaisiaan, is een packstone tot wackestone (DUNHAM-classificatie) of een biomicriet (FOLK-classificatie).

*Samenstelling:* De gemiddelde samenstelling is 96-99 % carbonaat (minstens 88 %), hoofdzakelijk calciet, soms 1-10 % dolomiet, 0-1 % kwarts, 0,2-0,5 % ijzer (pyriet, marcasiet), 0,2-0,4 % organische koolstof en uitzonderlijk fluoriet.

Kwarts komt voor onder de vorm van zeer sterk verspreide, microscopisch kleine kristallen. De ijzersulfiden, pyriet en marcasiet, zijn nu eens verspreid aanwezig in de massa onder de vorm van "nagels", dan weer gelokaliseerd in de breuken (geven er aanleiding tot rosse draden of aders).

Fluoriet komt hoofdzakelijk voor in de geoden en in de "witte aders en vlekken".

Daarnaast kan blauwe hardsteen ook nog volgende lithologische kenmerken vertonen.

### 1.2.1. Verweringskorst

Onder verweringskorst of "bousin" verstaat men iedere aangetaste zone veroorzaakt door waterinfiltratie in de breuken die, door het uitwassen van de opgeloste bestanddelen, geleidelijk zijn opengegaan. Het gaat hier eigenlijk over een grijsbruine verweringszone, die sponsachtig van aard is (foto 1). Doordat ze broos is en slecht aaneengekit vertoont ze een geringere sterkte en een groter watervasthoudend vermogen dan de "gezonde", niet verweerde steen, waardoor ze door sommigen als "dode steen" wordt beschouwd (foto 2). Deze niet geconsolideerde zones zijn het gevolg van een oplossing en/of van een dolomitatie, de omzetting van CaCO<sub>3</sub> (calciet) naar (Ca,Mg)CO<sub>3</sub> (dolomiet).

De aanwezigheid van een verweringskorst leidt tot afkeuring van de steen (WTCB, TV 156).



In de streek van Zinnik (Soignies) wordt deze verweerde zone ook nog “grisou” genoemd, omwille van haar grijze kleur. In de streek van Luik daarentegen wordt de term “grisou” gebruikt voor goede exploiteerbare banken. De regionale terminologie vertoont dus duidelijke verschillen.



Foto 1: Verweringskorst nabij de rand van de platen (foto V. CNUDDÉ).



Foto 2: Oppervlakkige verweringszone in de groeve Jullien (foto V. CNUDDÉ).

### 1.2.2. Oplossingsholten

De geoden en oplossingsholten zijn van een grootteorde van één of meerdere centimeters (WTCB, TV 156). Sommige oplossingsholten zijn bekleed met calcietskristallen (calcietschalen) (foto 3) en bevatten soms water (fontein), zoals in de Banc Noir van de groeve "Trou du mont" (Comblain-au-Pont, 147 E 212), andere zijn, in tegenstelling tot de calcietschalen, gevuld met verhard overwegend kleiig materiaal. Deze holten zijn slechts op het oppervlak in bepaalde gevallen zichtbaar, afhankelijk van het zagen der platen. Calcietschalen en -holten, al dan niet volledig gevuld, waren oorspronkelijk min of meer diepe holten die meestal het resultaat waren van het afsterven van een fossiel. Indien zo'n geode volledig en homogeen gevuld is, en bovendien goed uitgekristalliseerd is, hebben we te maken met een witte vlek.

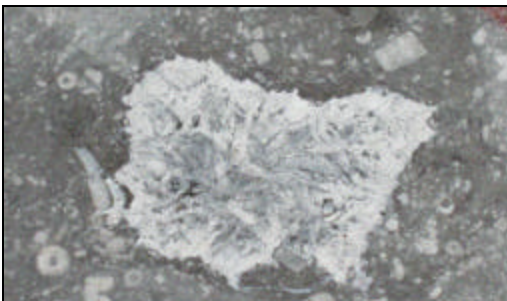


Foto 3: Calcietschale in de groeve La Préalle (foto V. CNUDDÉ).

De aanwezigheid van deze holten kan ontdekt worden door de steen met een metalen hamer in de nabijheid van een witte vlek te “klinken”. Wanneer de witte vlek een geode verbergt, klinkt het geluid dof. Wanneer men de steen aanraakt, is de trilling boven de witte vlek anders dan deze die men kan waarnemen op een niet aangetaste steen of op iedere andere volle witte vlek.

Oplossingsholten komen zelden voor en leiden tot afkeuring van de steen (WTCB, TV 156).

### 1.2.3. Aders en draden

Aders en draden staan loodrecht of schuin op de gelaagdheid. Ze vinden hun oorsprong in het netwerk van breuken die in de rotsen ontstaan, ten gevolge van de orogenetische drukken waaraan zij, gedurende of na hun diagenese, onderworpen werden. De opvulling van deze barsten met calciet is nu eens volledig, zodat de mechanische eigenschappen van de steen niet aangetast werden, dan weer gedeeltelijk, zodat een schok of een geringe spanning, gedurende de bewerking, de plaatsing of zelfs na de plaatsing, het breken van de steen kan veroorzaken.

Men kan de gevaarlijke aders en draden opsporen door het oppervlak van de steen te bevochtigen en daarna te laten drogen. Zoals in het geval van de verweringskorst, zal het water langer in de scheur blijven staan, zodat de gevaarlijke draden of aders langer vochtig blijven.

“Natte” aders en draden leiden tot afkeuring van de steen (WTCB, TV 156).

Men onderscheidt de volgende soorten aders en draden:

#### -witte aders

Witte aders (foto 4) worden ook nog witte gevaarlijke aders of witte draden genoemd. Ze zijn gevaarlijk wanneer zij water vasthouden, hetgeen vooral voorkomt wanneer de wanden omgeven zijn door een zwarte rand of wanneer zij onzuiverheden bevatten (met zwarte of paarse kleur). In deze gevallen is de verbinding met de wanden onvolledig en de witte ader weinig homogeen van samenstelling. Het gebrek aan cohesie met de massa en het gevaar op breuk nemen toe. Grovere kristallen in de aders wijzen op een tragere kristalgroei waarbij onzuiverheden niet in de kristalstructuur worden opgenomen en als zwarte slierten in het midden van de ader voor watervasthoudende zwaktezones kunnen zorgen. Fijnere kristallen in de aders wijzen op een snellere kristalgroei, waarbij er makkelijker onzuiverheden in de kristalstructuur worden opgenomen. Hierdoor zijn de aders met fijne kristallen minder zwak dan deze met grovere kristallen.



Foto 4: Witte aders dicht in de buurt van een belangrijke breuk in de groeve Gauthier-Wincqz (foto V. CNUDE).

#### -zwarte draden

In het geval van zwarte draden zijn de scheuren gevuld met een aanzienlijke hoeveelheid klei en met steenkoolachtig materiaal. Deze verminderen de cohesie van de steen en zijn des te gevaarlijker naarmate hun donkere kleur zich meer en meer met de kleur van de steen zelf vermengt. Evenals de andere draden zijn de zwarte draden gevaarlijk wanneer zij water vasthouden.

#### -roestkleurige draden

Roestkleurige draden komen veel minder voor dan zwarte en witte draden. Het zijn onvolledig gevulde barsten, bekleed met pyriet- of marcasietskristallen, die vaak gedeeltelijk omgezet zijn tot limoniet (okergeel tot bruin).



#### 1.2.4. Stylolieten

De steenbanken zijn van elkaar gescheiden door regelmatige voegen, die ook wel laagvlakken worden genoemd. In de steenbanken zelf kan men nog andere voegen waarnemen, stylolieten genaamd, die in grote lijnen evenwijdig aan de gelaagdheid verlopen. Zij hebben een steenkoolachtig uitzicht en vormen één geheel met de massa van de steen. Het uitzicht en de benaming van deze zwarte lijnen en vlekken verschilt naargelang de steen loodrecht op of evenwijdig aan de gelaagdheid wordt gezaagd. Stylolieten komen op vlakken gezaagd loodrecht op de gelaagdheid voor onder de vorm van tamelijk platte zigzagvormige zwarte lijnen (foto 5).



Foto 5: Stylolieten als zwarte lijnen in onderste deel van de Braye, groeve Gauthier-Wincqz (foto V. CNUDE).

Ze bestaan voornamelijk uit kleiig materiaal met een geringe carbonaatfractie en uit organisch materiaal. Ze zijn gevormd door drukoplossing van een steenbank.

Het uitzicht en de benaming van de stylolieten verschillen naargelang de steen loodrecht op de gelaagdheid gezaagd wordt (tegendraads), wat aanleiding geeft tot de ‘terasses’ of zwarte lijnen, of evenwijdig aan de gelaagdheid gezaagd wordt (met draad), wat leidt tot de “noirures” of zwarte vlekken (foto 6).

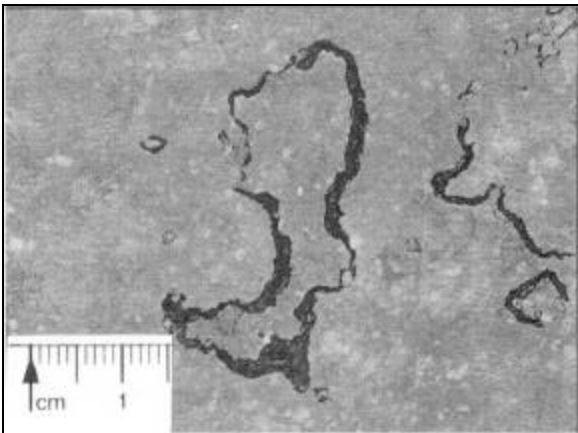


Foto 6: Stylolieten als zwarte vlekken (foto WTCB).

Zwarte vlekken worden ook “knopen van zwarte vlekken” of “laagvlekken” genoemd. Meestal kan men ze dus op het oppervlak zien en komen ze voor onder de vorm van donkere zwarte sporen. Wanneer er zeer veel zwarte vlekken in een steen aanwezig zijn, kan het uitzicht van de steen na enkele jaren zeer sterk veranderen, doordat er water binnendringt en ze vooral door vorstwerking steeds meer zichtbaar worden.

Opmerking: de wolkige structuren die aanwezig zijn in de stenen afkomstig van de “Banc Noirs” uit het Bekken van de Condroz vallen niet onder deze definitie.

Stylolieten zijn ongunstig als één of meer loodrecht op de gelaagdheid gezaagde zijden van de steen, aan atmosferische invloeden blootstaan (WTCB, TV 156).

#### 1.2.5. Witte vlekken

Aangezien calciet het dominante mineraal is in kalksteen, is het niet verwonderlijk dat men het in zuivere toestand in de steen terugvindt onder de vorm van calcietgeoden, compacte knobbels of fossielen (hoorntjes, schelpen, enz.). Een doorsnede van één van deze massa's zal steeds een witte vlek opleveren (foto 7).

Doorsneden door de fossielen en compacte knobbels, die zeer sterk met de massa verbonden zijn, leveren geen enkel gevaar op. Sommige witte vlekken zijn daarentegen wel gevaarlijk omdat zij holten verbergen die op geringe diepte onder het oppervlak gelegen zijn. Deze zijn echter uiterst zeldzaam.

Sommige witte vlekken vertonen een bruinachtige of een paarse kleur. In het eerste geval zijn het nauwe doorgangen vermengd met klei. In het tweede geval daarentegen betreft het een ander mineraal fluoriet dat in de geode samen met calciet kan voorkomen.

Wanneer de witte vlekken overdreven grote afmetingen hebben, schaden zij het uitzicht van het oppervlak (WTCB, TV 156)



Foto 7: Witte vlek in blauwe hardsteen (foto V.CNUUDE).

### 1.2.6. Fossielen

Zoals de meeste natuurstenen bevat blauwe hardsteen talrijke versteende organismen met een specifieke morfologie. Deze fossielen leefden ongeveer 345 Ma geleden, toen de aarde nog opgebouwd was uit één continentaal blok: Pangea. Aangezien het klimaat in het Carboon warm, vochtig en constant was, kunnen we voor een groot deel naar dit continent refereren (LIEGEOIS, 1992). Er moeten toen echter ook marginale zones bestaan hebben, waar het klimaat varieerde tussen warm-vochtig en warm-droog. In het centrum van het continent, en dit is in ons geval zo, zorgde de evolutie enkel voor een selectie van de amfibieën. Aangezien er zuurstof aanwezig was, veranderden de vissen van structuur, waarbij hun vinnen veranderden in poten. Het Bekken van Soignies-Ecaussinnes, lag op dat ogenblik onder water. De zee, die we de Tournaisiaanzee noemen, strekte zich in die periode uit van Doornik tot Aken. Ze bedekte dus praktisch volledig Wallonië, terwijl Vlaanderen en een deel van Brabant eerder hoger lagen (Massief van Brabant).

Wanneer de fossielen gevuld zijn en volledig met de massa van de steen verbonden, vertegenwoordigen ze geen enkel gevaar; zij verhogen integendeel de waarde van het materiaal door hun bijzonder esthetisch uitzicht (WTCB, TV 156).

De meest voorkomende fossielen zijn:

#### - schelpen van brachiopoden (Brachiopoda)

Net als een mossel woont ook een brachiopode (foto 8) tussen twee kleppen. Bij de brachiopoden zijn de beide kleppen verschillend van vorm en grootte, waarbij de grootste klep aan de achterzijde een gaatje heeft, waardoor een steel naar buiten steekt waarmee het dier zich aan de bodem vast kan hechten.

Karakteristiek voor deze brachiopoden zijn de "lophophoren", die dienen als kieuwen en bovendien met behulp van trilhaartjes een waterstroom in de richting van de erachter gelegen mond in stand houden. Een brachiopode kan dan ook alleen in helder water leven, aangezien te veel aanvoer van slib of zand kan leiden tot "verstopping". Tegenwoordig vinden we brachiopoden dan ook alleen in diepere delen van zeeën, bijvoorbeeld alleen op diepten vanaf 200 m.

Er zijn zo'n 30.000 fossiele soorten bekend, waarvan er nu nog ongeveer 200 soorten voorkomen. Ze kunnen dienen als faciës- en gidsfossiel. De brachiopoden ondergingen een belangrijke uitroeiing op het einde van het Paleozoïcum, waarbij ze vervangen werden door de bivalven.

De Spirifer is een Articulata, behorend tot de brachiopoden, met strofische scharnieren, waarbij de draai-as samenvalt met de rechter scharnier van de klep.

De Productus is een andere brachiopode, die zich ook in dezelfde Tournaisiaanzee bevond.



Foto 8: Afbeeldingen van brachiopoden ([www.nhmmaastricht.nl](http://www.nhmmaastricht.nl)).

- Holtedieren: Michelinia, Syringopora, Rugosa en Favosites

Bij de Holtedieren worden twee grote taxa onderscheiden: de kamwallen of ribkwallen (Acnidaria, Ctenophora) en de neteldieren (Cnidaria).

De Coelenterata s.s. of Cnidaria vormen een tamelijk belangrijk fylum van solitaire en koloniale invertebraten. Ze kunnen twee lichaamsvormen aannemen, poliep en kwal, beide voorzien van tentakels.

Poliepen zijn holtedieren die het grootste deel van hun leven vastgehecht zitten op stenen, planten of andere dieren (foto 9). Er zijn soorten die zich als afzonderlijke diertjes vestigen, maar de meeste vormen kolonies. De poliepen ondergaan meestal een aseksuele voortplanting. Naast het vastzittende stadium hebben ze in hun levenscyclus ook een kwalstadium, dat zich seksueel voortplant. In de vorm van medusekwalletjes zorgen deze dieren voor verspreiding over langere afstanden.



Foto 9: Een poliep ([www.nhmmaastricht.nl](http://www.nhmmaastricht.nl)).

Poliepen hebben nood aan helder water met een temperatuur boven 20 °C. Om te kunnen overleven moeten de poliepen een goede lichtsterkte ontvangen, waardoor ze dus niet kunnen overleven op een diepte van meer dan 40 m.

De Anthozoa is een groep van mariene neteldieren, waaronder de zeeanemonen, bloemdieren en koralen. Ze bestaan uitsluitend uit een poliepstadium. Ze kunnen solitair of koloniaal voorkomen en bezitten een radiale en bilaterale symmetrie. De groep bevat o.a. de Octocorallia, de Rugosa, de Tabulata,...

De Octocorallia zijn koloniale Anthozoa met acht tentakels. Hun skelet bestaat soms uit min of meer aan elkaar gekitte spiculae (hoorn, kalk) of sklerieten (0,01-10 mm) en soms ook uit axiale steunelementen met aan elkaar gekitte sclerieten.

De Zoantharia of steenkoralen zijn solitaire of koloniale vormen met meestal een kalkachtig exoskelet.

De Rugosa (Tetracorallia, Pterocorallia) zijn overwegend solitaire koralen met meestal uitgesproken septa, beperkt tot het Paleozoïcum. Het bovenste deel van het beest bestaat uit een kelk of calyx met vlakke of gebogen tabulae. Verder zien we er groeiijnen (rugae) op de buitenkant en soms zijn er wortels rond de basale hechtplaat. De Rugosa komen verspreid voor over het Ordovicium-Perm en zijn niet zo belangrijk als rifbouwers. Hun bloeitijd situeerde zich voornamelijk tijdens het Devoon-Carboon. De Calceola (foto 10) en de Caninia zijn enkele voorbeelden van Rugosa (foto 11). De Rugosa wordt ook gebruikt als paleontologische klok; de fijne rimpels (rugae) zouden een diurnale oorsprong hebben, de grovere zouden eerder van seizoenale oorsprong zijn.



Foto 10: Calceola ([www.nhmmaastricht.nl](http://www.nhmmaastricht.nl)).



Foto 11: Rugosa, groeve Gauthier-Wincqz (foto V. CNUDE).

De vertraging van de aardwenteling tengevolge van de getijden werd ermee geïllustreerd: 400 dagen/jaar (Midden-Devoon), 385-370 dagen/jaar (Carboon). De Caninia is een solitaire poliep die op de bodem van de zee leefde en zich ontwikkelde in de vorm van een hoorntje. Hij kan sterk variëren in grootte en komt vaak voor in de blauwe hardsteen (LIEGEOIS, 1992).

De Tabulata zijn uitgestorven rif- of steenkoralen die voorkwamen tijdens het Paleozoïcum. Het waren uitsluitend koloniale vormen met sterke ontwikkeling van de tabulae en reductie van de sklerosepten, tot doornrijen. Ze kwamen vooral voor in het Midden-Ordovicium –Perm. Het zijn uitgesproken rifbouwers. De Syringopora, behorend tot de Tabulata, zijn zeer delicaat. Ze hebben zeer precieze condities nodig om te kunnen leven. De Syringopora, Michelinia en Favosites (foto 12 en 13) komen vrij vaak in de blauwe hardsteen voor.



Fig. 12: Favosites (<http://www.library.csi.cuny.edu/dept/as/fossil/fossi.htm>).

Michelinia komt voor als grote, platte of ondulerende bladeren, waarbij alle poliepen zich loodrecht op de bodem oriënteren. De Michelinia favosa groepeerd zich meestal met 5 tot 6 intacte individuen tot een kolonie waarvan de diameter tot 30 cm kan bedragen. HARDY (1973) komt zo tot de hypothese van een kalm tot zeer kalm milieu. Hieruit kunnen we afleiden dat de diepte van de afzetting van de blauwe hardsteen zich ten minste onder het niveau van de golven bevond, dus zeker 15 m tot 20 m diep en zelfs tot 50 m diep. Langs de andere kant is er ook de behoefte aan licht, waarbij de limiet van de fotsche zone 150 m tot 200 m diep ligt.



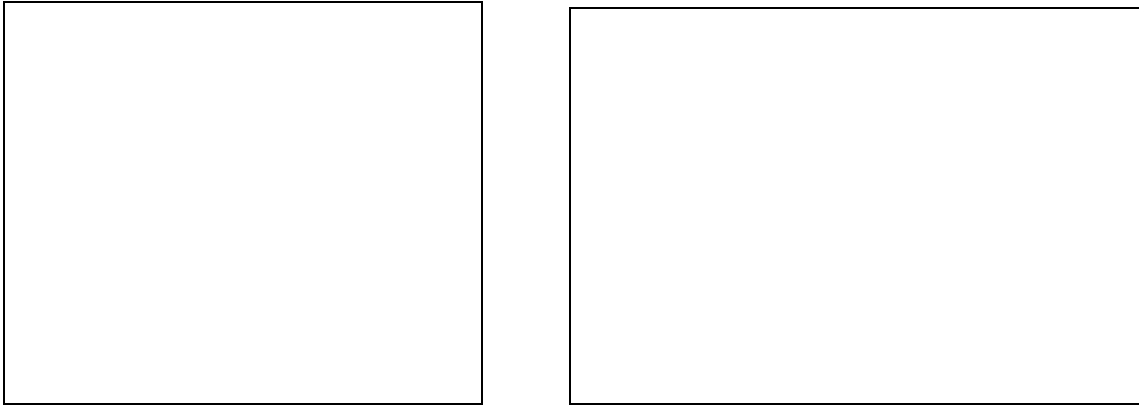


Foto 13: Dwarse en lange doorsnede van Favosites (www.newcastle.edu.au).

- Sponzen van de Asteractinella-soort of “Wolfpoot”

Het Fylum Porifera is een succesrijke groep van eenvoudige, multicellulaire dieren met ongeveer 1.500 recente genera, waarvan ongeveer 80 % marien.

Sponzen zijn voornamelijk in zee levende, vastzittende dieren met een regelmatige vorm. Slechts enkele soorten komen voor in zoet water. Ze bestaan meestal uit een verzameling cellen, die niet samen geordend zijn tot organen of weefsels. Ze omvatten een systeem van kamers en kanalen, die door middel van poriën met de buitenwereld in verbinding staan. De cellen liggen meestal in een geleachtige massa, die wordt ondersteund door een skelet, bestaande uit kalk- of kiezelnaalden (spiculae). Deze spiculae kunnen tot een fijn traliewerk samengevlochten zijn. Diverse soorten bezitten dit skelet niet, maar verkrijgen hun stevigheid door een fijnmazig netwerk van sponginevezels (op zijde gelijkend proteïne).

De grondvorm van een spons is in het eenvoudigste geval een zak die aan de buitenkant bedekt is met afgeplatte dekcellen (fig. 3). De inwendige holte is bekleed met kraagcellen, die voorzien zijn van een zweefhaar. De kraagcellen houden de voedseldeeltjes vast en verteren ze of geven ze door aan andere cellen, die voor de vertering zorgen. Het voedsel bestaat hoofdzakelijk uit plankton en organisch afval.

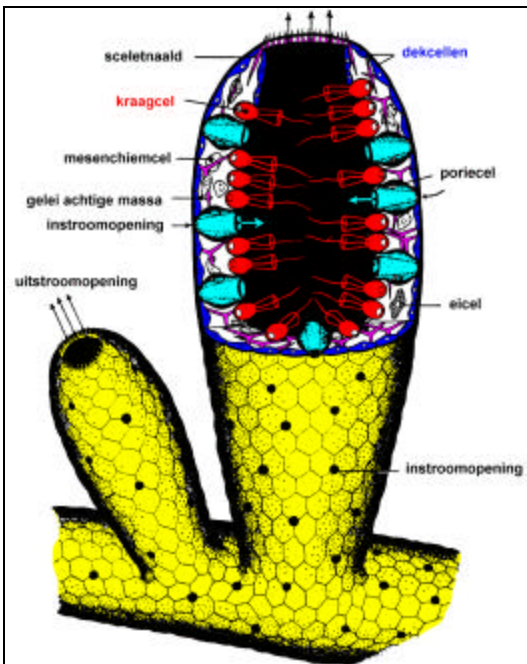


Fig 3: Schematische bouw van een spons ([http://users.skynet.be/sky68333/biologie/dierenrijk/k\\_sponzen.html](http://users.skynet.be/sky68333/biologie/dierenrijk/k_sponzen.html)).

De spons is een actieve filteraar, die zich geslachtelijk en ongeslachtelijk kan voortplanten.

Sponzen worden fossiel meestal gevonden onder de vorm van spiculae, die een gesteente kunnen vormen (spongoliet), of van stukken sponswand. Deze spiculae vormen naalden, sterren of meer ingewikkelde lichaampjes; soms komt een min of meer rigied netwerk voor van aan elkaar gecementeerde kalk- of kiezelspiculae, of van gearticuleerde kiezelspiculae. Min of meer volledige lichaamsfossielen komen soms voor in kalkachtige gesteenten.

Als gidsfossielen zijn sponzen van weinig belang, maar het zijn wel goede faciëscindicatoren.

De Asteractinella (HINDE, 1888) die men terugvond in de groeve Clypot, behoort tot de klasse van de Heteractinellida, onderdeel van de sponzen. Volgens de mededelingen van het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen in 1950, bevatten de Heteractinellida twee genera: de Tholasterella en de Asteractinella. De Asteractinella is enkel gekend door zijn geïsoleerde spiculae en fragmenten van het sclerosoom. Wanneer men deze doorsnijdt krijgt men een stervormig patroon te zien. Op basis hiervan noemden de arbeiders in de groeve de banken waar men dit terugvond, de “pas de loup”.

#### - Zeelelies (Crinozoa)

Zeelelies lijken in eerste instantie wat op fraaie bloemen op een steel, die tot 1 m lang kan zijn, zonder bladeren (fig. 4). Maar het zijn dieren uit de groep van de Stekelhuidigen. We hebben hier te maken met een overwegend gesteelde groep, opgebouwd uit een gelede, soms zeer lange steel, met een basale schijf of wortel, een kelk met een kalkdeksel en gewoonlijk articulerende, soms zeer lange armen. De "bloem" bestaat uit een beker- of trechtervormige kelk met aan de bovenkant vrij lange en beweeglijke armen. In het midden van de kelk ligt de mond, met daarnaast de anus. Aan de onderkant van de kelk bevindt zich een steel waarmee de zeelelie, via zijn wortels, aan de zeebodem of aan drijvende objecten is vastgehecht.

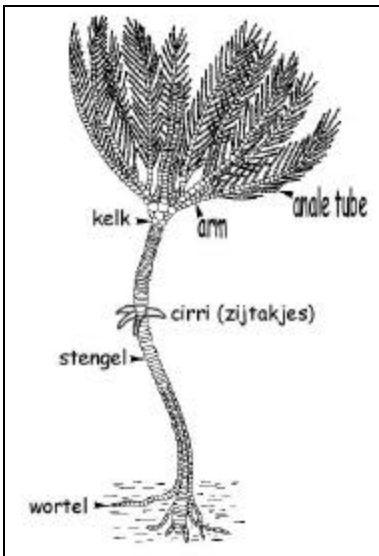


Fig. 4: Schematische tekening van een zeelelie.

De crinoïden zijn dieren die behoren tot de groep van de Echinodermata. De eerste gekende vormen leefden in het Cambrium en tot op heden leven er crinoïden op deze planeet.

Uit de observaties uitgevoerd op de Belgische kalksteen door verschillende geologen, waaronder E.DUPONT, blijkt dat onze crinoïdzeeën van het Carboon ondiep waren. Verder moet men opmerken dat de constante en absolute opsplitsing van de Belgische crinoïden wijst op de aanwezigheid van stromingen en energierijke wateren in de Tournaisiaanzee. Volgens PEÑA (1983) wijzen studies van de blauwe hardsteen van de Ourthevallei erop, dat de vorming van deze steen in dat gebied vooral te wijten is aan een accumulatie op een platform, waar er een organische afzetting plaats had in een rustig en stabiel milieu. De massieve structuur en de lithologische homogeniteit van deze blauwe hardsteen laat ons toe te besluiten dat de sedimentatie zeer traag, continu en in een stabiel milieu plaatsvond. De meerderheid van de actuele crinoïden tolereert geen turbulent milieu. Volgens H. BARRACLOUGH FELL (1966) zijn de parameters aangaande een accepteerbare habitat voor crinoïden eerst en vooral niet bathymetrisch, maar eerder een combinatie van verschillende factoren, zoals de afwezigheid van turbulentie, de puurheid van het water, de vrijheid van gesuspendeerde sedimenten en de aanwezigheid van geschikt microplankton en micronecton. Hij besluit dat de actuele crinoïden ons geen precieze indicaties kunnen geven over de eventuele diepte van de formaties met blauwe hardsteen, aangezien zij zich uitspreiden in oppervlakkige waters van de fotische zone tot aan de abyssale vlakte. HARDY, 1973 beweert echter dat de Encriniet van de Ourthe in een oceanisch milieu is afgezet, aangezien de crinoïden mariene organismen zijn die sterke variaties aan zoutgehalte kunnen verdragen.

Wanneer we bepaalde vormen uitsluiten, die speciale morfologische aanpassingen vertegenwoordigen, kan men zeggen dat de meerderheid van de actuele crinoïden geen turbulent milieu kan verdragen. Ze karakteriseren eerder kalme waters of waters met een zeer lichte beweging. De aanwezigheid van een zekere circulatie zorgt voor de accumulatie van toxische substanties die noodzakelijk blijken te zijn (HARDY, 1973). Deze gegevens komen perfect overeen met de sedimentologische observaties.



**Foto 14: Fragmenten van de zeelelies gevonden in België (foto's V.CNUDDE).**

De crinoïden zijn essentieel voor de blauwe hardsteen, welke gedefinieerd staat als een crinoïdenkalksteen.

Het skelet van de zeelelies is opgebouwd uit kleine calcietylindertjes (stengelleden) die na het afsterven van het organisme loskomen (foto 14 en 15). De stengelleden hebben een bepaalde vorm die varieert bij elk individu, waarbij de soort bepaald wordt door de vorm. Men heeft alleen al in de kalksteen van het Carboon 800 verschillende soorten crinoïden kunnen determineren (LIEGEOIS, 1992).



**Foto 15: Blauwe hardsteen waar de crinoïden duidelijk in reliëf komen in de groeve te Anthisnes (foto V.CNUDDE).**

#### - Vissen

Hoewel er in de Tournaisiaanzee vissen leefden, werden er hiervan maar weinig resten teruggevonden, met uitzondering van tanden of andere harde skeletresten.

#### - Algen

Volgens HARDY (1973) zijn de algen volledig afwezig onder al hun vormen. Dit fenomeen is nogal verbazingwekkend, aangezien men actueel in alle milieus algen terugvindt, zelfs in de relatief diepe milieus op verschillende honderden meters diepte. Men kan zich de vraag stellen of deze algen misschien de prooi van de benthos waren of het misschien aan de diepte van het water was gelegen. Een goede verklaring voor de

afwezigheid van de algen blijft echter een open vraag. In de publicatie in het Belgisch Staatsblad (10.07.1999-Ed. 3) van de “Appellation d’Origine Locale” (AOL) stelt men nochtans dat om de aanduiding te dragen van lokale herkomst “pierre bleue dite petit granit d’âge géologique tournaisien” de steen rijk moet zijn aan zeeleliën, cornux, armpotigen, bryozoën en algen. Ook dit zorgt dus duidelijk voor problemen.

#### **1.2.7. Nagels**

Nagels zijn verhardingen die in de blauwe hardsteen voorkomen, maar meestal veel harder zijn dan de steen zelf. Ze worden ook doornen, kogels, kwartskogels en mierennesten genoemd. Zij bestaan soms uit fossielen (witte nagels) of grote pyrietkristallen (gele nagels).

Ze verminderen de technische kwaliteit van de steen niet (WTCB, TV 156).

#### **1.2.8. Kleurschakeringen**

Zoals alle andere natuurstenen wordt blauwe hardsteen gekenmerkt door kleurschakeringen.

De verse breukvlakken zijn vaak donker (zwartgrijs), terwijl het patina overgaat van donkergrijs naar lichtgrijs, tot soms bijna wit. De donkere kleur wordt gegeven door de fijn verspreide koolstof, het lichtere patina ontstaat door uitloging van diezelfde koolstof. Hoe kalkrijker de steen, hoe lichter het patina. Ook de korrelgrootte is van belang, waarbij fijne korrels de steen lichter van kleur kunnen maken (WTCB, TV 205).

Deze kleurschakeringen verschillen van de ene steenbank tot de andere, in éénzelfde bank of in éénzelfde plaat. Ze zijn bijgevolg onvermijdelijk, zelfs in één enkele levering. Wel is het zo, dat deze kleurverschillen in de loop van de jaren verminderen door het ontstaan van een bepaalde patina.



# HOOFDSTUK 2. Algemene geologie van het Tournaisiaan

## 2.1 Inleiding

De geschiedenis van de mariene Variscische sedimentatie in België kan fundamenteel, vanuit paleogeografisch standpunt, in twee verschillende fasen worden ingedeeld (GEETS, 1999).

- eerste fase: Devoon tot Dinantiaan  
Deze fase wordt beïnvloed door de schommelingen van de zee, die open ligt in de zuidelijke richting en die terrigeen materiaal ontvangt afkomstig van een noordelijk gelegen continent (Old Red Sandstone Continent)
- tweede fase: Silesiaan (Namuriaan en Westfaliaan)

Deze periode valt samen met een omwisseling waarbij de mariene invloeden dan afkomstig zijn uit het noorden. Het zuiden wordt dan begrensd door een continent, dat geplouwd wordt en door de erosie zal worden aangetast.

## 2.2 De Devoon-Dinantiaan-transgressies

De Caledonische bergketen is onderhevig aan erosie en zal uiteindelijk overspoeld worden door de Devoon-Dinantiaan-transgressies in drie grote, opeenvolgende pulsaties of stuwingen, welke voortdurend belangrijker worden.

Elke pulsatie begint met een transgressieve fase, die zich in een maximale verbreiding naar het noorden uit. Daarop volgt een regressieve periode, die soms geaccentueerd wordt door een min of meer lokale emersie. De pulsatie zorgt voor een toename van carbonaathoudende sedimentatie, bovenop de terrigene sedimentatie. De carbonaathoudende sedimentatie installeert zich definitief tijdens het Boven-Tournaisiaan en blijft er ook voor het grootste deel van het Viseaan. Op het einde van het Viseaan ontstaat opnieuw een terrigene sedimentatie, die kenmerkend is voor het einde van de grote sedimentaire cyclus van het Dinantiaan.

De eerste pulsatie, die essentieel detritisch verloopt, valt praktisch samen met het Vroeg-Devoon.

De tweede pulsatie, gedurende het Midden-Devoon en het Frasniaan, is minder terrigene en wordt gekenmerkt door de bloei van de riffen. De pulsatie wordt afgesloten door de Famenniaan-regressie.

De derde pulsatie begint in het sedimentatiebekken van Dinant aan het uiterste einde van het Famenniaan en bestaat vooral uit de afzetting van kalkstenen. Hierbij begint geleidelijk de installatie van het kalkfaciës van het Dinantiaan, welke de vorm aanneemt van een normale transgressie. Hieruit volgt dat de geëmergeerde gebieden van het Massief van Brabant en van de Rug van Booze-Le Val Dieu geleidelijk worden overspoeld.

Op het einde van het Laat-Famenniaan was het Massief van Brabant omringd door uitgebreide gebieden met mariene zanden (Kempen en Synclinatorium van Namen), met evaporitische of lagunaire afzettingen, met koolhorizonten (Henegouwen) of met rode en/of groene afzettingen (Doornik).

Aan de noordrand van het Synclinatorium van Dinant wisselen de mariene afzettingen, die zeer ondiep zijn, af met niveaus die krimpscheuren en plantenresten bevatten, wat wijst op een emersiefaciës. In het centrale deel van het Synclinatorium van Dinant vindt men, tijdens het Dinantiaan, geen enkele lacune van de basis tot de top.

Het begin van de transgressie in het Laat-Famenniaan is duidelijk in de zuidelijke gebieden van het sedimentatiebekken, die voortdurend onder water stonden. In het algemeen komen de kalkhoudende niveaus, zoals de Kalksteen van Etroeuft minder en minder voor naar het noordoosten en gaan ze zijdelings over in terrigene sedimenten van het Famenniaan-type.

In de Synclinatoria van Dinant, van Namen, van het Bekken van de Kempen, met hun equivalenten in Noord-Frankrijk, Zuid-Nederland en West-Duitsland, werd de sedimentatie gedurende het Dinantiaan gekenmerkt door een opeenvolging van transgressies, die geleidelijk over het Massief van Brabant trekken. Synsedimentaire, differentiële subsidentiesnelheden op het platform zorgen er voor troggen en diepten, terwijl er een afwezigheid is van enig duidelijk spoor van plooiingsfasen. Alleen de onderbreking in de sedimentatie en de plotselinge veranderingen in de "Lagen van Warnant" en de hoekige discordantie tussen het Dinantiaan en het Namuriaan wijzen op een afgelegen orogenetische fase (Sudetische fase).

Het geleidelijk onderdompelen van het Massief van Brabant gedurende het Dinantiaan en het praktisch ontbreken van een belangrijke tektonische reactivatie, verklaart de progressieve vermindering van terrigene detritische sedimenten in het Dinantiaan en de gelijktijdige afzetting van belangrijke hoeveelheden kalksteen.

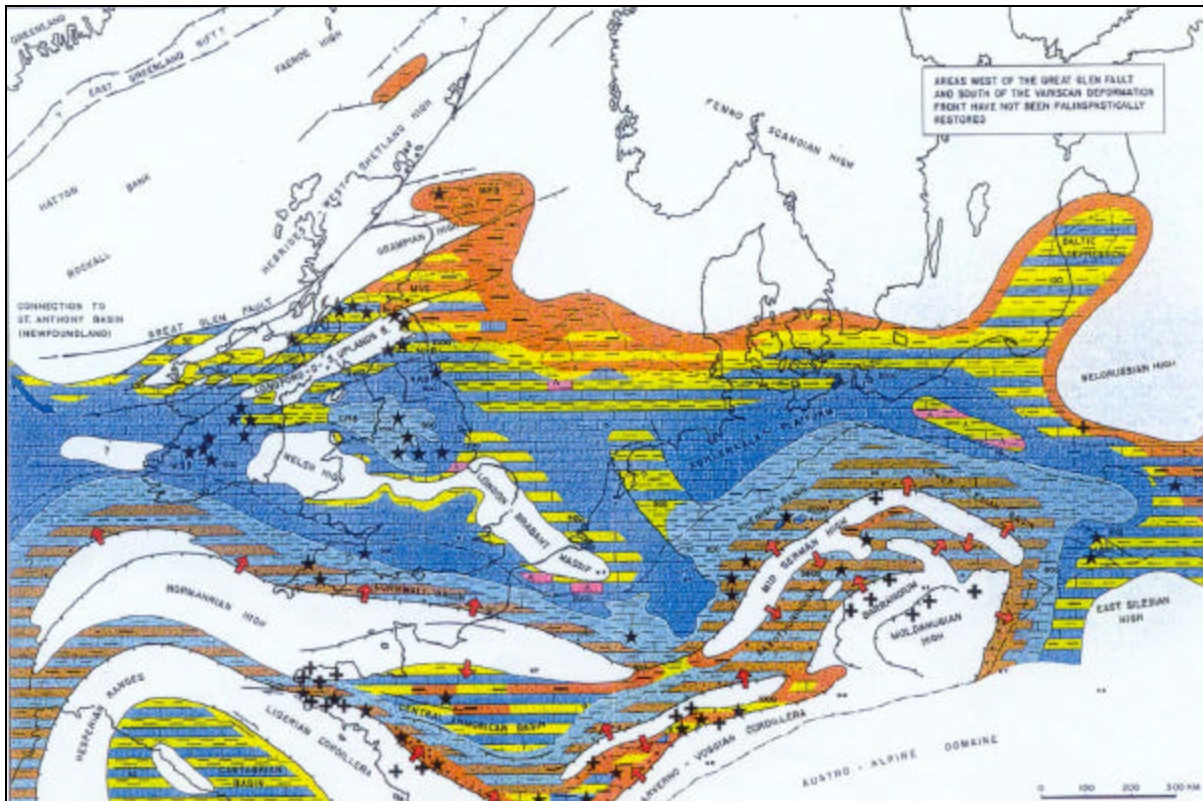


Fig. 5: Paleogeografie van het Dinantiaan (JACOBS, cursus regionale geologie).

De Dinantiaan-transgressies hebben in opeenvolgende stappen plaats gehad, wat soms samenviel met belangrijke veranderingen in de ruimtelijke verbreiding van de fauna's. Deze veranderingen zijn vermoedelijk te wijten aan paleogeografische veranderingen, die werden veroorzaakt door algemene feiten, zoals bijvoorbeeld de eustatische bewegingen van de zeespiegel (fig. 5). Het Tournaisiaan wordt gekenmerkt door zones met een sterke subsidentie. Dat is dan ook de reden, waarom in het Synclinatorium van Dinant het substraat van de grote transgressie anders is aan de noordelijke rand dan aan de zuidelijke rand. Op de noordelijke rand vinden we zeer ondiepe mariene lagen, die afwisselen met opgedroogde holten en vegetatie. Het centrale deel is echter onder water gebleven. De variaties van het faciës en de dikte van de sedimenten zijn het resultaat van een transgressie, over afwisselende landschappen, die min of meer geërodeerd werden (VANDERBECK, 1988).

### 2.2.1 Chronostratigrafie Dinantiaan:

Het Dinantiaan wordt onderverdeeld in het Struniaan, het Tournaisiaan en het Viseaan. Het Struniaan is eigenlijk een oude term die verwijst naar de overgangperiode tussen het Famenniaan en het Tournaisiaan. Tijdens het Struniaan herwint de zee een deel van de verloren terreinen in het noorden. Men kan op dat moment twee paleogeografische domeinen onderscheiden, gescheiden door een kam. Het Onder-Tournaisiaan stelt eigenlijk een overgangfaciës voor tussen het Famenniaan en het Tournaisiaan. Het Tournaisiaan wordt op zijn beurt ingedeeld in het Hastariaan en het Ivoriaan. Het Viseaan is opgebouwd uit het Moliniaciaan, het Liviaan en het Warnantiaan.

De basis van deze onderverdeling werd gekozen in relatie met belangrijke sedimentaire sequenties en de omvangrijkste paleontologische veranderingen op een zeer grote schaal, welke wijzen op tamelijk belangrijke paleogeografische wijzigingen.

In 1971, op het 7<sup>de</sup> Internationale congres voor stratigrafie en geologie van het Carboon, meldde BOUCKAERT, STREEL en THOREZ dat er verschillende problemen waren voor de paleontologen bij het bepalen van de grens tussen het Devoon en het Carboon, meer bepaald de grens tussen het Famenniaan en het Tournaisiaan. Door problemen met de nomenclatuur ontstond er een verwarring tussen chrono-, bio- en lithostratigrafie, waarbij dezelfde symbolen voor verschillende concepten werden gebruikt. Er traden tevens problemen op door het nieuwe detail aan faunale en florale biostratigrafie, welke de vorige goed gedefinieerde limiet sterk in twijfel trok.

De basis van het Tournaisiaan in België werd in de 20<sup>ste</sup> eeuw op drie verschillende wijzen gedefinieerd:

- Volgens DUPONT (legende bij de geologische kaart van België van 1882) was de basis van het Tournaisiaan (toen T1a) gelokaliseerd in het onderste deel van de Kalksteen van Hastière, in Hastière.
- Volgens CONIL (1964) lag de basis van het Tournaisiaan (toen Tn1aa) aan de top van de Evieux-lagen in de type-lokaliteit van de Ourthe-vallei (fig.6).
- Volgens CONIL et al.(1967) en MAMET (1968) was de basis van het Tournaisiaan (toen Tn1a) gelokaliseerd aan de basis van de Kalksteen van Etroeungt.

In 1971 was de meest geaccepteerde basis van het Tournaisiaan in België en Noord-Frankrijk gelijk aan de basis van de Kalksteen van Etroeungt. Het was bewezen dat deze basis ouder was dan de basis van het Carboon gedefinieerd in Heerlen (1935).

SERIES	de DORLODOT	Geologische Kaart	F. DEMANET 1958 <i>amend.</i>		ZONES		ETAGES	
	1909		(3)	CONIL & LYS 1964-1967	for. (1)	con. (2)		
VISEEN	V2c		V3c	Ass. de BIOUL et de WARNANT	Cf 6	Cf 6 a   b   c   d   e   f   g   h   i   j   k   l   m   n   o   p   q   r   s   t   u   v   w   x   y   z	Cf 5	WARNANTIAAN
	V2b	V2c x	V3b					
	V2a	V2b	V3a					
	V2a x	V2b x	V2b	Ass. de NAMECHE	Cf 6	Cf 6	Cf 4	LIVIAAN
	V1c	V2a	V2a					
	V1b	V1b V1b y	V1b	Ass. de DINANT	Cf 4	Cf 4 a   b   c   d   e   f   g   h   i   j   k   l   m   n   o   p   q   r   s   t   u   v   w   x   y   z	Cf 4	MOLINIACIAAN
	V1a V1a z		V1a					
TOURNAISIEN	T2c	T2bl	Tn3c	Ass. de CELLES	Cf 3	Cf 3 a   b   c   d   e   f   g   h   i   j   k   l   m   n   o   p   q   r   s   t   u   v   w   x   y   z	Cf 3	IVORIAAN
	T2b		Tn3b					
	T2a		Tn3a					
	T1d	T1ch	Tn2c	Ass. de MAREDSOUS	Cf 1	Cf 1 a''   b''   c''   d''   e''   f''   g''   h''   i''   j''   k''   l''   m''   n''   o''   p''   q''   r''   s''   t''   u''   v''   w''   x''   y''   z''	Cf 1	HASTARIAAN
	T1c		Tn2b					
	T1b		Tn2a					
DEV.	T1a		Tn1b	Ass. d'HASTIERE et d'ETROEUNGT	Df 3	Df 3 a   b   c   d   e   f   g   h   i   j   k   l   m   n   o   p   q   r   s   t   u   v   w   x   y   z	Df 3	STRUNIAAN
			Tn1a					

1) foraminifères  
2) conodontes  
3) Corréliations Groessens 1975, p. 16, 17.

Fig. 6: Samenvattende tabel van de periode rond het Tournaisiaan.

De gesteenten van het Fa2d en het Tn1a zijn waarschijnlijk het dikst (ongeveer 150 m dik) en het meest volledig ontwikkeld in de Avesnois. Hun dikte neemt af naar het oosten en het noorden (BOUCKAERT et al, 1971). In het zuidelijke deel van het Synclinorium van Namen zijn deze lagen maar 25 m dik. Auteurs zijn algemeen overeengekomen dat de top van het Tn1a zich tussen de limiet van de Kalksteen van Etroeungt en de Zwarte Kalksteen van Avesnelles bevindt, in de veronderstelling dat de correlatie tussen deze limiet en de basis van de Kalksteen van Hastière in Hastière is vastgesteld. We moeten er echter rekening mee houden dat deze correlatie puur op lithostratigrafische criteria is gebaseerd en daarom is het detail ervan in vraag te stellen, al is het geheel ruwweg aanvaardbaar. De basis van de Kalksteen van Hastière in Hastière is lithostratigrafisch oostwaarts correleerbaar met de secties in de valleien van de Bocq en van de Hoyoux. Men heeft gevonden dat de basis van het Carboon kan gevonden worden tussen de Siphonodella-Patrognaethus fauna in het onderste deel van de Kalksteen van Hastière in de Hoyouxvallei en in het bovenste deel van de Kalksteen van Etroeungt in de Avesnois, waar de Cymaclymenia euryomphala werd geïdentificeerd door DELEPHINE (1929).

Doorheen de Synclinalen van Namen en Dinant wordt de basis van de gesteenten van het Midden-Tournaisaan uniform gekarakteriseerd door de “Peracuta Shales” en algemeen gecorreleerd met de “Liegende Alaunschiefer” welke de goniatietzonatie in de Hönne vallei in Duitsland onderbreekt.

### 2.2.2 Lithostratigrafie

We merken op dat het silt-zandige faciës geleidelijk verdwijnt in de Struniaan-Tournaisaan afzettingen en dat dit overeen komt met het geleidelijk opschuiven van de kustlijn rond het Massief van Brabant gedurende de eerste drie hoofd-transgressieve sequenties. Het hoofddeel van de Dinantiaan gesteenten in de ontsluiting van het Frans-Belgische Bekken bestaat uit kalkstenen en dit faciës strekt zich uit in Groot-Brittannië in de streken van de Mendips, Bristol en Zuid-Wales; in West-Duitsland in het Antiklinorium van Velbert en in Frankrijk onder het noordelijke deel van het bekken van Parijs. Het Crinoïdale faciës van het Tournaisaan staan in tegenstelling tot die van het Viseaan, welke een overheersing vertonen van algair, oölitische, ritmische en evaporitische afzettingen. Diagenetisch silica verschijnt alleen op het sedimentatieplatform vanaf het Laat-Hastariaan. Van af dan worden alle soorten van cherts en silificaties aangetroffen in het grootste deel van de afzettingen. Ze zijn echter wel afwezig in sommige sedimenten: Waulsortiaanriffen, Formatie van Ecaussines en Formatie van Avins, eenheden 2 en 4 van de Formatie van Neffe (GEETS, 1999). BERGER (1994) stelde voor het Tournaisaan een overzichtsschema op (fig. 7).

		Méchaigne	Namur	Soignies	Denée	Dinant	Yvoir	Royoux	Ourthe	Vesdre	
TOURNAISIEN	IVORIEN	Tn3c	Grande dolomie de Namur	Calcaire de Malon-Fontaine	Faciës de Leffo		Faciës de Leffo	Calcaire de Martinrive			
		Tn3b		Encrinite des Ecaussines	Encrinite de l'Ourthe	Faciës du Bayard	Complexe Waulsortien	Faciës du Bayard	Encrinite de l'Ourthe		
		Tn3a		Calcaire d'Yvoir					Calcaire d'Yvoir		
	HASTARIEN	Tn2c		Calcaire et grès d'Acquennes	Calcschistes de Maurenne			Calcschistes de Hun	Dolomies de Royoux		
		Tn2b		Calcaire de Landelies							
		Tn2a	Schistes du Pont d'Arcole								
	DEVONIEN	STRUNIAN	Tn1b	Schistes de la Famelette	Calcaire de Feluy		Calcaire d'Hastière				
			Tn1a		Complexe arénacé		Calcaire d'Eroeuvingt				

Fig. 7: Stratigrafie van het Tournaisaan in België (BERGER, 1994).

De Tournaisaan-transgressie heeft in drie stappen plaats gevonden en bracht voornamelijk een crinoïdaal faciës en een Waulsortiaan-rif-faciës voor. Beginnend bij een terrigene Famenniaanperiode, vangen de drie grote sequenties aan meteen continentale episode en ze eindigen met een mariene kalksteenperiode. De drie sequenties vertonen dus een gelijkaardige ontwikkeling, maar ze hebben een verschillende omvang, een verschillende geografische uitbreiding en een andere biologische evolutie (CONIL, 1968). Het is duidelijk dat de lithologische evolutie in elk van de drie sequenties een niet verwaarloosbare invloed heeft op de biologische associaties van elke eenheid. Daarom was het ook noodzakelijk om gebruik te maken van paleontologische gegevens. Men heeft zich vooral op de microfauna, in het bijzonder de Foraminiferen en Conodonten, geconcentreerd en op basis daarvan de grenzen getrokken tussen de verschillende sequenties.

In het Tournaisaan komen drie niveaus van blauwe hardsteen voor. De terreinen van het Tournaisaan getuigen van een transgressie in het begin van het Boven-Famenniaan en gaan progressief naar het noorden tijdens de drie hoofdfasen. Hierdoor verdringt het carbonaatkarakter beetje bij beetje de terrigene sedimentatie om zich dan definitief te installeren in het Boven-Tournaisaan en zich tijdens het Viseaan te handhaven.

Het Onder-Tournaisaan vormt een overgangsfaciës tussen het Famenniaan en het Tournaisaan. Het Midden-Tournaisaan is opmerkelijk door zijn lithologische eenheid, terwijl het Boven-Tournaisaan een gevarieerd faciës vertoont. Het blijkt dat het crinoïdhoudende faciës zich geleidelijk installeert over de drie sedimentaire cycli en dat het crinoïdhoudende faciës diachroom verloopt.

Van de drie niveaus met crinoïdhoudende kalksteen worden enkel het tweede en het derde actief uitgebaat.





Aan de basis van de Kalkstenen van Hastière duidt een plotse lithologische verandering op een belangrijke mariene transgressie, die de flanken van het Eiland van Brabant- St.Georges overspoelde. Er trad eveneens een sterke subsidentie op in de Depressie van Henegouwen. In de buurt van de Avesnois kunnen we de opeenvolging van de eerste sedimenten, die de overgang van het Famenniaan naar het Tournaisiaan vormen, als volgt weergeven:

*Formatie (Schalies) van Epinette:*

Sterk fossielhoudende formatie die grotendeels bestaat uit schalies met lenzen of laagjes kalksteen met koralen, algen, Foraminiferen, Brachiopoden, Conodonten en Stromatoporen . In België zijn de kalksteenniveaus en de fossielen minder en minder frequent naar het noordoosten toe. Men passeert lateraal ook het terrigene faciës van het Famenniaantype waar de stratigrafie essentieel gebaseerd is op de palynologie. De dikte van deze formatie bedraagt ongeveer 140 m.

*Formatie (Kalksteen) van Etroeungt:*

Deze formatie (fig. 8) begint met een sterk fossielhoudende kleiige kalksteen, die overgaat in een submassieve crinoidische kalksteen met talrijke koralen en stromatoporen; daarop volgen afwisselingen van kalkschalies en kalksteenlagen met tenslotte kalkschalies. Dit faciës is verspreid in de Avesnois en het Massief van de Vesder. Het faciës wordt geleidelijk dunner als men naar het centrale deel van de Condroz opgaat, waar het waarschijnlijk verdwijnt door een te belangrijke terrigene invloed. We merken hier de aanwezigheid van Phacops op. De totale dikte bedraagt ongeveer 40 m .

*Formatie (Kalksteen) van Hastière (oudste niveau van blauwe hardsteen):*

Een bruuske wijziging op sedimentologisch en paleontologisch vlak aan de basis van deze formatie (fig. 9) is kenmerkend in de westelijke en centrale delen van het Synclinorium van Dinant. Het belang van deze formatie daalt sterk van het zuidwesten naar het noordoosten. In de plaats van de Phacops uit de Formatie van Etroeungt treffen we hier Phillipsia aan. Deze kalksteen vormt het oudste niveau van blauwe hardsteen en werd enkel een klein beetje ontgonnen in de streek van Dinant-Hastière (GROESSENS, 1978). Enkel 20 m dikke banken, die geïntercaleerd worden door schalies, kalkschalies, nodulaire kalksteen en onzuiverheden, kunnen dienen als hardsteen met voldoende kwaliteit.

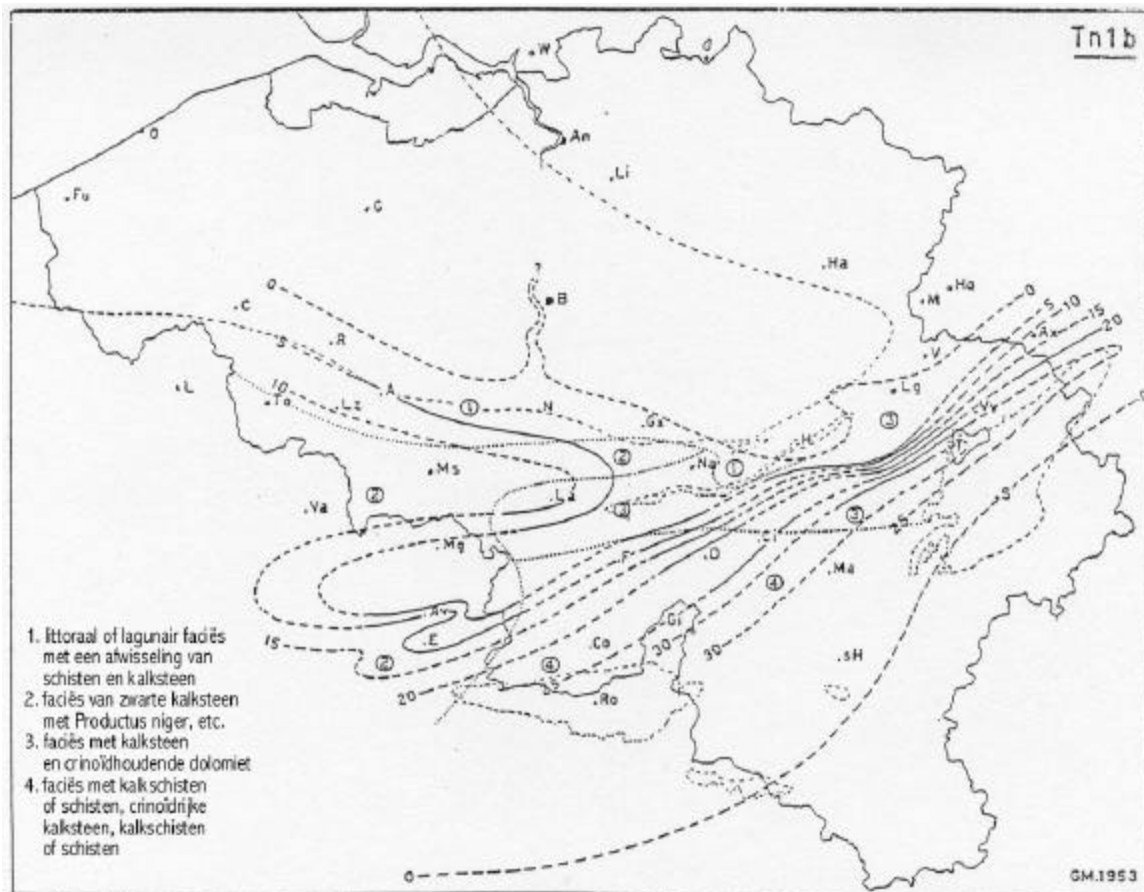


Fig. 9: Paleogeografische situatie tijdens het Tn1b (Onder-Tournaisiaan).

Deze massieve crinoïdenkalksteen werd gevormd bij het verdwijnen van de terrigene aanvoer en van de riffen van stromatoporen en koralen in de Avesnois en in de oostelijke delen van België. De Kalksteen van Hastière eindigt met het terugkeren van terrigene invloeden in de vorm van de Schalties van Pont d'Arcole. Hij heeft algemeen een heldergrijze tint, behalve in de Avesnois, waar hij zwart is. De kalksteen is algemeen fijn en organoclastisch aan de basis en bevat in het midden lokaal een oölitisch niveau.

In de groeve Demanet (175 W 334), de typelokaliteit van de kalksteen, werd de kalksteen in 1978 nog ontgonnen (GROESSENS, 1978).

De dikte van deze formatie bedraagt ongeveer 20 m.

De formatie wordt in 3 eenheden onderverdeeld :

- Tn1ba: dikke basislaag met oölitische laagjes, gevolgd door een nodulair schalieniveau en een crinoïdenkalksteen, duidelijk gelaagd, met 3 schalieachtige laagjes ;
- Tn1bβ: massieve crinoïdenkalksteen;
- Tn1b?: afwisseling van schalie- en kalksteenlaagjes.

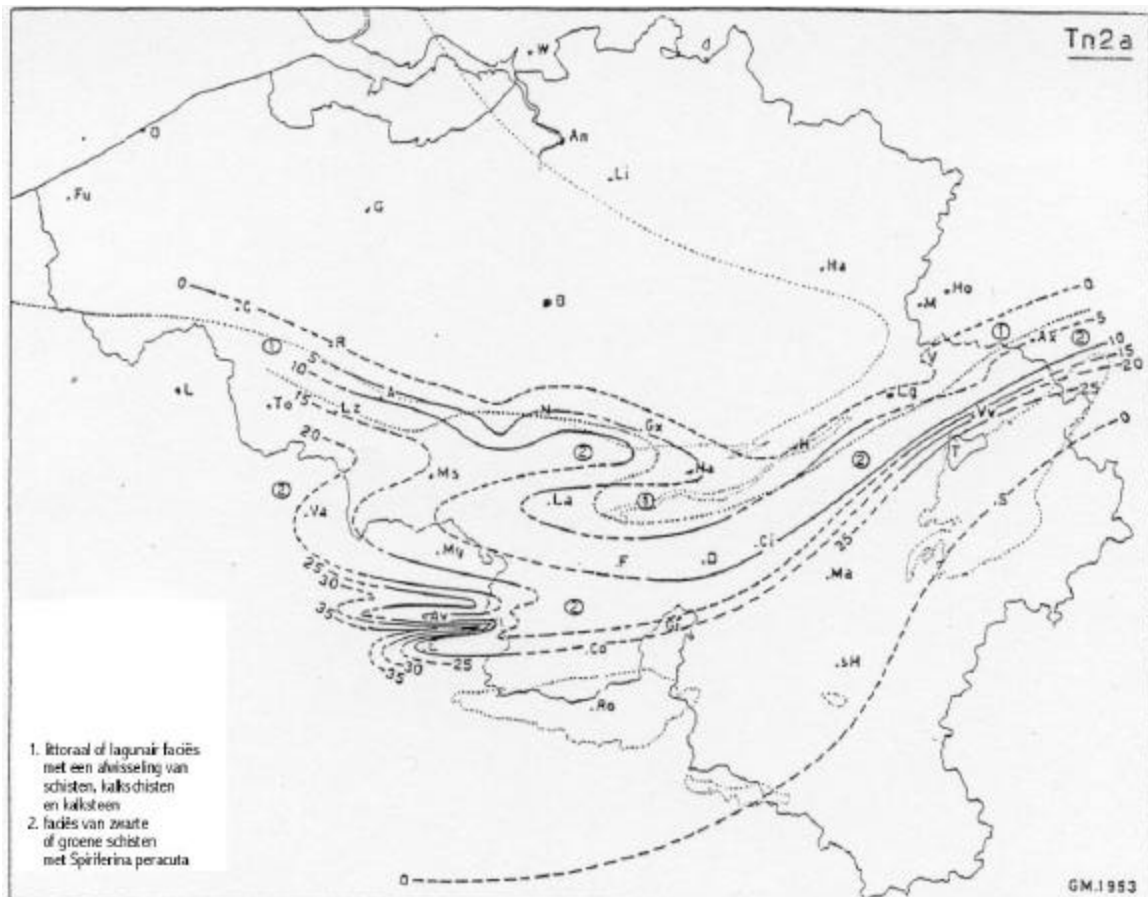
Er zijn twee gebieden, die waarschijnlijk door een soort van transversale rimpel worden gescheiden:

- Avesnois, met zijn zwarte marmerachtige kalksteenfaciës met o.a. Brachiopoden, type Avesnelles.
- België, met zijn grijs crinoïdhoudend faciës, arm aan Foraminiferen, en schalties die stijgen in aantal in de richting van Avesnois, type Hastière.

In België zijn de onregelmatigheden van de zeebodem afkomstig van de regressie in het Famenniaan. Deze onregelmatigheden worden beetje bij beetje bedekt door sedimenten bij het overstromen van de gebieden. Op sedimentologische vlak toont de Kalksteen van Hastière een overgang van zuivere massieve kalksteen tot soms een oölitische kalksteen, zeer arm aan algen en Foraminiferen. Deze kalksteen wordt bedekt door een afwisseling van bladerige kalksteen. De lagen van Hastière (Tn1b) bedekken de lagen van Etroeungt. Ze bedekken bijna volledig de noordrand van het Synclinorium van Namen (STREEL, 1967), waar het faciës zeer litoraal is.

*b) 2<sup>de</sup> sequentie : Tn2a -Tn2b (Assise van Maredsous)*

Deze sequentie strekt zich uit over een groot gebied. De kustlijnen lagen veel verder dan bij de vorige sequentie. Een dun conglomeraat duidt soms de basis aan van de sequentie aan (Depressie van Henegouwen). Het onderste deel (fig. 10) bestaat normaal uit fijne schalties met zeer zeldzame zandige lagen (Formatie van de Pont d'Arcole, Tn2a).



**Fig. 10: Paleogeografische situatie tijdens het Tn2a (Midden-Tournaisiaan).**

De overgang naar de Kalksteen van Landelies is geleidelijk (fig. 11). De plaatselijke euraziatische fauna is goed ontwikkeld in het onderste deel van de Kalksteen van Landelies. De Formatie van Pont d'Arcole en de Kalksteen van Landelies zijn twee constante formaties, die geografisch uitgebreid herkenbaar zijn (VANDERBECK, 1988). De overgang naar de kalksteen van het bovenste deel van de Formatie van Landelies gebeurt eveneens geleidelijk, waardoor men een opeenvolging kan waarnemen van bioklastische kalkstenen met veel koralen, massieve crinoïdenkalksteen en soms, aan de top, oölitische kalkstenen.

*Formatie (Schalies) van de Pont d'Arcole (Tn2a):*

Formatie met onderaan zeer fijne, splijtbare, donkergroene schalies, in de bovenste helft geleidelijk overgaand naar meer kalkhoudende en fossielrijke lagen, met zeldzame zandige tussenlaagjes. Dit niveau blijft hetzelfde over enorme afstanden, van Zuidwest-Engeland tot de streek van Aken.

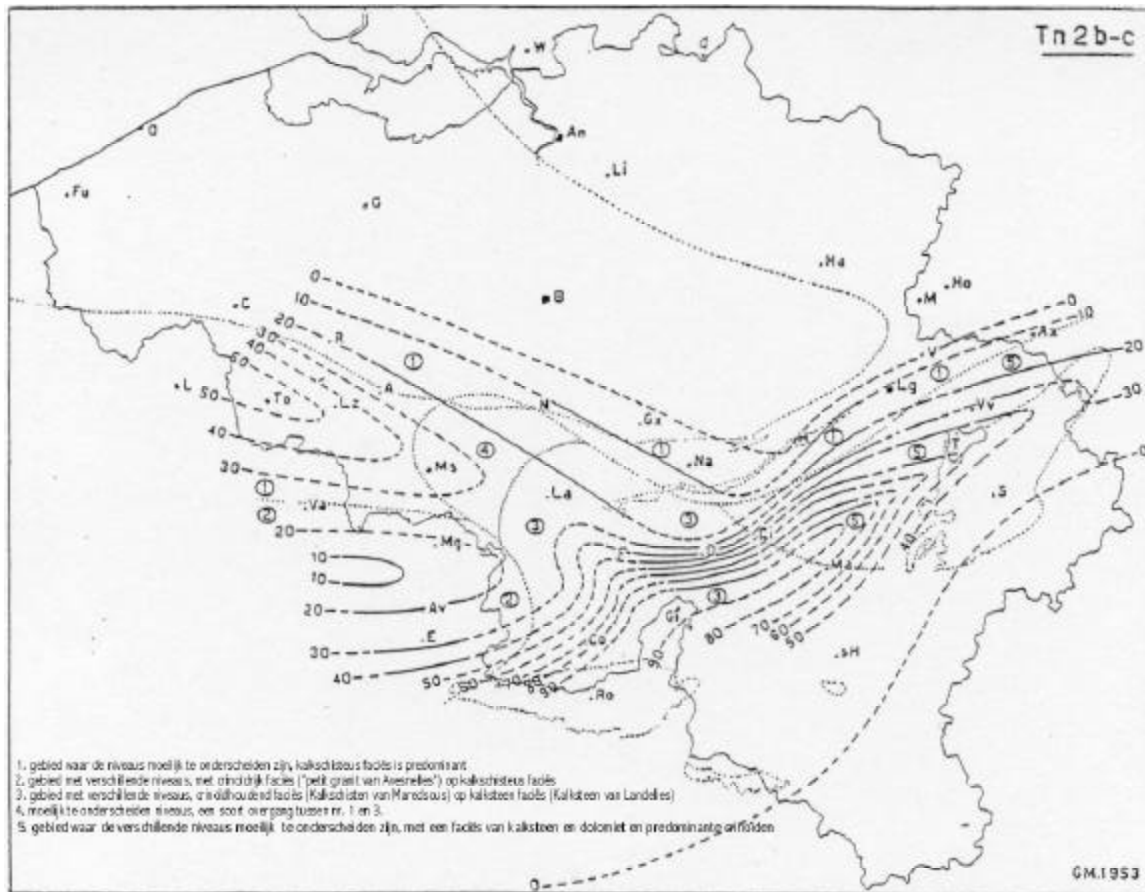
De totale dikte bedraagt tot 16 m.

*Formatie (Kalksteen) van Landelies (tweede niveau van blauwe hardsteen) (Tn2b):*

De formatie begint onderaan met een donkere gelaagde kleihoudende nodulaire kalksteen, met afwisselingen van schalies en kalkstenen tot gelaagde kalksteen (alle sterk fossielhoudend), die naar boven toe overgaat in een massieve crinoïdenkalksteen tot oölitische kalksteen. Naar het oosten van het Bekken van Dinant toe, in de Massieven van Theux en van de Vesder, alsook in het Bekken van Luik, raakt deze kalksteen meer en meer gedolomitiseerd en is zelfs in Aken volledig gedolomitiseerd. Meer naar het noordwesten bestaat deze formatie uit een afwisseling van schalies en kalksteen of uit dolomiet, maar er bestaan verschillende lacunes.



De crinoïdenkalksteen van Landelies wordt ontgonnen in het centrale deel van het Bekken van Dinant (Spontin, Yvoir), waar er geen belangrijke dolomitatie is opgetreden. Dit tweede niveau van blauwe hardsteen, dat werd afgezet na het verdwijnen van de Schalies van Pont d'Arcole, werd een beetje overal uitgebaat waar de geografische en geologische condities het toelieten. Vandaag gebeurt dit nog enkel in de Vallei van de Bocq, waar hij wordt gecommmercialiseerd onder de naam "Petit-granit du Bocq".



**Fig. 11: Paleogeografische situatie van het niveau Tn2 b-c (Midden-Tournaisiaan).**

Als typelokaliteit voor deze kalksteen werd de coupe genomen van de groeven langs de Samber te Landelies. Deze coupe werd het onderwerp van een gedetailleerde studie gepubliceerd in 1970 door MAMET, MIKHAILOFF en MORTELMANS. Zij beschreven de coupe als volgt:

Ze heeft een dikte van 22,55 m en bestaat uit een 30-tal banken, waarbij hun verschil in lithologie ervoor zorgt dat de banken in drie sterk verschillende complexen kunnen onderverdeeld worden.

*Het onderste complex* bestaat uit 5,85 m goed gelaagde kalksteen van organodetritische oorsprong waarin meer en meer crinoïden voorkomen. De kalksteen bestaat uit 5 banken, met als dikte respectievelijk 1 m, 2,95 m, 0,3 m, 0,4 m en 1 m, welke algemeen gescheiden worden door dunne kalkschalies. De 2 onderste banken worden gescheiden door een dikkere laag kalkschalie van 0,25 m.

Uit microscopisch onderzoek blijkt dat de kalksteen van organodetritische oorsprong is en bestaat uit een cement van micriet of grumiet, dat min of meer geherkristalliseerd is. Het geheel bestaat uit 0 tot 35 % intraclasten, 0 tot 5 % oöliithen, 0 tot 4 % detritische kwarts en uit kleihoudend materiaal dat lokaal geconcentreerd kan voorkomen. De resten van organismen bestaan voor 0 tot 2 % uit Brachiopoden en 0 tot 2 % uit Ostracoden. Het gehalte aan crinoïden varieert sterk. Men vindt er ook resten van Girvanellen, maar zelden Spongiostromides.

Uit deze observaties kan men afleiden dat dit faciës afgezet is in een kalm, ondiep water in een eufotische zone.

*Het middelste complex* is 14,9 m dik en begint met een bank kalkschalie van 0,54 m. Hierboven bevindt zich een homogeen pakket van 7,25 m dat verdeeld is in 17 banken en eindigt met een groep van 5 lagen met als dikte respectievelijk 0,17 m, 2 m, 1,9 m, 1,35 m en 1,65 m.

Macroscopisch onderzoek toont ons een kalksteen met grote korrels, die organogenetisch, organodetritisch of crinoïdisch van oorsprong zijn (GROESSENS, 1978).

De dunne laag is een kalksteen met ongeveer 10 % geherkristalliseerd sparietcement. Deze spariet is vaak een epitaxie voor de delen van de crinoïden. De intraclasten wijzen op een regressie en we merken tevens pellets van Spongiostromides op. Deze pellets van verschillende grootte komen naar de top van het gesteente frequenter voor, waar ze tot 50 % van de massa kunnen uitmaken. De detritische kwarts vermindert gelijkmatig en bereikt niet meer dan 1 tot 2 %, behalve in de twee bovenste lagen van dit complex waar het gehalte 10 % bedraagt. Er komen sporen van klei en diagenetische silicificaties voor. Organische resten komen frequent voor en bestaan voornamelijk uit crinoïden (vaak 40 tot 65 %), Brachiopoden (0 tot 3 %), Bryozoa (0 tot 3 %), Girvanellen (5 tot 15 %) en Spongiostromides (0 tot 50 %).

In het algemeen kunnen we besluiten dat het faciës in een minder rustig milieu werd gevormd, maar een beetje dieper dan het vorige complex, in een milieu met blauwe algen en crinoïden.

*Het bovenste complex*, de top van de Kalksteen van Landelies, 2,4 m dik, wordt opgesplitst in 2 banken, een bank van 0,6 m en een bank van 1,8 m. Macroscopisch zien we oöolithische kalksteen en pseudo-oöolithen, rijk aan geremanieerde resten.

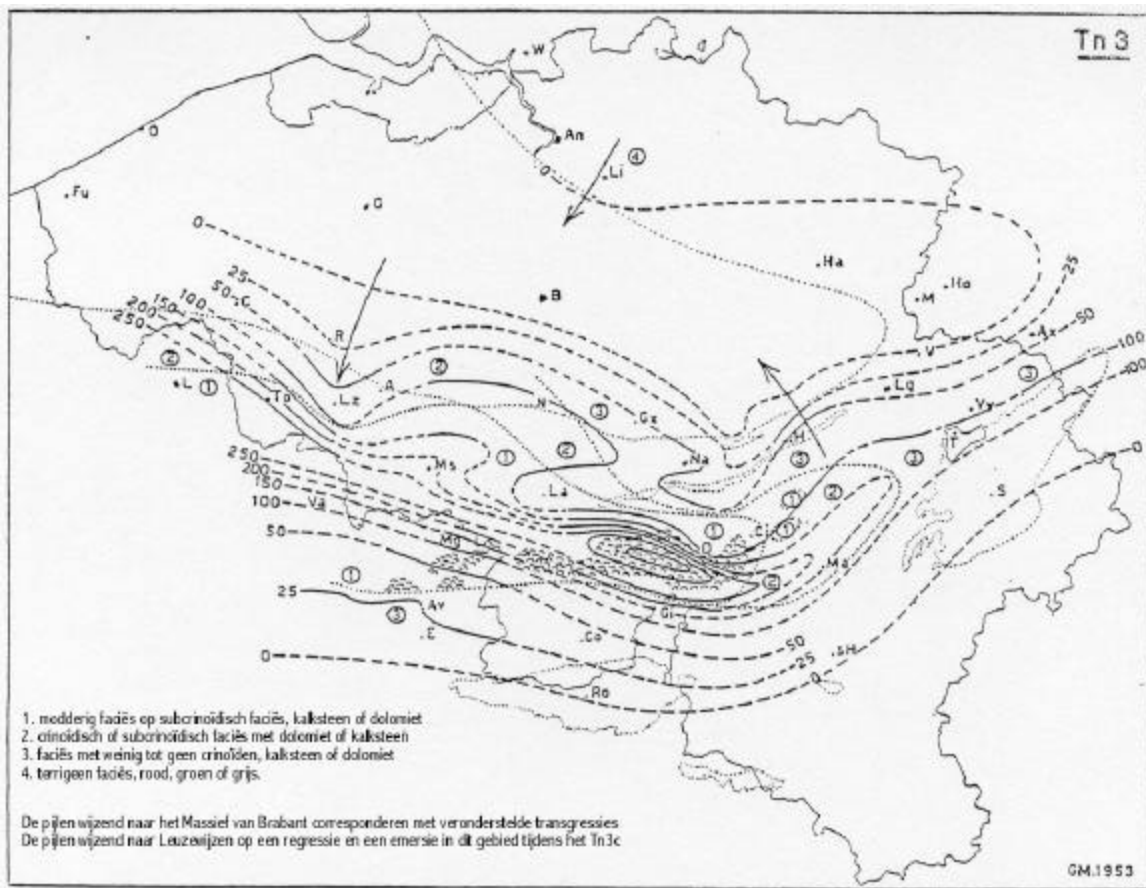
Het microfaciës is nogal heterogeen, met aan de basis vooral secundaire, geherkristalliseerde spariet, detritische kwarts, intraklastische kalksteen en resten van organismen, waaronder crinoïden (50 tot 60 %), Brachiopoden (5 tot 8 %), Girvanellen (0 tot 2 %) en een aantal fragmenten van Spongiostromides. Meer naar de top toe merken we mooie pseudo-oöolithen en soms oöolithische kalksteen op. Deze diverse microfaciëssen komen overeen met een turbulente zone (GROESSENS, 1978).

De Kalksteen van Landelies werd door CONIL in 1960 beschreven aan de hand van de coupe van de "Carrière de la gare d'Yvoir" (166 E 304).

De dikte bedraagt ongeveer 20 tot 25 m, en zelfs tot 33 m in Yvoir.

*c) 3<sup>de</sup> sequentie : Tn2c -Tn3 (Assise van Tournai en Celles).*

Met het Tn2c (fig. 11) komen we in de derde transgressieve fase terecht. Ze komt overeen met een nieuwe subsidentie (VANDERBECK, 1988) en een turbulente ondiepere zone. Het Tn2c zorgt voor een minder grote continuïteit en uniformiteit, zoals bij de Schalies van Pont d'Arcole en de Kalksteen van Landelies. In deze sequentie vinden we de aanwezigheid van de *Spirifer mosquensis*, de *Productus Flemingi* en de *Orthis Michelini* (FALY, 1876). Ook deze sequentie gaat verder dan de vorige. De kustafzettingen zijn onbekend in België, waar de meeste faciëssen als diep worden geïnterpreteerd. De vervorming van het platform leidde hierbij tot een grote verscheidenheid. De basis van de sequentie is op vele plaatsen scherp, zeker waar kalkhoudende, soms zandige schalies zonder overgang rusten op de zuivere en massieve kalkstenen van de top van de Kalksteen van Landelies. Chert treedt soms op aan de basis en komt in vele formaties van deze sequentie voor. Deze bevat dezelfde fossielen als de kalksteen waarin hij zich bevindt. De chert vindt zijn oorsprong in de lokale silicificatie van de kalksteen (KAISIN, 1922). De eerste kleiige tekens worden in het midden van de sequentie gevonden (Formatie van Ecaussinnes). Voortdurende subsidentie en opvulling van de Depressie van Henegouwen wordt aangegeven door de Kalksteen van Doornik (fig. 12). De Depressie van Dinant subsideerde eveneens, maar bleef in diepwateromstandigheden, met dikke "Waulsortiaan"-ontwikkelingen. Op het einde van het Tournaisiaan leidde een vermoedelijke daling van de zeespiegel tot een relatieve stijging van de randen van de Depressie van Henegouwen. Enkele ritmische, gehersedimenteerde afzettingen komen voor rond de uitstekende "Waulsortiaan"-massa's binnen deze Depressie van Dinant.



**Fig. 12: Paleogeografische situatie tijdens het Tn3 (Boven-Tournaisiaan).**

Het crinoïdhoudende faciës dat de naam Petit-Granit draagt is essentieel gelokaliseerd in het midden van het Tn3b en onder het referentieniveau “Délit à la terre (bleue)”. Het Tn3c wordt per definitie samengesteld uit formaties die niet tot het Viseaan behoren en die de “Gras délit” en zijn equivalenten bedekken.

Het bovenste blauwe hardsteenniveau van het Tournaisiaan kan ingedeeld worden in een zeker aantal eenheden:

1. De Kalksteen van Pont-à-Rieu (streek van Doornik; in feite Doornikse steen)
2. De Crinoïdenkalksteen van Ecaussinnes (streek tussen Ath en Arquennes)
3. De Crinoïdenkalksteen van Bayard (streek van Dinant)
4. De Crinoïdenkalksteen van de Ourthe (provincie Luik)

In tegenstelling tot wat men vroeger vermoedde, gaat het hier over verschillende niveaus die strikt gezien niet van dezelfde tijd zijn (GROESSENS, 1971). Het niveau van Ecaussinnes is hierbij het oudste niveau.

*Formatie (Kalkschalies) van Maurenne (Tn2c):*

De lithologie van deze formatie (fig. 11) is sterk variabel. Vroeger noemde men deze formatie ook de Kalkschisten van Maredsous. De formatie bestaat uit donkere kalkschalies, met sterk schelphoudende laagjes van kleiige kalksteen. De top bestaat uit kleiige kalksteen met enkele chert-niveaus. De kleiige kalksteen en de kalkschalies bedekken een deel van het Bekken van Dinant, ten zuiden van de lijn Yvoir-Spontin-Barvaux. Daar noemt men het Tn2c de Kalkschalies van Hun. Deze bestaan uit zandsteenachtige, kleihoudende kalksteen. Meer naar het noordoosten krijgen we een groene kalksteen met lumachellen, daarna de Dolomiet van Royseux, een kalksteen met gesilicifiseerde dolomiet en chert.

Het Tn2c komt ook voor in het Bekken van Namen, in de vorm van dolomiet en in het Bekken van Luik in de vorm van kalksteen. In het Bekken van de Vesder vinden we de formatie terug als een gesilicifiseerde laag aan de basis van de Dolomiet van Royseux.

De dikte varieert sterk, van 13 m te Maurenne tot 40 m te Gendron-Celles.

*Lid (Kalksteen) van Yvoir (Tn3a):*

Deze donkere, korrelige kalksteen, met onregelmatige crinoïden- en schelplaaigjes, komt voor in de Bekkens van Dinant en van Namen. De onderste 15 m zijn vooral kleilig en schelphoudend, de bovenste 30 m zijn goed gelaagde zuivere kalksteen. Donkere chert kenmerkt dit lid van de basis tot de top. De kalksteen is gedeeltelijk gedolomitiseerd in het Noorden van het Bekken van Dinant en is volledig gedolomitiseerd in het Massief van de Vesder en in het Bekken van Luik.

*Faciës van Bayard (Tn3a en Tn3b):*

Dit faciës bevat donkere, korrelige kalksteen, min of meer crinoïdisch, met talrijke stylolithozonen en enkele niveaus met zwarte chert. Het is beperkt tot de Depressie van Dinant, waar het de basis vormt voor de "Waulsortiaan"-riffen. Dit faciës raakt in de buurt van de riffen meer en meer gedolomitiseerd. In het ganse gebied van het Waulsortiaan komt er tussen de Kalkschalies van Maurenne en de Kalksteen van Leffe, een grijs faciës voor dat een lithostratigrafische eenheid vormt met als hoofdkenmerk een gelaagde grijsblauwe organodetritische kalksteen met veel crinoïden. Deze crinoïdkalksteen is grijs aan de basis en wordt helderder naar boven toe. Hij verschilt macroscopisch van de Crinoïdenkalkstenen van de Ourthe en van Ecaussinnes, door de aanwezigheid van chert, een lagere druksterkte en een minder massief aspect, te wijten aan de onderverdeling in kleine bankjes van enkele centimeter dik.

Het gesteente ontsluit op een aantal plaatsen rond de streek van Dinant (Bayard, Bastion, Leffe, Maurenne, Gendron-Celles,...) en in de streek van Denée (Salet, Denée,...). Dit gesteente werd uitgebaat en verkocht onder de naam "Pierre de Maurenne" (GROESSENS, 1978).

De basis van de Crinoïdenkalksteen van Bayard bevindt zich boven kalkschalies, welke zeer goed zichtbaar zijn, maar de top van deze eenheid is vaak moeilijk te bepalen. GROESSENS en NOEL (1974) hebben aangetoond dat het aandeel organoclastisch materiaal progressief vermindert met betrekking tot de micriet. Op basis hiervan heeft men een bovengrens van de formatie getrokken. Als bovengrens nam men laag 46 van de coupe van de Rots van Bayard, welke overeenkomt met het noordelijkste uiteinde van de kleine groeve die ten zuiden van de rots van Rocher was gelegen. In 1978 meldt GROESSENS dat enkel een groeve in Denée, namelijk de groeve Vandenwindenberg, de enige is die deze laag nog uitbaat als hardsteen. In deze groeve vindt men aan de basis de blauwe hardsteen. Het zeldzame is dat men hier zeer goed de crinoïdenkalksteen kan waarnemen, rustend op een zeer fossielrijke, kleihoudende kalksteen. De crinoïdenkalksteen wordt hier bedekt met de kalksteen van Leffe, waarvan de onderste banken doorzeefd zijn met perforaties, waardoor ze een opmerkelijk breccieachtig uitzicht verkrijgen.

De dikte bedraagt 12 m tot 13 m.

*"Waulsortiaan"-complex:*

Het complex is opgebouwd uit lensvormige massieve tot gelaagde heldere kalksteen zonder chert. Dolomitatie kan in de verschillende faciësen aanwezig zijn. Het "Waulsortiaan" wordt omringd en binnengedrongen door het Faciës van Bayard en vervolgens door het Faciës van Leffe.

De dikte bedraagt 250 m tot 300 m.

*Faciës van Leffe (Tn3c):*

Dit faciës bevat goedgelaagde kalkstenen met bleke chert, als ritmische eenheden ontwikkeld binnen de "Waulsortiaan"-riffen. Afschuivingen met breccies komen eveneens voor. Dit faciës raakt in de buurt van de riffen meer en meer gedolomitiseerd.

De dikte wordt geschat op 75 m.

*"La Grande Dolomie de Namur":*

Dit groot dolomietgeheel bevat donkere, middelmatige tot grofkorrelige, crinoïdische, gelaagde en massieve dolomiet, met verscheidene chertniveaus. Deze dolomiet loopt door in de zuidrand van het Synklinorium van Namen, in de noordrand van het Synklinorium van Dinant en waarschijnlijk in het Massief van de Vesder ("Dolomie de la Vesdre").

De dikte bedraagt vermoedelijk 200 m.

*Formatie (Kalksteen) van Ecaussinnes (Tn3b):*

De donkere, submassieve crinoïdenkalksteen wordt enkel verdeeld door stylolithische onderbrekingen. Deze formatie loopt van Aat tot Ligny en werd ontgonnen van Aat tot Arquennes, waarvan actueel nog enkele groeven, gesitueerd in Ecaussinnes en Soignies, overblijven. Deze zogenaamde "Petit Granit s.s." is sterk fossielhoudend. De petit granit van Ecaussinnes-Soignies wordt beschouwd als het referentiemateriaal voor alle gesteenten die de naam petit granit of blauwe hardsteen krijgen.

De bespreking van de lagen gebeurt aan de hand van de Groeve van Scoufflény (128 W 195), die in 1974 nog werd uitgebaat en die een uitstekende opeenvolging van de lagen blauwe hardsteen toonde. De uitgebete blauwe hardsteen bevond zich ongeveer 25 m onder de délit à la terre. Deze délit werd bedekt door ongeveer 16 m

kleihoudende kalksteen zonder chert, de “raches” genoemd. De term “raches” komt overeen met materiaal dat niet bruikbaar is als bouwsteen. De definitie van de term “rache” verschilt van streek tot streek. Om deze reden heeft J. CORNET in zijn “Leçons de Géologie” de term Kalksteen van Malon-Fontaine gebruikt. (GROESSENS, 1978).

De volledige formatie heeft een dikte van 54 m.

*Formatie (Kalksteen) van Doornik:*

Deze formatie omvat het geheel van kalkstenen die in de Koepel van Doornik ontsluiten. Ze is opgebouwd uit een donkere, fijnkorrelige, goed gelaagde en grotendeels kleiige, min of meer crinoïdhoudende kalksteen, met zwarte chert. In de totaliteit van de gesteenten die ontgonnen werden onder de naam “Doornikse Steen” is er één, de Kalksteen van Pont-à-Rieu, die speciale aandacht krijgt en werd uitgebaat onder de naam “Veine de première (qualité)” In Onze-Lieve-Vrouwekerk van Dendermonde heeft men een doopvont in deze steen uit de 12<sup>de</sup> eeuw die versierd is met bijbelse onderwerpen en symbolische figuren in bas-reliëf. Dit kunstwerk is volgens sommigen een getuige van een van de eerste toepassingen van de blauwe hardsteen, alhoewel deze term hier niet echt van toepassing is.

De dikte van deze kalksteen bedraagt 213 m.

Ondanks het feit dat de Doornikse steen afgezet is in dezelfde periode als de blauwe hardsteen, is er toch een verschil tussen de gesteenten. Het CaCO<sub>3</sub> gehalte van de Doornikse steen ligt algemeen lager dan bij de blauwe hardsteen. De Doornikse steen bevat ook iets meer organisch materiaal en meer klei.

Uit sedimentologische studies en reconstructies van het paleomilieu, uitgevoerd door LARANGÉ, GÉRÔME, GROESSENS en HIBO (1998), blijkt dat de dikte van de sequentie in Doornik (250 m) veel groter is dan zijn stratigrafische equivalenten in het Synclitorium van Namen en Dinant. Men vermoedt dat men in Doornik een gebied had dat sterk onderhevig was aan subsidentie.

*Formatie (“Encrinite”) van de Ourthe (Tn3b):*

Deze submassieve donkergrijze tot grijsblauwe crinoïdenrijke kalksteen, met zijn verschillende tinten en verschillende kwaliteiten, is gekend vanaf de streek van Comblain tot Biesme en komt voor in de niet rifrijke streken. Deze kalksteen is gedeeltelijk gebioturbeerd en komt voor in massieve banken van 2 m tot 8 m dikte (HARDY, 1973). Hij ligt in de Ourthe-streek op de Kalksteen van Yvoir. Hij is gedeeltelijk en onregelmatig gedolomitiseerd in het noorden en centrum van het Bekken van Dinant, maar volledig gedolomitiseerd in het Massief van de Vesder en in het Bekken van Luik.

De massieve structuur en zijn lithologische homogeniteit, aan de basis en top van deze formatie, laten ons toe te besluiten dat we hier met een continue sedimentatie hadden te maken, in een zeer stabiel milieu (HARDY, 1973). Anderzijds zijn de crinoïden algemeen sterk uiteengevallen waardoor een langdurig verblijf op de sedimentatiebodem moet hebben plaatsgevonden, waarbij de vezels en ligamenten, die de skeleteenheden bij elkaar hielden, afgebroken werden. De sedimentatiesnelheid zal enkel afhankelijk zijn van de groeisnelheid en de mortaliteit van de crinoïden (HARDY, 1973).

De top van de crinoïdenkalksteen van de Ourthe bevindt zich onmiddellijk onder de Kalksteen van Martinrive en is, in de zwarte kalksteen met zijn zeer fijne korrels, gekenmerkt door een grote overvloed aan chert of “flint”.

Hieronder liggen de banken die de naam “bancs bleus” dragen. Sommige uitbaters nemen als ondergrens voor deze laag een zeer opmerkelijke horizont, die varieert in dikte van enkele centimeters tot een 20-tal cm, en die de naam dure croûte, mauvaise croûte of male croûte draagt. Dit kleine bandje is opgebouwd uit een zeer kwartsrijke kalksteen, die uitzonderlijk hard is en met één van de twee naburige banken verbonden is onder de naam “banc de la mauvaise croûte”. Andere uitbaters nemen als ondergrens voor de “bancs bleus” een laagje dat een beetje onder de dure croûte ligt, maar deze grens is eerder gebaseerd op een verschillende tint, dan op een reëel verschil. De “mauvaise croûte” of “dure croûte” komt in elke groeve op een andere manier voor. Hij is geelbruin van kleur en bevat veldspaten. Het gaat hier over een dun laagje van 5 tot 10 cm dikte, dat niet noodzakelijk sterk verschilt van het gesteente rondom het laagje. De samenstelling van deze laag is deze van een kleihoudende (illiet) kalksteen, die soms zeer rijk is aan fossielen (fenestellen) en soms opgebouwd is uit zeer harde nodules (gesilicificeerde kalksteen). We vinden in de “mauvaise croûte” ook vulkanische kwarts en veldspaten. De hypothese is dat er vulkanische as gemengd werd met een kalkrijk sediment in een licht onrustig milieu. Hierdoor ziet de “mauvaise croûte” er soms als een diffuse, weinig opvallende laag uit. Onder de “bancs bleus” vinden we een reeks banken, die de naam “minces bancs” dragen. Deze banken zijn uitstekend als bouwmetaal.

Lager vindt men nog de “gros banc”, die al het vaakst gezocht werd door de monumentbouwers.

Aan de basis vinden we algemeen twee banken die de naam “0 m 90” en “0 m 60” dragen. Deze lagen worden niet altijd onderscheiden van de gros banc.

De “gris bec” is gesitueerd onder de gros banc en heeft een grijzere tint. Aan de basis van de uitbating bevindt zich de “grisou”, die harder is dan de gris bec en waarvan de monsters onderling sterker kunnen variëren. Deze formatie is ongeveer 40 m dik.

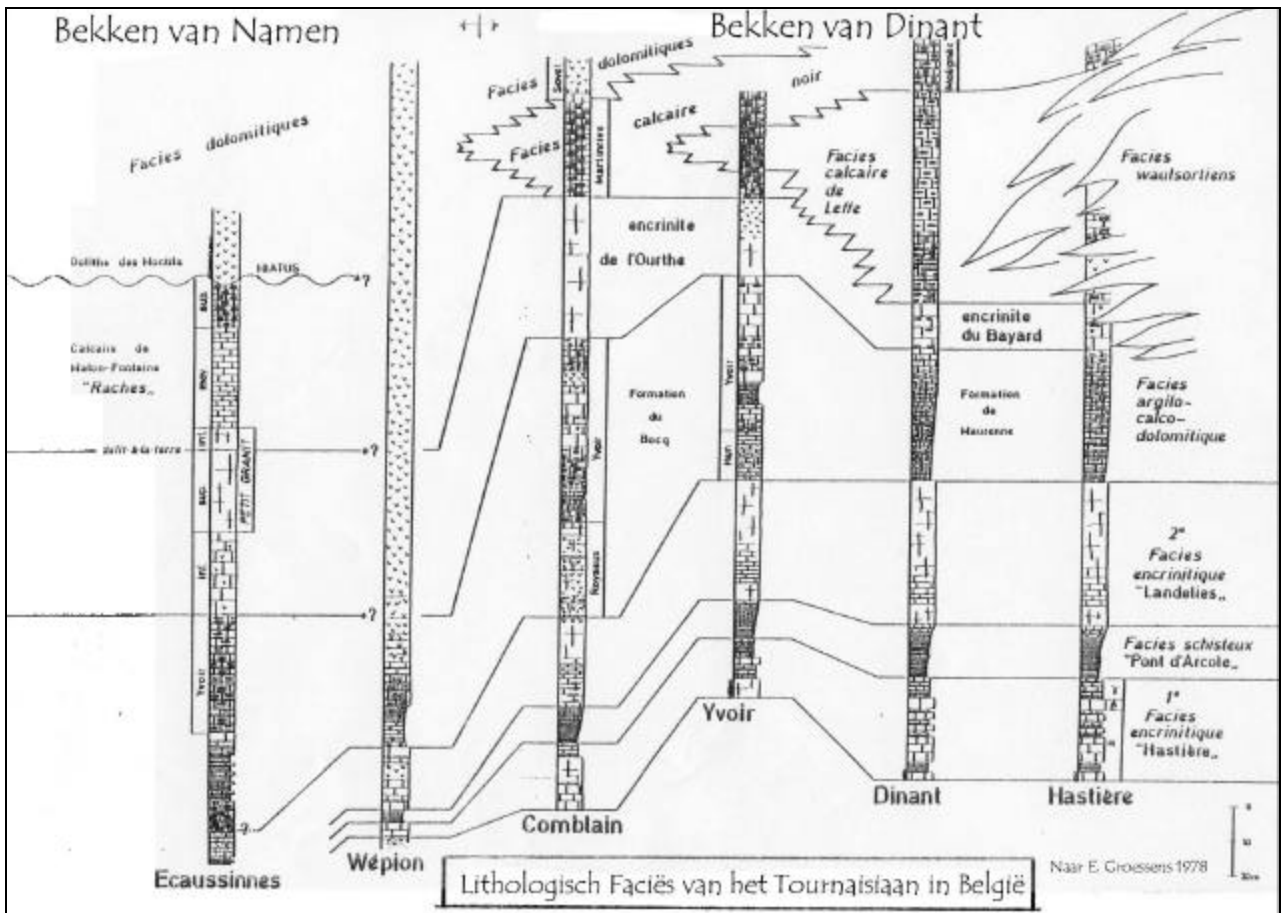


Fig. 13: Het lithologisch faciës van het Tournaisiaan (GROESSENS, 1978).

*Formatie (Kalksteen) van Martinrive (Tn3c):*

Deze zwarte, kleiige en goedgelaagde kalksteen, met crinoïden- en brachiopodenlaagjes bevat soms overvloedige zwarte chert. Vroeger noemde men deze formatie de Kalksteen van Paire. Deze formatie is volledig gedolomitiseerd in het Massief van de Vesder.

De dikte bedraagt ongeveer 30 m (12 m in Yvoir).

Tabel 1 geeft een overzicht van de lagen van het Tournaisiaan in de streek van de Hoyoux en de Ourthe.

		KAART	STRATIGRAFISCH	HOYOUX - OURTHE
Tournaisiaan	Ivoriaan	T2bl	Tn3c	Kalksteen van Martinrive
		T2b	Tn3b	Encriniet van de Ourthe
		T2a	Tn3a	Kalksteen van Yvoir
	Hastariaan	T1ch	Tn2c	Dolomiet van Royseux
		T1c	Tn2b	Kalksteen van Landelies
		T1b	Tn2a	Schisten van Pont d'Arcole
		T1a	Tn1b	Kalksteen van Hastière
Struniaan	Fa	Tn1a	Kalksteen van Etroeungt	

Tabel 1: Overzicht van de lagen van het Tournaisiaan in de streek van de Hoyoux en de Ourthe.

Na de Formatie van Martinrive begint het Viseaan, waarin de blauwe hardsteen niet meer voorkomt.

### 2.3 Onderscheid tussen de verschillende soorten blauwe hardsteen

Het faciës van de Kalksteen van Landelies, uit de vallei van de Bocq, Midden-Tournaisaan, is een packstone tot wackestone (DUNHAM-classificatie) of een biomicriet (FOLK-classificatie), die opgebouwd is uit crinoïden (20-40 %), peloiden (5-15 %), foraminiferen van het type Earlandia en uit girvanellen. Fenestellen zijn hier zeer zeldzaam. Sommige banken in de blauwe hardsteen van de Bocq zijn rijk aan solitaire koralen van het type Syphonophyllia. Het geheel wijst op een sedimentatie in een milieu, waar de energetische condities relatief stijgen (HIBO, 1994). De aanwezigheid van schuine laminaties in bepaalde niet-gebioturbeerde banken plaatst het afzettingsmilieu in intervallen tussen zones met onrustige golven en zones met stormgolven.

De blauwe hardsteen van Soignies, uit het Boven-Tournaisaan, is een packstone, soms een grainstone (DUNHAM-classificatie) of een biomicriet (FOLK-classificatie), voornamelijk opgebouwd uit crinoïden, fragmenten van bryozoa (hoofdzakelijk fenestellen), schelpen van brachiopoden en koralen (alleenstaand of in kolonie). Hierbij zijn de lagen sterk gebioturbeerd, wat wijst op een sedimentatie in een milieu waar de energie geringer was, dus waarschijnlijk op een grotere diepte. De aanwezigheid van horizontale holten in de banken of sporen aan de oppervlakte laten toe de besluiten dat het milieu relatief minder energierijk was dan in Spontin, waarschijnlijk door het actieniveau van de stormgolven. We vermoeden dat de condities in Anhée vergelijkbaar moeten geweest zijn met deze in Soignies (HIBO, 1994)

HIBO (1994) meldt dat er een sterke variatie is in de sedimentologische samenstelling en het afzettingsmilieu van de “petit granit”. In het Synclinorium van Dinant bevat de “petit granit” van Spontin, van de top van het Hastariaan, vooral crinoïden en peloiden, terwijl deze van Anhée, uit het Ivoriaan, bijna volledig uit crinoïden is opgebouwd. In het Synclinorium van Namen, te Soignies, ontgint men blauwe hardsteen uit het Ivoriaan, gekenmerkt door crinoïden-fenestella associaties. Verder merkt HIBO op dat, uit de vergelijking van de conodontzonaties in secties uit Anhée en Soignies met secties van de “Rocher Bayard” te Dinant, blijkt dat het crinoïdale faciës in het Ivoriaan van België voortdurend ontwikkelde. Conodonten zijn hier de voornaamste elementen voor een biostratigrafische interpretatie. Conodonten (Metazoa) zijn doorzichtige of doorschijnende amberkleurige, witte, grijze, bruine tot zwarte lichaampjes (0,1-0,5 mm), lamellaire gegroeide kleine kristallen van carbonaatfluorapatiet. Ze komen alleen in mariene afzettingen voor. Vaak worden er associaties van 12-22 elementen aangetroffen, soms duidelijk op een laagvlak, als resten van het conodonten-apparaat van een dierlijk organisme behorend tot de bilateraal symmetrische epifauna (nekton, benthos). Conodonten zijn zeer geschikt voor biozonatie en als indicatoren van de sedimentatieomstandigheden.

De foraminiferen die aanwezig zijn in Spontin en Anhée, komen zeer zelden voor in Soignies. De coupe van Spontin bevindt zich volledig in de zone van de Siphonodella (GROESSENS, 1978), terwijl in de coupe in Anhée de onderste 62 m zich in de zone van de Polygnathus communis carina bevindt en de bovenste 23 m in de zone van de Scaliognathus anchoralis. Het Boven-Tournaisaan in Soignies bevindt zich volledig in de zone van de Polygnathus communis carina, terwijl de zone van de Scaliognathus anchoralis er onbekend is (fig. 14).

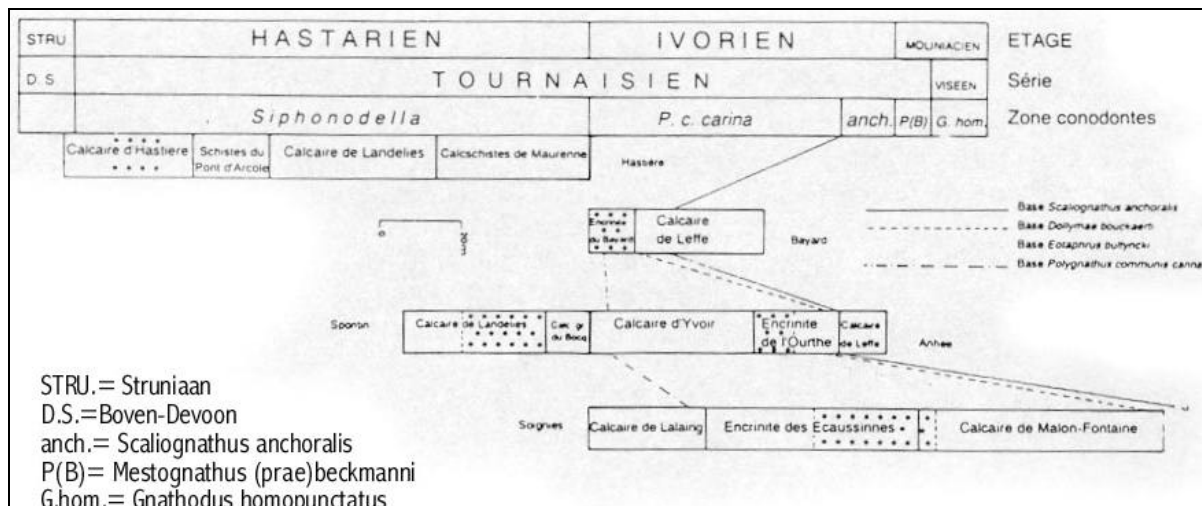


Fig. 14: Conodontzones uit het Tournaisiaan (HIBO, 1994).

Uit de onderzoeken van HIBO (1994) blijkt dat de term “crinoïdenkalksteen of encriniet” niet altijd correct is toegepast. De blauwe hardsteen van Anhée voldoet wel aan deze terminologie, deze van Spontin heel wat minder. Hier is immers het gehalte aan crinoïden niet hoger dan 40 % en is er een associatie met peloiden, gemicrotiseerde korrels en foraminiferen. In Soignies ligt het gehalte aan crinoïden hoger (30 tot 60%), maar kan het gehalte aan fenestellen (15 tot 40%) even hoog zijn.

## HOOFDSTUK 3: Inventaris van de blauwe hardsteengroeven in België

### 3.1 Geschiedenis van de blauwe hardsteengroeven

Begerig naar licht begon de mens, na een lange periode van hoofdzakelijk opsluiting in grotten, zich in de vlakke te vestigen. De mens richtte zijn aandacht op de gesteenten, die al vlug, samen met hout, het belangrijkste bouw materiaal werden. Rotsblokken werden uitgehouwen en weggevoerd om bewerkt te worden ofwel werden ze ter plaatse ruw bekapt. Door zijn hardheid en zijn gewicht is de steen echter van nature uit moeilijk te transporteren. Daarom bleef gedurende eeuwen het gebruik ervan beperkt tot de onmiddellijke omgeving van de ontginningsplaatsen. Men trachtte de ontginningsmethoden te verbeteren en ging nu ook de ondergrond verkennen, waardoor de steengroeve geboren werd (LEMAIGRE, 1981).

Het duurde echter nog lang voordat in onze streken de kalksteen, die later "petit granit" zou worden genoemd, op industriële schaal zou ontgonnen worden. Nochtans ontsloot de kalksteen op een beperkt aantal plaatsen, waardoor reeds vroeg ambachtelijke ontginning mogelijk was. Dit verklaart de aanwezigheid van zeer oude monumenten. Dieper dan 4 m kon men echter in het begin niet ontginnen. De ontginning op grotere diepte van de huidige kwaliteitslagen stelde als grootste probleem de overstroming van de groeve. Hoewel er reeds tijdens de Renaissance veel gebruik gemaakt werd van blauwe hardsteen, diende men te wachten op de uitvinding van de stoommachine en de bouw van mechanische waterpompen om aan de ontginning een nieuw elan te geven.

De eerste toepassingen van de blauwe hardsteen zijn niet echt gekend, maar men vermoedt dat men de steen bij de bouw van de kerk van Saint-Hubert heeft gebruikt in 1525. Later werd de steen nog gebruikt in de kerken van onder meer Brain-le-Comte (1627) en Soignies (1667) (ANDRE, 1977).

Het belang van blauwe hardsteen en van zijn gebruik in de bouwsector nam gevoelig toe na de oprichting van het Koninkrijk der Nederlanden. Tijdens het bewind van koning Willem I werd bevel gegeven tot de aanleg van de vestingen te Bergen, waarbij een belangrijk deel werd uitgevoerd in blauwe hardsteen uit de provincie Henegouwen. Door de aanleg en ontwikkeling van de spoorwegen groeide de mogelijkheid tot transport over grotere afstanden, terwijl de voortdurende verbetering van de ontginningsmethoden de productie in de steengroeven deed stijgen.

In de prille beginjaren van de steenhouwerij waren de ondernemers voornamelijk landbouwers, enerzijds omdat zij door hun werk op de akkers de steen ontdekten en anderzijds omdat zij over de paarden beschikten die onontbeerlijk waren voor het werk. In het begin van de 20<sup>ste</sup> eeuw werd er in vele groeven nog met een schop en houweel gewerkt, waarbij de aarde afgevoerd werd met een kruiwagen en met manden. De mechanisatie ontplooidde zich echter zeer vlug, waardoor vrachtwagens, graafmachines en kranen verschenen. Hierdoor verliep alles veel sneller en rationeler, waarbij de nood aan zeer veel personeel sterk verminderde (ANDRE, 1977). Dankzij de opkomst van de "stoom" werd alles plots eenvoudiger, met name het hijsen van de steen, het pompen van water, het zagen en het afscheiden van de steen werd minder arbeidsintensief. Op deze manier werden de ambachtelijke bedrijfjes geïndustrialiseerd.

In de streek rond Luik kwam de ontwikkeling later op gang. Een bijzonder voorval lag aan de basis van deze ontwikkeling, namelijk toen de brug van Boverie, die in 1834 was gebouwd met Maaslandse kalksteen, instortte en in blauwe hardsteen werd herbouwd. In enkele jaren tijd kenden de steengroeven in het Luikse een enorme ontplooiing en gingen een even nadrukkelijke rol spelen in de bouwsector als deze uit Henegouwen. De gouden tijd van blauwe hardsteen lag tussen 1890 en de eerste wereldoorlog. In die periode wordt het een traditioneel bouw materiaal, erkend door de meeste architecten, die het als een wezenlijk bestanddeel voor hun gebouwen gingen beschouwen. Het werd niet enkel gebruikt om zijn dragend vermogen bij gewone bouwwerken, maar tevens in kunstwerken.

Tijdens de eerste wereldoorlog kwam er een stilstand van de bouwactiviteit. Na de oorlog ging de blauwe hardsteen een belangrijk rol spelen in het versnelde bouwritme bij de herstelling van de verwoeste bouwwerken. Later kwamen er verschuivingen in de fundamentele opvattingen van de architectuur, die ook hun weerslag hadden op het gebruik van blauwe hardsteen. Ondanks alle mechanische verbeteringen in de ontginning van het materiaal, ondanks het gebruik van elektriciteit voor de hijstoestellen en de toestellen voor het bewerken en het verzagen ervan, ondanks de geweldige vooruitgang die geboekt werd door het gebruik van samengeperste lucht voor het aanboren en uithalen van de steen, ondanks de ommekeer die teweeggebracht werd door het gebruik van diamant voor het loskappen, behouwen en slijpen, blijft ook nu nog 60 tot 70 % van de kostprijs van blauwe hardsteen afhankelijk van handarbeid.



Om dit te begrijpen volstaat het zich een beeld te vormen van de ongelofelijke arbeid die de ontginning van dit materiaal vergt. Het verwijderen van 8 tot 15 m kleiige aarde, het uithalen van de bovenste verweerde lagen, tot soms wel 25 m, het trage en nauwgezette loskappen en zagen van de stenen in de groeve, de voorbereiding ervan voor het verzagen en tenslotte de uiteindelijke afwerking van de steen, vergen een aanzienlijk aantal werkkrachten. De loonkosten bepalen dan ook in grote mate de kostprijs. Op deze wijze ging de toenemende kwaliteit van de steen gepaard met een afname van het gebruik ervan. Anderzijds kwam er ook een evolutie in de smaak van het publiek, dat in toenemende mate de voorkeur ging geven aan witte steen ingevoerd uit Frankrijk en Engeland (LEMAIGRE, 1981).

Na een periode van grote welvaart die meer dan een eeuw duurde, brak een tijd van verval aan. Van vele grote groeven blijft op dit ogenblik niet meer over dan grote verlaten waterputten.

Een rendement van 30 % wordt bij de ontginning van blauwe hardsteen als zeer goed beschouwd (ANDRE, 1977). Ook het restafval dient best te worden verwerkt. Men kan de slechtere lagen in een steenklopper brengen om er steenslag van te maken. Vaak werken twee firma's op één groeve, een firma geïnteresseerd in de blauwe hardsteen en een firma geïnteresseerd in de steenslag. Het is ook mogelijk dat er op een bepaalde plaats oorspronkelijk een groeve aanwezig was die de dolomiet, gelegen boven de blauwe hardsteen, ontgon, en na uitputting ervan, de groeve aan een uitbater van blauwe hardsteen verkocht.

### 3.2 Evolutie van de ontginningen

Voor de 1<sup>ste</sup> W.O. waren het enkel de grote exploitaties die voordeel haalden uit de nieuwste technologieën. Door hun financiële middelen hadden zij de mogelijkheid om te investeren in nieuwe technieken. Hierdoor kon de productie stijgen en de handenarbeid voor een deel worden verminderd.

Het is belangrijk om er de nadruk op te leggen dat veel geëxploiteerde terreinen meestal maar voor 9 jaar konden worden gehuurd. Deze korte huurperiode beïnvloedde vaak de investeringen in machines die misschien maar enkele jaren zouden worden gebruikt (HARDY, 1993).

De technische omstandigheden van een uitbating worden vooral bepaald door de situatie op het terrein en het voorkomen van de banken, welke van streek tot streek variëren. Het volume van de te verplaatsen aarde die de ontginbare steen bedekt, verschilt van streek tot streek. De verwijdering ervan wordt onder meer beïnvloed door de helling van de banken. De hoeveelheid aarde, verweerde steenmassa en ander productieafval beïnvloeden de uitbating, doch ook de hoeveelheid grondwater of regenwater, dat in de groeve stroomt en dient te worden verwijderd (HEIRWEGH & VAN BELLE, 1999). Om de exploitatiekosten te drukken worden deze materialen meestal in de onmiddellijke nabijheid gestort, rekening houdend met mogelijke toekomstige uitbreidingen. Het volume puin dat men hoeft te verwijderen is een van de moeilijkheden bij ondergrondse exploitaties, waarbij men de steenlaag rechtstreeks aansnijdt. Men paste hier zijn werkwijze aan volgens de positie en de opeenvolging van de banken.

Door gebruik te maken van explosieven (foto 16 en 17) kan men het gesteente boven de goede steen vergruizen. Hierbij moet men de hoeveelheid springstof zo doseren, dat de goede steenbanken niet worden beschadigd.



Foto 16: Explosie in de groeve Flay-co (foto V. CNUDE).



Foto 17: Explosie in de carrière du Hainaut.

Na de ontploffingen wordt het steengruis met vrachtwagens verwijderd (foto 18), waarna het onder meer als steenslag van goede kwaliteit zal worden gebruikt.



Foto 18: Het verwijderen van het losse materiaal.



Foto 19: Het zagen met draad van de blokken in Carrières du Hainaut.

De bloot gekomen goede banken vormen dikwijls een massieve massa. De kunst van de steenhouwer bestaat er nu in om te profiteren van de natuurlijke fouten van de steen om hem los te maken.

Laag na laag wordt de steen aldus uitgebaat. Een oude techniek bestond erin lagen van ongeveer 40 cm lengte los te kappen d.m.v. een zogenaamde steenhouwershamer. De puntige hamer liet toe om slechte stukken weg te kappen, terwijl het andere uiteinde diende om scherven steen op te tillen. Deze zware arbeid vroeg een intensieve handenarbeid, waarbij een groot volume aan steen verloren ging. Daarom werd er vlug een verbetering ingevoerd door gebruik te maken van onder meer sleufmachines en boormachines. De "rocteurs" (foto 20) maken de blokken los door middel van op geringe afstand van elkaar ingeslagen wiggen. Ze positioneren deze wiggen afhankelijk van de natuurlijke gelaagdheid van het gesteente. Ze tillen ze op door middel van een hefboom en plaatsen er rollen onder om ze te laten glijden.



Foto 20: De "rocteur" met zijn hoek- en perforatiehamer zorgt voor het kanthouwen (foto's Carrières du Hainaut).

De snelste techniek krijgt men door gebruik te maken van een draadzaag, waarbij een staaldraad al draaiend een helicoïdale vorm volgt (ANDRE, 1977) en gelijkmatige horizontale of verticale zaagsneden kan maken (foto 19). De snelheid van het zagen staat in functie tot de lengte van de te zagen stenen, de hardheid van de steen en de kracht van het schuurmiddel. De snelheid kan variëren van 5 tot 30 cm/u (ANDRE, 1977).

Door middel van krachtige hydraulische machines kan de blauwe hardsteen ook ontgonnen worden in blokken. Deze nemen voor een groot stuk de taak van de "rocteurs" over (foto 21).

Eerst worden de belangrijkste zaagvlakken, die de verticale zijde van het front bepalen, door houwmachines (foto 22) verzaagd (DEBAST, 1998). Soms zijn het een soort reusachtige zagen op rails, met een roterende drijfriem op een arm die de snijdende, gediamanteerde plaatjes bevat. Deze armen kunnen tot 5 m lang zijn en kunnen de hoogste fronten doorzagen. De zaagsnede is evenwijdig met het front en ongeveer 4 cm breed. Daarna



wordt de massieve rotsplaat systematisch met diamantdraad dwars gezaagd, zo één voor één de individuele blokken vrij makend. De losse ruwe blokken worden daarna naar voor gekanteld en zijn nu klaar voor transport naar de verwerkingsplaats.



**Foto 21: Hydraulische machine waarmee men de blokken splijt, Carrière du Clypot (foto V. CNUDE).**



**Foto 22: Houwmachine (foto Carrières du Hainaut).**

De eerste kwaliteitsselectie van de ontgonnen blokken betreft ongeschikte, verbrokkelde, gebarsten of aangetaste materialen. In dit stadium wordt ongeveer 30 % van het ontgonnen volume verwijderd (DEBAST, 1998). Vooraleer tot platen te worden verzaagd worden de blokken onderzocht, gesorteerd, gestockeerd en ondergaan ze hun vormgeving, het kanthouwen genoemd.

Er worden twee geometrische categorieën onderscheiden:

- de meest regelmatige (“vierkante”) of de grootste blokken zijn voor de grote zagerijen bestemd
- de minst regelmatige of de kleinste blokken vertrekken naar de grote cirkelzaag of de marmerbewerking.

De rijdende portaalkranen manipuleren deze blokken en laden ze op platte wagens op rails, waar ze worden afgesteld voor de zagerijen. Hier wordt de ruwe grondstof een half afgewerkt product, versneden tot beter manipuleerbare platen en met alle eigenschappen die dit product oriënteren naar de verschillende toepassingen. Een hedendaagse raamzaag zaagt met 80 diamantbladen van meer dan 4 m lengte (foto 23). Het mobiele kader brengt deze bladen in een slingerbeweging van honderd slagen per minuut (DEBAST, 1998).



**Foto 23: Raamzaag die dag en nacht de blokken verzagen (foto Carrières du Hainaut).**

Voor meer selectiviteit en soepelheid, worden dikke platen van minder dan één meter hoog uit kleine blokken gehaald. Deze operatie gebeurt met cirkelzagen van 2,70 m diameter.

### 3.3 Van kalksteen tot cement

Het woord cement is afgeleid van de Latijnse term "coementum", wat mortel of bindmiddel van metselwerk betekent. Vandaag verwijst deze oorspronkelijke betekenis naar hydraulische bindmiddelen, d.w.z. bindmiddelen die verharderen als ze in contact komen met water.

De Grieken waren de eerste bouwers die kalk maakten door het bakken van kalksteen. De Romeinen verbeterden dit bindmiddel door er vulkanische as en baksteenpoeder aan toe te voegen. Zo ontstond een hydraulisch bindmiddel, een tussenvorm van kalk en echt cement. Dankzij dit bindmiddel konden grote constructies worden gebouwd zoals arena's, baden, amfiteaters of aquaducten, waarvan sommige zelfs 20 eeuwen later nog perfect bewaard zijn gebleven.

In de 18<sup>de</sup> eeuw werd voor het eerst hydraulische kalk geproduceerd die erg dicht in de buurt komt van ons modern cement. Dit was vooral te danken aan de vooruitgang die werd geboekt in de bakprocedures. In 1759 produceerde de Engelsman John SMEATON een mortel die even hard was als steen, door hydraulische kalk te vermengen met vulkanische as. In 1817 ontdekte de Fransman Louis VICAT, de vader van het moderne cement, de chemische principes van cement en bepaalde hij de fabricatieregels voor hydraulisch cement.

In 1824 nam de Engelsman Joseph ASPDIN een patent op Portlandcement, een product van het branden van kalksteen en klei in steenkoolovens. De naam Portland, nog steeds een veelgebruikte naam in de cementindustrie, dankt dit materiaal aan zijn grote gelijkheid qua kleur en hardheid met Portlandsteen (Zuid-Engeland).

De eerste cementfabriek in België dateert van 1872. Sinds het eind van de 19de eeuw wordt modern beton op basis van Portlandcement op grote schaal gebruikt in de bouwindustrie.

In de loop van de 20ste eeuw werd de cementproductie nog talloze malen verbeterd. Er werden met name speciale cementen geproduceerd, zonder echter te raken aan de fysisch-chemische eigenschappen en de fundamentele kenmerken van het Portlandcement.

Om cement te verkrijgen moeten vier hoofdbestanddelen, kalk (65 %), silicium (20 %), aluminiumoxyde (10 %) en ijzeroxyde (5 %), homogeen worden vermengd.

Omdat kalk of krijt de belangrijkste elementen zijn, vestigen cementfabrieken zich bij voorkeur in de buurt van grote kalk- of krijtgroeven. Zo zien we dan ook zeer vaak kalkovens in de buurt van de kalksteengroeven.

Om een hydraulische kalk te maken moet men het  $\text{CaCO}_3$  bij hoge temperatuur verwarmen, waardoor  $\text{CaO}$  en  $\text{CO}_2$  ontstaan. Het  $\text{CO}_2$  vervliegt, terwijl het  $\text{CaO}$  overblijft als een droog poeder. Wanneer men hier  $\text{H}_2\text{O}$  aan toevoegt, ontstaat  $\text{Ca(OH)}_2$ . Het mengsel van  $\text{Ca(OH)}_2$  en  $\text{CaO}$  noemt men hydraulische kalk. Om de noodzakelijke temperatuur voor de productie van hydraulische kalk te bereiken, volstond een gewone kalkoven niet (DUCASTELLE, 1994). Flesvormige ovens lieten toe om de juiste temperaturen te bereiken, tot  $1500\text{ }^\circ\text{C}$  (fig. 15).

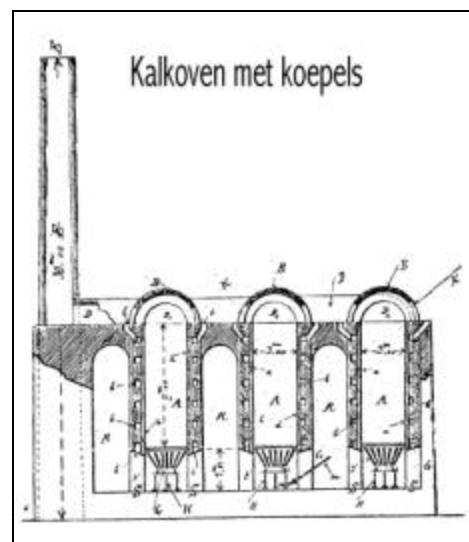
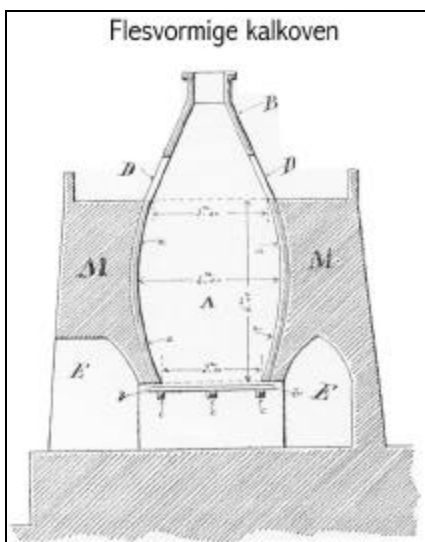


Fig. 15: Flesvormige kalkoven naar HENROTTE, (1899). Fig. 16: Koepelvormige oven naar HENROTTE (1899).

Om de ongemakken, die verbonden waren met het uitdoven van het vuur bij de flesvormige kalkovens, te verminderen ontwierp men een nieuw soort ovens met koepels (fig. 16). Deze ovens waren echter niet meer winstgevend dan het flesvormig model.

### 3.4 De inventaris

Op de geologische kaart van België (fig. 17) bemerkt men onmiddellijk de dagzoom van het Dinantiaan. De Carboonkalksteen blijkt aanwezig in de Bekkens van Dinant, Namen, Luik en de Vesder, maar ook in de Massieven van Herve en Theux en in een deel van de provincies Henegouwen, Luik, Namen en Luxemburg. Het is logisch om in die buurt op zoek te gaan naar groeven van blauwe hardsteen.

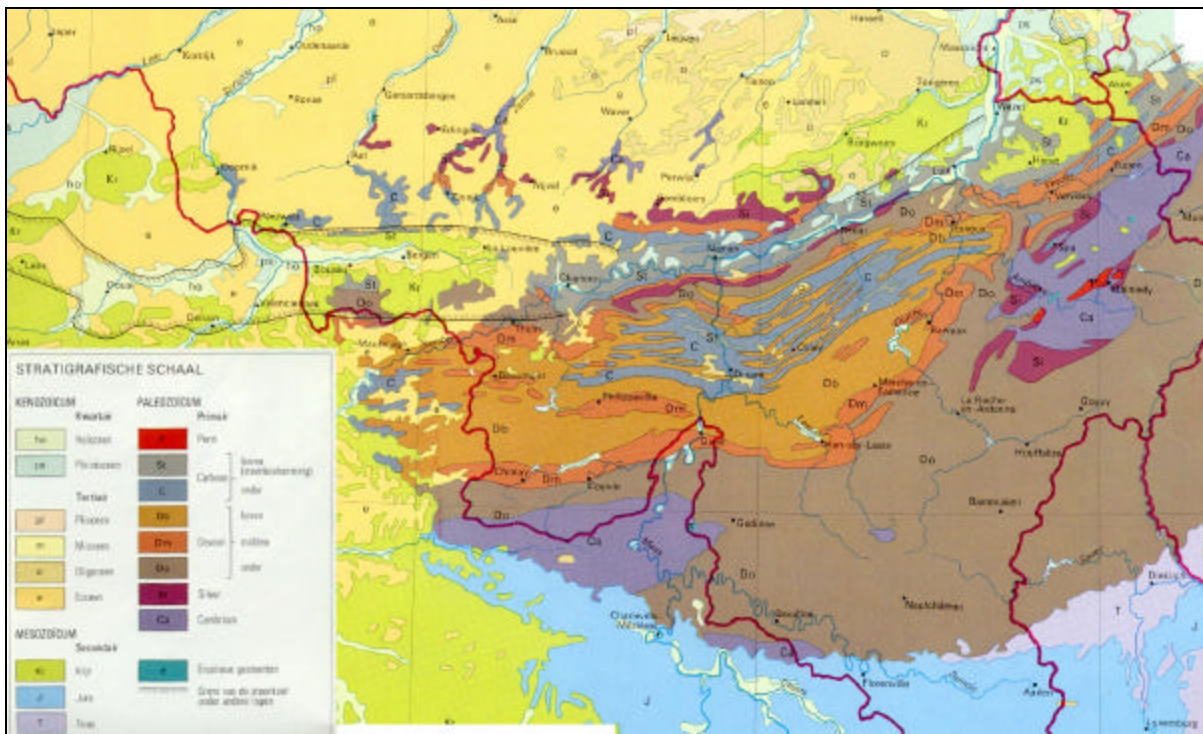


Fig. 22: Geologische kaart België (uit Wolters' Algemene Wereldatlas).

Voor de inventaris van de groeven selecteerden we alle geologische kaarten met Tournaisiaanontsluitingen. Nadien werden van al deze kaarten de archieven op de Geologische Dienst te Brussel nagekeken, waarbij elke ontsluiting op de aanwezigheid van mogelijke groeven werd gecontroleerd. Zo verkregen we een inventaris van alle blauwe hardsteengroeven, die ooit in België op de Geologische Dienst geregistreerd zijn. We moeten hier zeker bij melden dat in de inventaris naar alle waarschijnlijkheid nog enkele kleine groeven ontbreken, daar men soms een kleine put begon uit te baten, maar deze al even snel weer verliet.

Uit het onderzoek blijkt dat op volgende kaarten, waar het Tournaisiaan ontsloot, er geen sporen van ontginning van blauwe hardsteen kon worden aangetroffen: 124 E (37/6), 125 (37/7-8), 126 W (38/5), 140 (45/3-4), 141 (46/1-2), 142 (46/3-4), 143 E (47/2), 144 (47/3-4), 145 E (48/2), 145 W (48/1), 148 E (49/4), 153 E (46/8), 154 W (47/5), 156 W (48/5), 158 E (49/6) en 164 W (52/3). De andere kaartbladen werden afzonderlijk besproken.

Bij het zoeken naar oude ontginningsplaatsen van blauwe hardsteen, hebben we in het totaal ongeveer 400 groeven teruggevonden. Sommige waren zeer klein en bevonden zich als het ware in de tuin van een arbeider, andere waren groot en professioneel uitgewerkt.

Momenteel zijn er ongeveer een 20-tal plaatsen waar blauwe hardsteen wordt uitgebraat. Ze zijn niet allemaal even groot, waarbij sommige eerder occasioneel worden uitgebraat, terwijl andere een continue uitbating kennen.

In het Bekken van Henegouwen hebben we de drie grootste actieve groeven, gelegen te Soignies (Soignies en Neufvilles). In het Bekken van de Condroz hebben we groeven in Sprimont (Chanxhe en Sprimont), Modave, Clavier (Pailhe en Les Avins), Poulseur (Comblain-au-Pont), Ouffet, Barvaux (Jenneret) en Anthisnes. In de vallei van de Bocq hebben we groeven in Yvoir (Yvoir en Spontin-Dorinne) en in het Bekken van de Molignée hebben we ten slotte nog een groeve in Anhée (Denée).

Op fig. 23 werden de gebieden waar er ontginningen van blauwe hardsteen voorkwamen, aangeduid met groene kaders.

Algemeen kan men stellen dat er in België nog 4 ontginningsgebieden van blauwe hardsteen overblijven: het Bekken van Henegouwen, het Bekken van de Condroz, de vallei van de Bocq en de vallei van de Molignée.



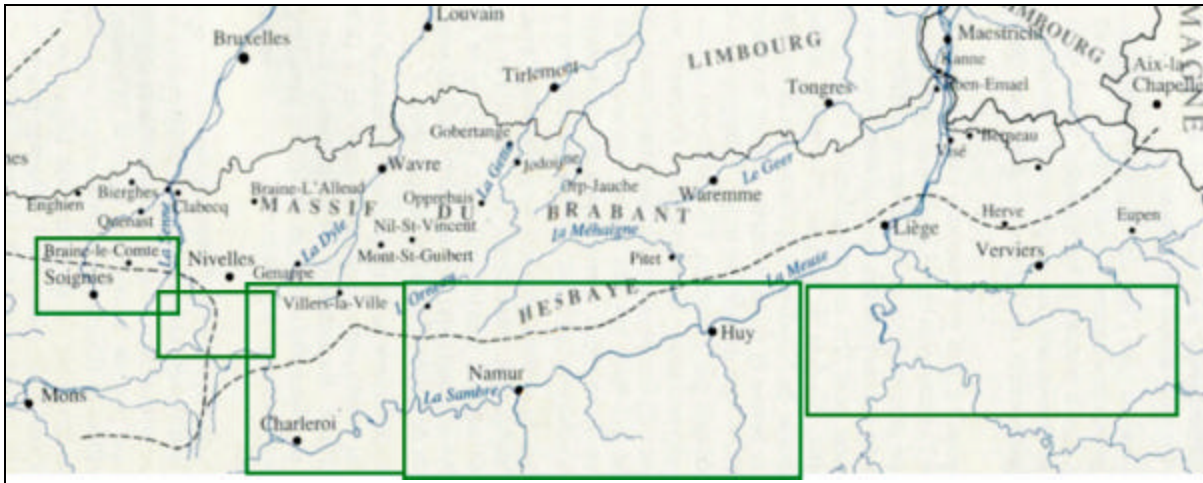
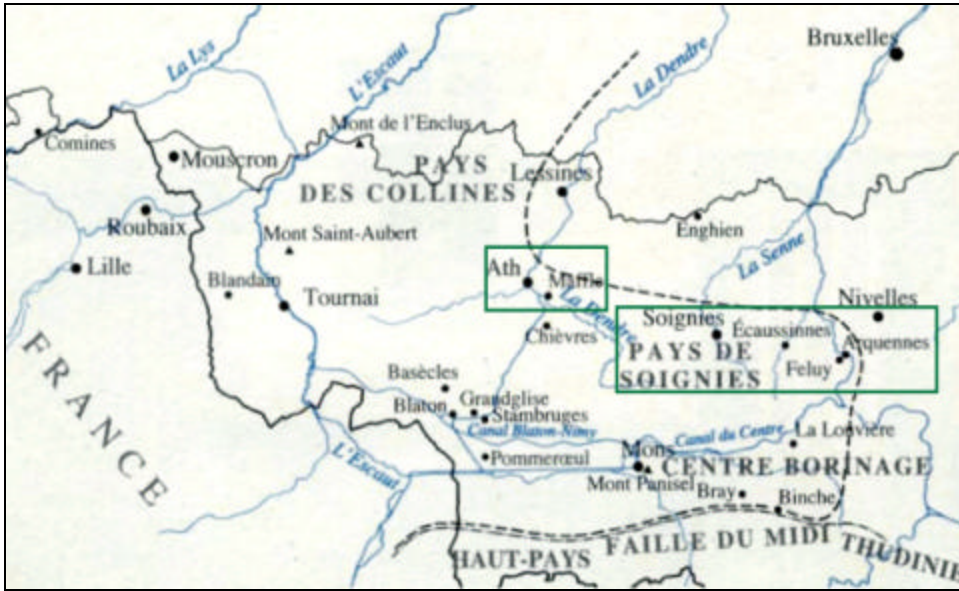


Fig. 23 : Lokalisatie van de voornaamste gebieden waar blauwe hardsteen werd ontgonnen.

Fig 24a en 24b bevatten een schematisch overzicht van de coupes van de meeste actieve groeven.





WEST

OOST

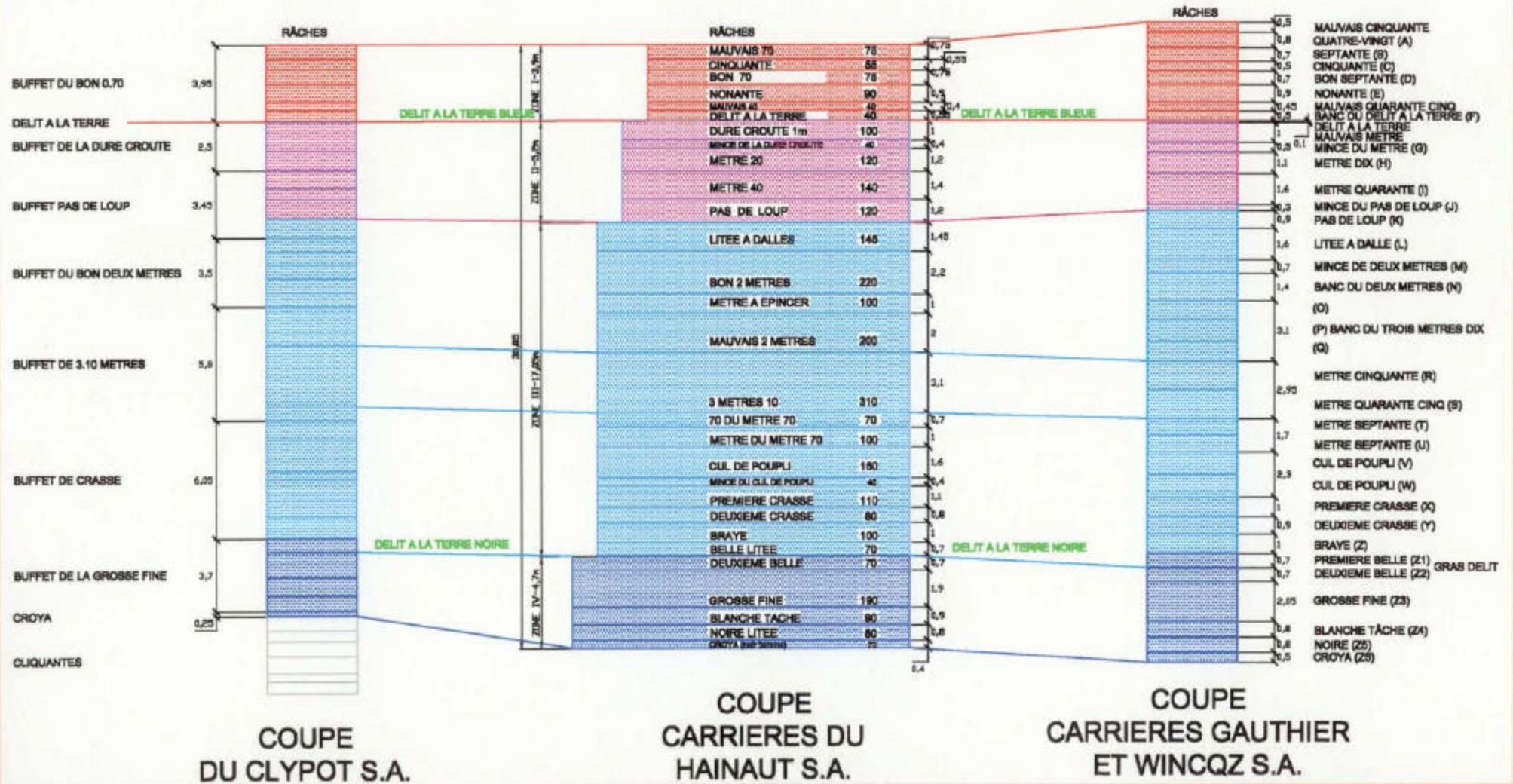


Fig. 24b: Overzicht van de lagen uit het Bekken van Henegouwen door V. NETELS, Carrières du Hainaut (naar CNUDE, 2001).



## **Geologische kaart 126 E (topografische kaart 38/6): Aat**

De vallei van de Dender, ten oosten van Aat, bevat een interessante bron aan gesteenten die al sinds eeuwen ontgonnen werden. De lagen van het Carboon bevatten er zandsteen, dolomiet en kalksteen. De lagen met blauwe hardsteen leverden voor de groeven van Maffle en Aat in de 19<sup>de</sup> en 20<sup>ste</sup> eeuw fortuinen op.

Blauwe hardsteen werd uitgebaat in de vallei van de Dender te Maffle. Hij bestaat er uit het Lid van Soignies. Het kleine dorpje Maffle bevindt zich in de provincie Henegouwen en maakt nu deel uit van de stad Aat. In 1976 woonden hier 1520 inwoners op 314 ha. Deze hoge bevolkingsdichtheid is te verklaren door de sterke industriële ontwikkeling in de 19<sup>de</sup> eeuw, welke te wijten was aan de ontginning van de blauwe hardsteen. De lokale groeven zijn hier echter al meer dan dertig jaar geleden gestopt met hun activiteiten (DUCASTELLE, 1994).

De dikte van de blauwe hardsteen bedraagt in Maffle ongeveer 40 m. De lagen dalen er 10 tot 17 cm/m naar het zuiden en worden er bedekt door kleihoudend zand, waarvan de dikte, afhankelijk van de plaats, 4 m tot 10 m bedraagt. De blauwe hardsteen wordt opgedeeld in verschillende banken. De bovenste banken met middelmatige kwaliteit, bevinden zich tot 5 m boven de “délit à la terre”, die hier als een dun, kleihoudend laagje van 12 cm dikte voorkomt. De steen met goede kwaliteit bevindt zich 7 m onder de “délit à la terre” (DUCASTELLE, 1994). Elke bank op zich draagt een speciale naam die aangeeft hoe dik de bank is en welke zijn kwaliteiten zijn.

Meestal was de blauwe hardsteen maar toegankelijk vanaf 16 m diepte, waardoor de groeven genoodzaakt waren om de stoommachine te introduceren. Daar de blauwe hardsteen van Maffle harder was dan die van Soignies en Ecaussinnes (DUCASTELLE, 1994), was hij ook moeilijker te bewerken. Mede hierdoor en door de grotere afvalproductie bij de ontginning van de steen, kenden de groeven van Maffle niet zo'n sterke ontwikkeling als die van Soignies en Ecaussinnes.

Rond 1166 werd de Burbant toren gebouwd met een lokale steen. De constructeurs van deze toren maakten gebruik van lagen uit het Lid van Lalaing, die in Aat en Maffle ontsloten. Volgens CONIL (1989) is dit een zeer heterogeen gesteente met dolomiet, kleihoudende kalksteen en kalkschalies. Deze steen werd in Aat en Maffle waarschijnlijk ontgonnen tijdens het Ancien Régime. Vanaf 1380 vindt men de groeven in oude teksten terug. De groeve Pintamont in Aat, waar men ongetwijfeld blauwe hardsteen ontgon, was al gekend van in de 14<sup>de</sup> eeuw (DUCASTELLE, 1994). Vanaf de Middeleeuwen leverde de “carrière du Comte de Hainaut” te Aat kalksteen en kalk. Vanaf 1700 werd kalk en blauwe hardsteen per boot, via de Dender, oostelijk tot in Maffle gebracht, waardoor de kleine ondernemingen vanaf de 18<sup>de</sup> eeuw een zekere stijging kenden.

De activiteit van de groeven te Maffle bleef bescheiden tot en met de komst van Pierre Samuel Rivière in 1825. Hij was geboren op 17 september 1799 in Normandië en huwde in 1825 met Sophie Baguet, de dochter van de baas van de groeve Jean-Joseph Baguet. Hij kocht de groeve te Maffle van zijn toekomstige schoonbroers (DUCASTELLE, 1994), plaatste er in 1826 een kalkoven en vanaf 1828 liet hij er het water onttrekken via een stoommachine. Hierdoor groeide het bedrijf tot 200 arbeiders en ontstond, in 1861, de firma “Rivière Frères et Sœurs”. Ze kopen in 1876 de terreinen van Cailliau en Cie., die afhankelijk was van de groeve “du Baron” te Aat. In 1881 wordt ook de oude groeve Cowez, sinds 1853 geëxploiteerd door Auguste Rivière, hun eigendom.

In 1929 herneemt de S.A. des Anciennes Carrières Rivière zijn activiteiten, die tijdens de 1<sup>ste</sup> W.O. waren stil gevallen, en wordt in 1959 omgevormd tot de firma “Nouvelles carrières Rivière”, die echter vergeefs zijn activiteiten probeerde om te schakelen.

Het tweede grote bedrijf in Maffle werd gesticht in 1841 door een rijke handelaar Jean-Baptist Durieux. Hij wou een groeve creëren op basis van de nieuwste technieken en bouwde gebouwen met een zeer mooi architecturaal aspect. In 1841 liet hij een kalkoven bouwen en het jaar daarop arriveerde de stoommachine om het water uit de groeve op te pompen en om stenen te zagen. Om financiële redenen werd zijn bedrijf in 1846 omgevormd tot een NV, die in 1851 werd overgenomen door Ursmer Broquet (DUCASTELLE, 1994). In 1895 staan aan het hoofd van het bedrijf drie personen: Ursmer Cordier, Alfred Degavre en August Dethier. Cordier en Dethier sterven respectievelijk in 1903 en 1917, zodat Degavre en zijn familieleden aan het hoofd van de firma staan.

In 1840 wordt Baron Léopold Lefebvre van Doornik hoofd van de groeve te Aat. In 1845 ontstaat hieruit de firma Dutoit et Cie. en in 1847 de firma Cailliau et Cie. In 1852 opent het bedrijf een groeve te Maffle. Na enkele problemen zal de firma in 1869 zijn activiteiten stoppen en in 1876 alles aan Rivière verkopen.

Onder het “Ancien Régime” produceerden de groeven van Maffle voornamelijk kalk. Met de komst van de stoommachine kon men de beste banken ontginnen en werd vanaf 1842 voornamelijk blauwe hardsteen ontgonnen. Later zou het aandeel van de kalkproductie sterk afnemen. Door de stijgende productie van blauwe hardsteen krijgt men een sterke ontwikkeling van openbare werken en privé-woningen. De ontwikkeling van de

lokale groeven aan het begin van de 20<sup>ste</sup> eeuw, richt zich voornamelijk op de ontginning van de blauwe hardsteen, alhoewel de productie van kalk nog steeds niet te verwaarlozen is (DUCASTELLE, 1994).

Het transport van de stenen zorgde lange tijd voor problemen. Vanaf de Middeleeuwen transporteerden de mensen de bewerkte stenen met een soort draagberrie of door middel van afgeronde blokken hout. Paarden waren tijdens het Ancien Régime van uitzonderlijk groot belang (DUCASTELLE, 1994). Rond het midden van de 19<sup>de</sup> eeuw wordt de stoommachine geïntroduceerd, waardoor veel zaken makkelijker verlopen. In 1870 wordt de groeve Rivière verbonden met de spoorweg en in 1885 gebeurt dit ook voor zijn concurrent, de groeve van de Dender. Deze maakte sinds 1865 ook gebruik van het kanaal van Aat om producten te leveren.



Foto 24: De kalkoven te Maffle, gebouwd rond 1885.

Van 1872 tot 1884 is er een school te Maffle die bijdraagt tot de vorming van de arbeiders. Deze zal na 12 jaar weer sluiten ten gevolge van slechte investeerders. De arbeiders uit de groeven waren algemeen klein van postuur en meestal analfabeet. Dit laatste werd sterk herleid met de schoolplicht tot 14 jaar. Alcoholisme richtte onder de arbeiders echte ravages aan. Alcohol zorgde voor een compensatie van het geestdodende werk en de mindere levensomstandigheden. Hierdoor nam het aantal cafés sterk toe, tot 124 cafés in 1912, 1 café per 14 inwoners of 1 café per 4 huizen. In 1958 waren er nog 3 groeven actief, met samen 131 arbeiders.



Foto 25: Oud bord in de buurt van de groeven, met de juiste naam van de groeven (foto V. CNUDDÉ).

De ligging van de verschillende groeven, op dit kaartblad teruggevonden, is aangeduid op delen van de geologische kaart (fig. 25 en 26), waarvan de legende in tabel 2 werd weergegeven.



**126 E 11: Ancienne Carrière de la Dendre of Trou du Congo (fig. 26)**



Foto 26: Huidige situatie van de « carrière de la Dendre et du Congo » (foto V. CNUDDÉ).

**126 E 15: Ancienne Carrière Rivière et Cailleau (fig. 26)**

**126 E 111: Ancienne Carrière Declercq (fig. 26)**

In deze groeve vindt men o.a. de Formatie van Landelies.

**126 E 270: Boring van Mévergnies (fig. 25)**

**126 E 310: Ancienne Carrières Duchâteau (fig. 25)**

In deze groeve ontsluit het Lid van Mévergnies, de Formatie van Pont d'Arcole en de Formatie van Landelies.

**126 E 311: Ancienne Carrière Jouret, “Trou au Pain” (fig. 26)**

In deze groeve vindt men de Formatie van Lalaing.

**126 E 312: Ancienne Carrière (fig. 25)**

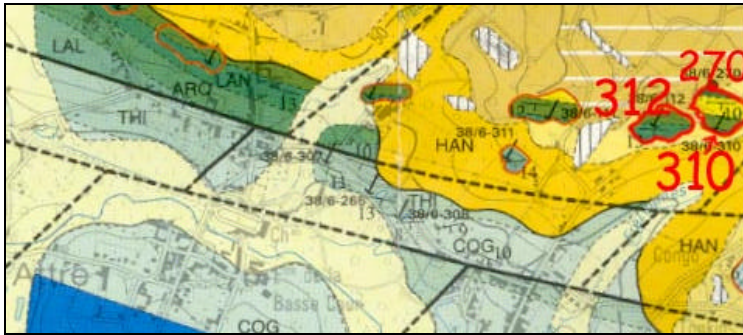


Fig. 25: Lokalisatie van de groeven op kaart 126 E.

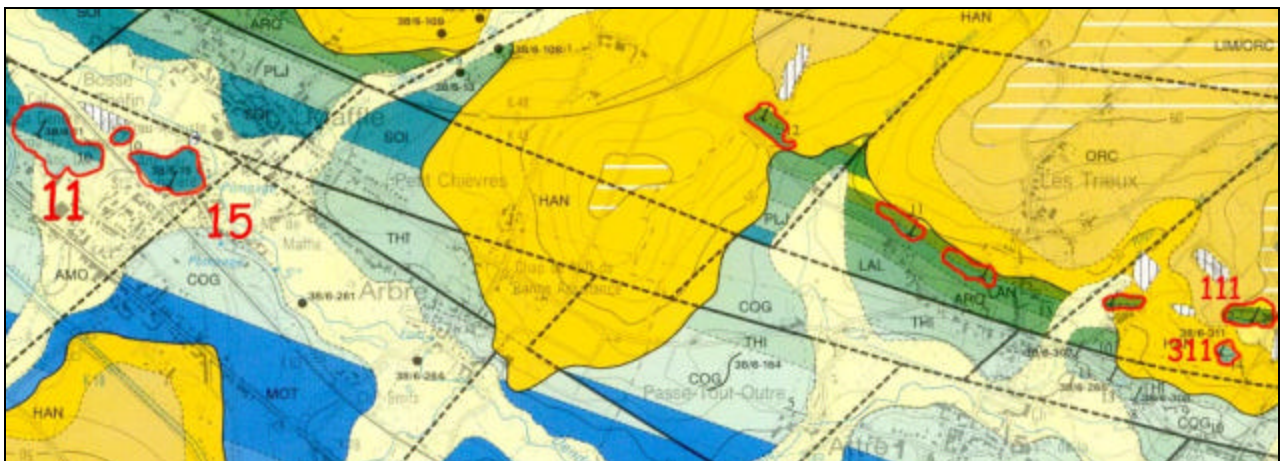


Fig. 26: Lokalisatie van de groeven op kaart 126 E.

Stelsel	Etage	Formatie	Lid	Beschrijving	
Carboon	Ivoriaan	Malon-Fontaine Tn3c	Cognebeau (COG)	Dit lid is gedeeltelijk te zien in de oude groeve 126 E 308 in het park van het Kasteel van Attré. Het lid is opgebouwd uit een kleihoudende, fijne, grijze kalksteen met zeer weinig fossielen; sterk vergelijkbaar met het Lid van Thiarfont, maar bevat zwarte chert in banden of als nodules. Het komt overeen met de "râches met chert" uit de groeven.	
			Thiarfont (THI)	Dit lid is gedeeltelijk te zien in 3 oude groeven in het park van het Kasteel van Attré (126 E 265, 126 E 307, 126 E 308). Zijn fijne, grijsblauwe kalksteen met fossielen is kleirijker dan de petit granit s.s., en bevat bijna geen chert. De regelmatige banken van 20 tot 40 cm dik, zijn begrensd door dunne laagjes kalkschalie. De basis ligt meestal 3 tot 5 m boven de "défilé à la terre bleue". Dit lid komt overeen met de "râches zonder chert".	
		Ecaussinnes Tn3b	Soignies (SOI)-Petit Granit	Dit lid is hier bijna niet te zien. Het lid bevat een compacte, grijsblauwe, crinoïdenkalksteen met brachiopoden en poliepen, met 93-98 % CaCO <sub>3</sub> . De banken van 0,7 tot 2 m zorgen voor een economisch interessante bouwsteen. Deze werd sterk uitgebaat in de groeven te Maffle (nu verlaten en onderwater). De "défilé à la terre (bleue)", een kleirijk niveau van enkele cm is er goed zichtbaar en bevindt er zich 3-5 m onder de top van het lid.	
	Perlonjour (PLJ)		Dit lid, met zijn kleihoudende, silicieuze kalksteen met chert, dat in de groeven overeenkomt met de "cliquantés" ontsluit hier niet.		
	Lalaing (LAL) Tn3a		De formatie is zichtbaar in Mévergnies, in de uitbatingen van de oude groeve Jouret, ook "Trou au Pain" genoemd (126 E 311) en bestaat hier uit een crinoïdhoudende, grijsbruine dolomiet, lokaal kalkhoudend met verkiezelde fossielen. De onderste 7 m bevatten grijze en zwarte chert, de bovenste 15 m bevatten geen chert. Dit lid komt overeen met de "cliquantés" in de groeven.		
	Hastariaan	Arquennes (ARQ) Tn2c		Men vindt hier geen ontsluitingen. Enkel de bovenste 3 m kan men observeren in de Dender (CONIL, 1959). Het bestaat uit een kleihoudende kalksteen met aan zijn basis een chertniveau.	
			Landelies (LAN) Tn2b	De formatie is zichtbaar in de uitbatingen van de oude groeven Duchâteau (126 E 310) en de oude groeve Declercq (126 E 111). Het onderste deel bestaat uit een afwisseling van grijze, sterk gefossiliseerde, licht micahoudende kalkschalies (45-80 cm) en verder uit grijsblauwe, soms sterk crinoïdhoudende kalksteen (20-30 cm). Men vindt er vaak algenresten, pygidia van trilobieten en andere organische resten in terug.	
		Pont d'Arcole (PDA) Tn2a		De formatie is zichtbaar in Mévergnies, in de uitbatingen van de oude groeve Duchâteau (126 E 310). Ze is opgebouwd uit grijsblauwe, waarschijnlijk pyriethoudende, glimmerachtig schalie tot kalkschalie, zonder fossielen. Men vindt in het midden van formatie enkele kleine banken kalksteen, van 5 tot 8 cm dik, die min of meer gedolomitiseerd zijn. Deze formatie is in Mévergnies maar 6 m dik. Deze formatie komt overeen met de Schalies met Spiriferina peracuta van Kaisin (1922) en met de Schalies van Pont d'Arcole (GROESSENS, 1974).	
			Samme	Mévergnies (MEV)	De formatie is in Mévergnies zichtbaar in de uitbatingen van de oude groeven Duchâteau (126 E 310) en langs de noordelijke zijde van deze groeve, waar men o.a. de boring van Mévergnies heeft uitgevoerd. Ze bestaat uit een heldere, dolomiethoudende, zandsteen, soms met glimmers, voorkomend in grote lensvormige banken met fijne, blauwe schalie intercalaties. Men kan er zeldzaam resten van verschillende fossielen in terugvinden, zoals crinoïden, brachiopoden en fenestelles. Dit gesteente wordt voornamelijk onder de naam "Grès à pavés de Mévergnies" uitgebaat.
				Feluy (FEL)	Dit lid, aangeboord in Mévergnies (126 E 270), bestaat uit een sterk gevarieerde kalksteen met klei of dolomiet. Onderaan bestaat het uit zandsteen met kalk en dolomiet en bovenaan uit kalksteen met klei en dolomiet. Dit lid komt overeen met de Kalksteen van Brugellette van BOUCKAERT en CONIL (1970).
				Bois de La Rocq (BDR)	Dit lid, gevonden in de boring van Mévergnies (126 E 270), bestaat uit een zandsteenachtig gedolomitiseerd, micahoudend gesteente met enkele lagen kalksteen en schalieachtige lagen. Het grootste gedeelte van dit lid behoort tot het Devoon, maar zijn top reikt tot in het Carboon.

Tabel 2: Legende bij de geologische kaart 126 E.



## Geologische kaart 127 W (topografische kaart 38/7): Lens

Het Carboon begint in dit gebied met de top van het Lid van Bois de la Rocq (BDR). Het Lid van Bois de la Rocq (Tournaisiaan, Onder-Hastariaan) heeft echter zeer weinig ontsluitingen in dit gebied. Het Tournaisiaan eindigt in dit gebied met het Lid van Cognebeau (Tournaisiaan, Ivoriaan).

De algemene beschrijving van de verschillende leden op deze kaart is dezelfde als in de legende bij de geologische kaart 126 E van tabel 2. De ligging van de enige groeve op deze kaart is weergegeven op een deel van de geologische kaart (fig. 27).

### 127 W 48: Carrière (fig. 27)

In deze actueel onder water gelopen groeve zonder specifieke naam gelegen in de Formatie van Ecaussinnes (Lid van Soignies), baatte men, voornamelijk voor de productie van kalk, een crinoïdenkalksteen met het uitzicht van een kleihoudende kalksteen uit. De uitbating van de groeve werd bemoedigd door een waterbron die 30 m<sup>3</sup>/u leverde.

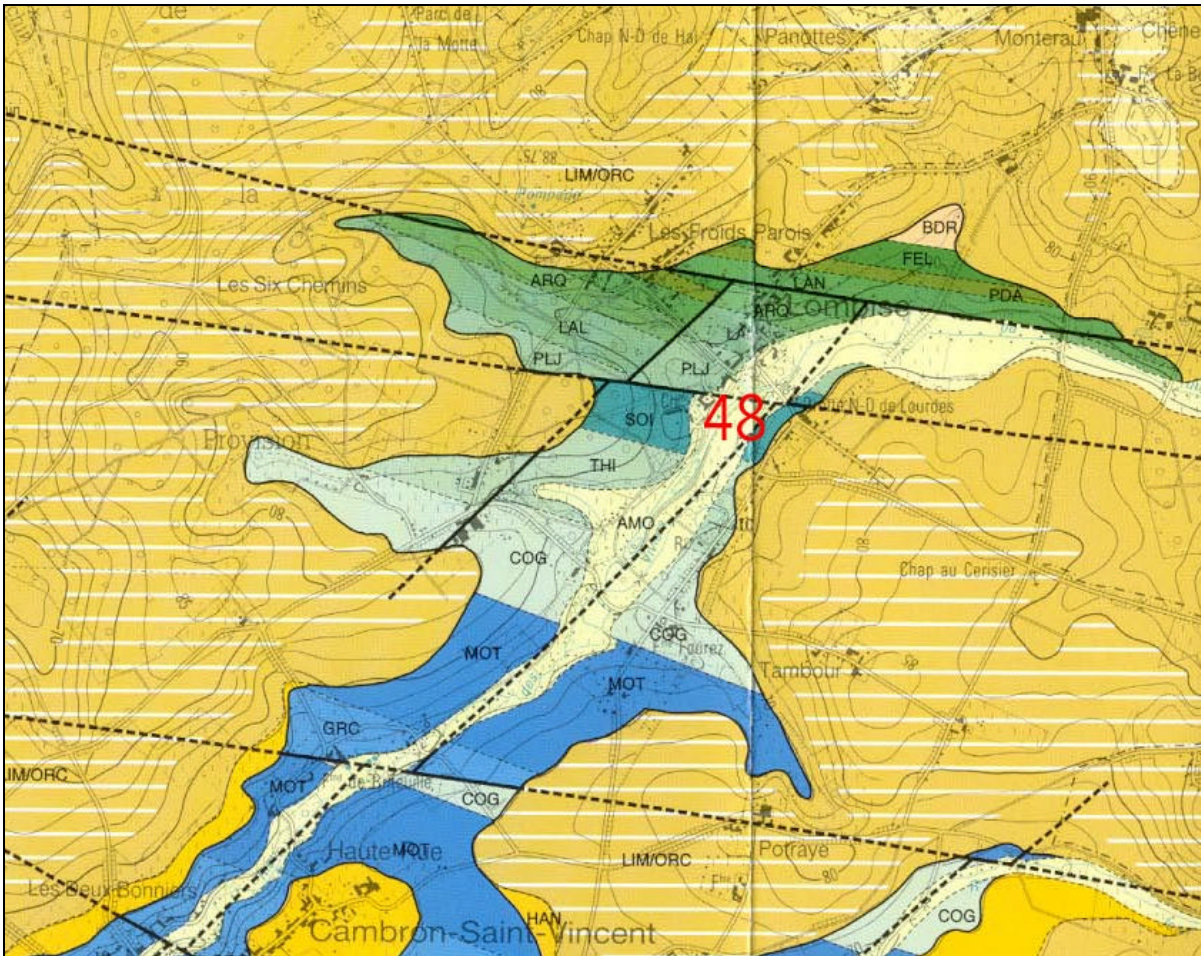


Fig.27: Lokalisatie van de groeve 127 W 48 op kaart 127 W.

## Geologische kaart 127 E (topografische kaart 38/8): Soignies (Zinnik)

In dit gebied bestonden er in 1700 verschillende groeven die de blauwe hardsteen ontgonnen. 1668 is de eerste datum waarvan men zeker is, daar op die datum een eerste contract is opgesteld voor de ontginning van blauwe hardsteen in een groeve van ene Grégoire Wincqz, die toen 40 jaar was (VAN BELLE, 1975).

J. Wincqz, die in 1720 meester van de groeve werd, bezat in 1766 7 groeven en 9 actieve kalkovens, die zichtbaar zijn op Ferrariskaarten en gelokaliseerd waren op de huidige exploitatiesite van de groeven Gauthier en Wincqz. Met de komst van de Franse Revolutie werd de ganse steenindustrie op zijn kop gezet, waardoor verschillende oude klanten verdwenen. Aangezien de groeven de enige vorm van inkomsten waren voor het gebied, was het rond 1800 slecht gesteld met de streek van Soignies. In 1812 stelde de familie Rombaux toch 42 mensen tewerk, de "Erfgenamen Botman" 10 en Grégoire Wincqz minstens 20. In totaal stelden de 6 groeven uit de omgeving van Zinnik ongeveer 100 mensen tewerk. Dit aantal bedroeg in 1846 al 659. Dit succes is op verschillende manieren te verklaren. De economie draaide goed, er heerste al 15 jaar vrede, de techniek maakte vorderingen, na de Revolutie heerste er een politiek die de onafhankelijkheid van onze landen verzekerde,...

Met de dood van Grégoire Wincqz (69 jaar) in 1852, erfde zijn zoon Pierre-Joseph (41 jaar) een domein van 45 ha, zonder rekening te houden met de 11 ha die afkomstig waren van zijn moeder. Het is door hun inzet dat de groeven "l'Ancien Monde" te Soignies ontstaan. Tot de "Ancien Monde" behoorden de families Pater, Depret, Rombaux, Joquet en Duriaux. Door de komst van de spoorweg Brussel-Bergen (1841), die langs Zinnik passeerde en doorliep naar Frankrijk, ontstond er de kans om vlug materialen te leveren.

Grégoire en Pierre-Joseph hadden altijd veel belang gehecht aan modernisering en structurering. In 1850 bezat de groeve Wincqz als eerste een stoommachine. Op de universele expositie van 1855 in Paris stelt de "Grande Carrière" van Pierre-Joseph Wincqz een monoliet tentoon die 8 m hoog, 2,53 m lang en 18 cm breed is. Dit zorgde voor groot aanzien op de internationale markt in die tijd. Terzelfdertijd hield Pierre-Joseph Wincqz zich bezig met politiek en werd hij in 1852 burgemeester van Zinnik. Vanaf dit moment, tot aan zijn dood in 1877, stond hij aan het hoofd van de gemeente en zorgde hij voor de bouw van een nieuw gemeentehuis en een grote school. Hij zal altijd van grote betekenis voor Zinnik zijn en straten worden naar hem vernoemd. Kort na zijn dood zijn er in de groeven van Zinnik 1.895 mensen tewerkgesteld, maar de gouden tijd moet nog komen.

In 1879 wordt de "Nouveau Monde" gecreëerd, waar men de met dikkere steriele grond bedekte kwaliteitsvolle ontginningen pas op het einde van de eeuw startte in nieuwe groeven en met nieuwe technieken. Deze werd sinds 1888 gedomineerd door de NV Carrières du Hainaut. In de "l'Ancien Monde", is het de "S.A. des Carrières et de la Sucrierie P.-J. Wincqz" die ontgon nabij de Senne en Perlonjour.

In 1900 werken er in de groeven het maximum aantal van 2.709 werknemers. Met de komst van W.O.I begint het tij te keren. Het aantal werknemers daalt continu en verschillende groeven moeten sluiten. Met de komst van de W.O.II treedt hetzelfde scenario op. Tevens neemt het belang van de machines toe, zodat het aantal werknemers in de twee grote groeven van Soignies tot een 400 tal mensen wordt herleid.

Met de tijd kende de Carrières Wincqz belangrijke mutaties. Ze ging een associatie aan met de Carrières Gauthier en zorgde voor het verdwijnen van alle andere groeven van de "Ancien Monde" en van Perlonjour. De extractiezone werd eerst progressief verplaatst naar het zuiden, de Senne volgend, en daarna naar het oosten.

Het Carboon (Tournaisiaan) begint in dit gebied met de top van het Lid van Bois de la Rocq (BDR), Onder-Hastariaan, dat hier zeer weinig ontsloten is, en eindigt met het Lid van Cognebeau (Ivoriaan). De beschrijving van de verschillende leden op deze kaart is dezelfde als in de legende bij de geologische kaart 126 E van tabel 2.

De blauwe hardsteen van Ecaussinnes-Soignies wordt beschouwd als referentiemateriaal voor alle gesteenten die de naam blauwe hardsteen krijgen. Deze Crinoïdenkalksteen (Encriniet) van Ecaussinnes werd ontgonnen van Aat tot Arquennes, waarvan actueel nog enkele groeven, gesitueerd in Ecaussinnes en Soignies, overblijven.

De geologische en chemische studie van blauwe hardsteen uit de streek rond Zinnik was het onderwerp van de Doctoraatsthesis van R. LEGRAND in 1946 (zie hoofdstuk 4).

Zinnik bevindt zich praktisch in het centrum van de ontsluitingen langs de as Maffle-Feluy-Arquennes aan de rand van het Synclitorium van Namen. We vinden hier een reeks regelmatige monoclinales met een strekking van N 100-110° E en een helling van 10-12° S. Dit platform wordt beïnvloed door 4 breukfamilies.

- dextrale shearbreuken met richting E-W;
- dextrale breuken met als richting N 120-130° E;
- dextrale breuken met als richting N 40° E en N 60° E;
- normale en inverse Tertiaire breuken met een richting van N 60° E.

Deze laatste familie breuken kan invloed hebben op de structuur van de shearbreuken met als richting N 60° E en



zorgt voor een verbrokkeling van het platform en van de horsten en graben. Na elke verschuivingsfase werd het oppervlak terug geërodeerd.

Tot in 1875, waren de meesters van de groeven praktisch onwetend over de geologie van de blauwe hardsteen. Sinds eeuwen waren zij blij wanneer er een ontsluiting gevonden werd (meestal op de bodem van de verschillende valleien zoals de Zenne, de Sennette, de Samme en de Dender) en ontgonnen zij de banken zolang dit mogelijk was. Door de erosie van beken en rivieren zijn de bovenste lagen, tot en met de Ieperiaanklei, plaatselijk verdwenen. Hierdoor kwam de onderliggende kalksteen aan de oppervlakte. Het is juist daar dat de eerste groeven zijn ontstaan. Waar de oorspronkelijke dikte van de klei is behouden, vinden we de kalksteen op ongeveer 10 m diepte of dieper.

Door de ontdekkingen van de moderne geologie op het einde van de 19<sup>de</sup> eeuw, kon men starten met het meten van de reserves aan blauwe hardsteen (BAVAY, 1994). Hieruit bleek dat alle ontsluitingen deel uitmaakten van éénzelfde geologische structuur. Verder bleek dat de banken een 40 tal m dik waren en ongeveer 12° naar het zuiden hielden. Men leerde nu ook de eigenschappen van hun materiaal kennen, waardoor ze in staat waren om elke bank een andere naam te geven en elke bank te herkennen op basis van haar kwaliteiten en gebreken.

Op fig. 28 tot 30 wordt de ontsluiting van de kalksteen in de omgeving van Zinnik weergegeven, samen met de belangrijkste groeven.

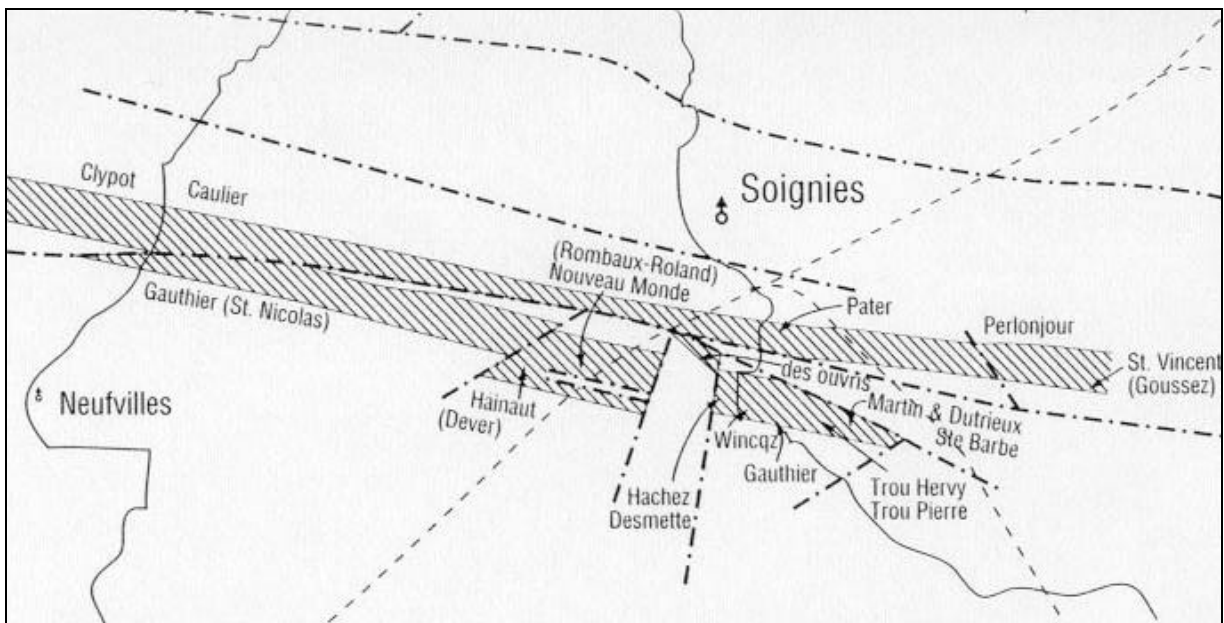


Fig. 28: Kalksteen in Soignies (BAVAY, 1994).

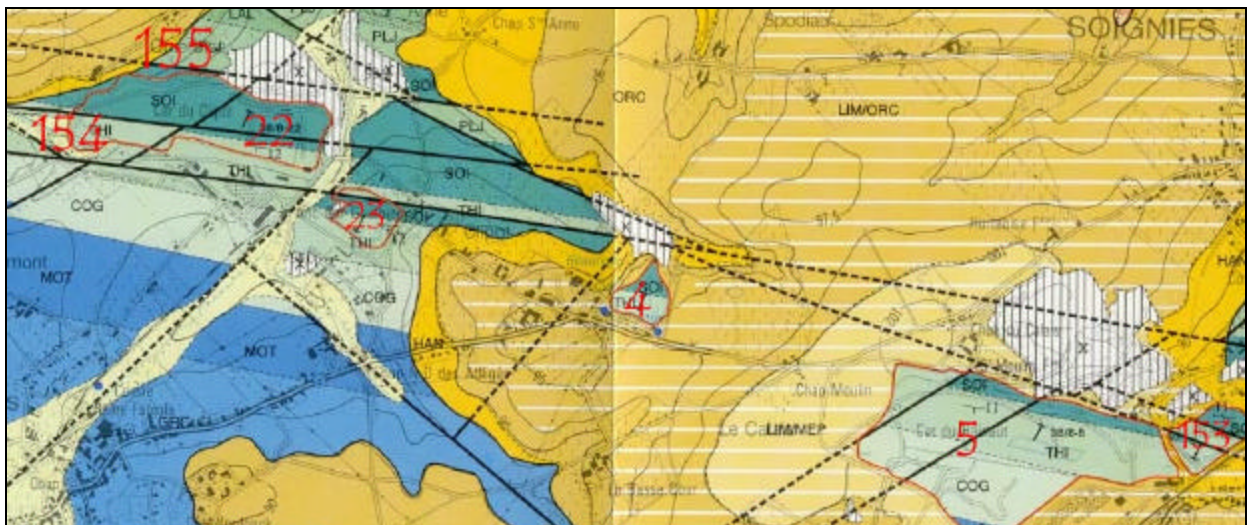


Fig. 29: Lokalisatie van de groeven op kaart 127 E.



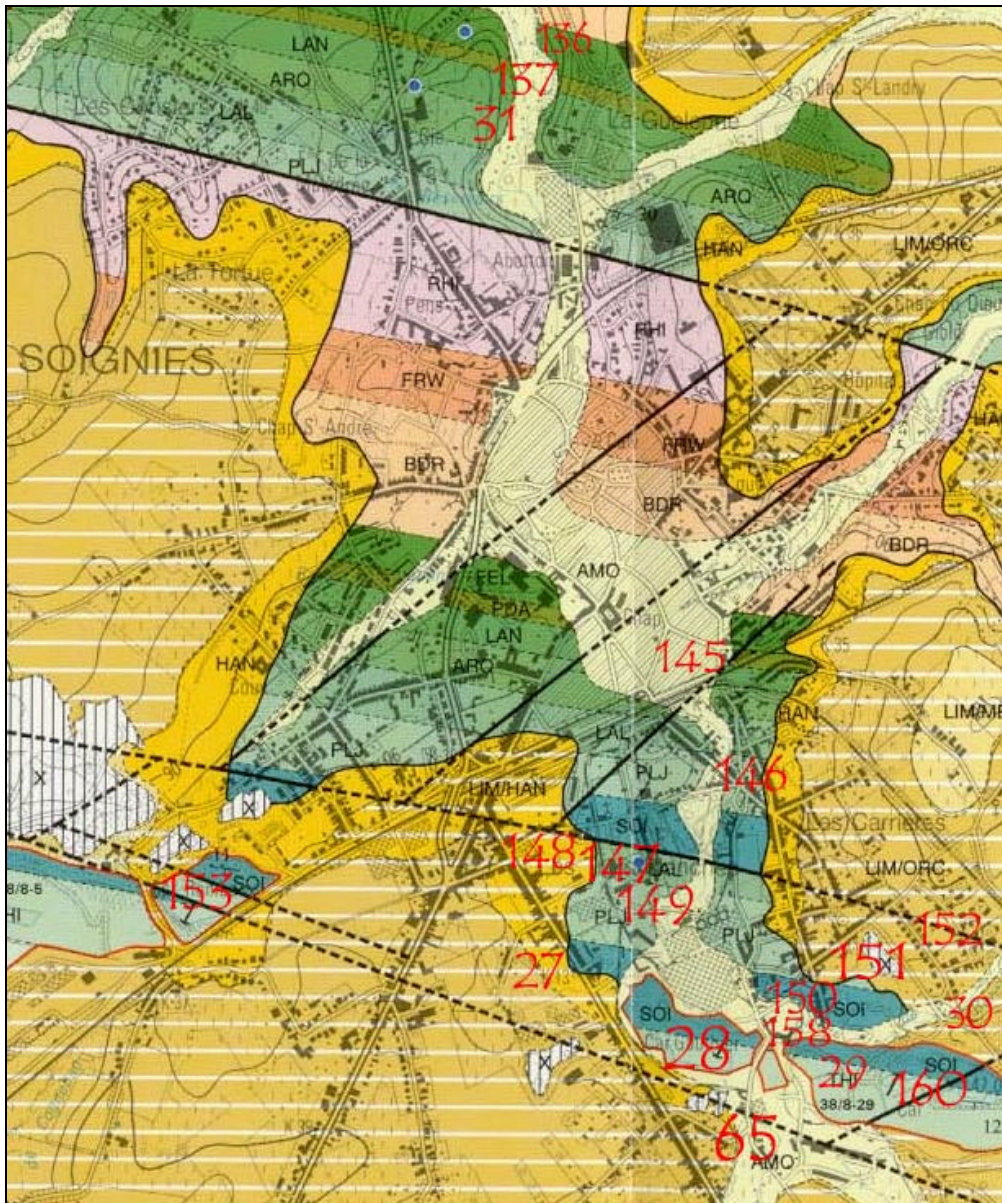


Fig. 30: Lokalisatie van de groeven op kaart 127 E.

#### **127 E 4: Carrières Caulier (fig. 29)**

Men vindt hier van boven naar onder een opeenvolging van 3 m Quartair, 5 m Ieperiaan, 0,5 m Landeniaan, Wealdiaan, 4 m Tn3c (Boven-Tournaisiaan) en daaronder 34 m Tn3b (Boven-Tournaisiaan). De lagen van het Paleozoïcum hebben een strekking van N 80° W en een helling van 12° S. Deze groeve wordt niet meer uitgebaat en dient nu als reservoir voor de Société Wallonne des Eaux.

#### **127 E 5: Carrières du Hainaut (fig. 29)**



CARRIÈRES DU HAINAUT

De groeve wordt uitgebaat door de N.V. Carrières du Hainaut, gesticht in 1888, en door Gralex. De N.V. Carrières du Hainaut is zeer vlug geëvolueerd en bezat vlug 800 werknemers. Heden maakt zij deel uit van de Etex-groep, een reus in de sector. Zij stelt meer dan 400 mensen tewerk en heeft een omzet van nagenoeg 2 miljard frank. De groeve is één van de belangrijkste uitbatingsplaatsen in Europa. De firma haalt jaarlijks ongeveer 150.000 m<sup>3</sup> steen uit de groeve en verkoopt zijn blauwe hardsteen onder de naam "BLAUWE STEEN VAN HENEGOUWEN".

Oorspronkelijk bezat de firma 55 ha in Soignies, maar dit is ondertussen al tot 180 ha gestegen. De kalksteensokkel vertoont er een bijna horizontaal oppervlak ontstaan door de mariene transgressie op het einde van het Landeniaan. De lagen van de petit granit rusten er op de "cliquantes". De ontginning gebeurt in open lucht; de banken hebben een strekking van ongeveer N100°-105°E en een helling van 12°S.

In de groeve komt er een schuifbreuk, de "Grande Coupe", voor met strekking N 60° E, waardoor de lagen, subvertikaal, in twee gelijke delen worden opgesplitst, met het westelijke deel 4 m lager dan het oostelijke. De



groeve wordt in het oosten begrensd door een breukensysteem en in het westen door de ‘Rechute’ en de ‘Rechute bis’, waarlangs de verschuivingen subvertikaal gebeurden. Deze breuken (zie hoofdstuk 6) liggen ongeveer parallel aan de ‘Grande Coupe’ en de verschuivingen van de blokken gaan van enkele meters tot tientallen meters.

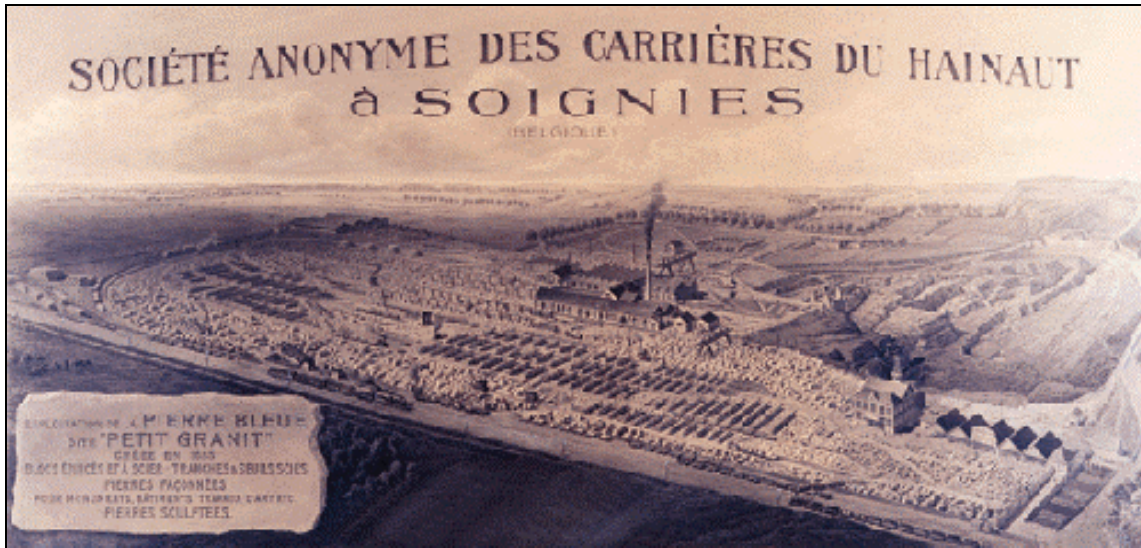


Foto 27: Luchtfoto van de Carrières du Hainaut in 1905.

De totale ontginbare dikte aan één stuk bedraagt ongeveer 32 m. De ontginning wordt ingedeeld in 4 ontginningszones en bestaat uit 27 banken (in acht nemend dat de bank ‘Nonante’ en de bank ‘Mauvais quarante’ vaak vergroeid zijn, dat de bank ‘Dure croûte’ samengesteld is uit de Dure croûte en de Mince de la dure croûte en dat de bank ‘Cul de poupli’ samengesteld is uit de Cul de poupli en de Mince du cul de poupli) die petrografisch en technisch vrijwel gelijkaardig zijn. De verschillende banken hebben elk hun eigen naam en hun dikte varieert van 0,4 m tot bijna 3 m. Geen enkele bank van de ontgonnen reeks wordt uitgesloten. Het niveau, genaamd ‘Délit à la terre bleu’, een kleilaag met een dikte van 2 tot 5 cm, is regionaal een stratigrafisch merkteken in het midden van de blauwe hardsteen van het bekken van de Henegouwse steengroeven. Dit niveau, verwant met een klassieke regionale stratigrafische voeg, zorgt ervoor dat de extractie van de blokken gemakkelijker verloopt.



Foto 28: Luchtfoto van de hedendaagse site van de Carrières du Hainaut.

Het materiaal gelegen boven de blauwe hardsteen (râches) wordt door de firma Gralex als steenslag verwerkt. Deze kalksteen behoort tot de Formatie van Malon-Fontaine, uit het Boven-Tournaisiaan, en begint bij de “délit à la terre bleue”, een regionale stratigrafische grens.

De opeenvolging van de ontgonnen lagen blauwe hardsteen wordt weergegeven in tabel 3, op de schematische doorsnede in fig. 31 en op de stratigrafische kolom in fig. 32.

Zone	Dikte in m	laag	Dikte in m	Beschrijving
		Râches		
1	3,70	Le Mauvais 70	0,70	
		Le dur 50/ le banc de 50	0,50	
		Bon	0,70	Encriniet met bryozoa, echinodermata, brachiopoden en koralen. Het is een packestone. Deze laag is van uitstekende kwaliteit en bevat 98,5 % CaCO <sub>3</sub>
		Le noir 90	0,90	
		Mauvais 40	0,40	
		Délit à la terre bleue	0,50	
2	5,20	Dure croûte	1	Encriniet met bryozoa, echinodermata, brachiopoden, koralen. Het is een packestone en bevat 1 tot 2 % dolomiet. Deze laag is van slechte kwaliteit, die vooral te wijten is aan de aanwezigheid van silicium.
		Mince de 40	0,40	
		1 m 20	1,20	Encriniet met brachiopoden, fenestelles, koralen. Het is een compacte packestone of biomicriet met een micritische matrix.
		1 m 40	1,40	
		Pas de loup	1,20	De kalksteen is van excellente kwaliteit, maar door de aanwezigheid van Asteractinelle, stijgt het risico op fouten.
3	17,10	Litée à dalles	1,70	
		Bon 2 m	2,00	Encriniet met brachiopoden, fenestelles, koralen. Het is een packestone of biomicriet met een sparitische matrix. Deze bank is minder goed dan dat de naam insinueert.
		Mètre à épincer	1,00	
		Mauvais 2 m	2,00	Encriniet met brachiopoden, fenestelles, koralen. Het is een compacte packestone of biomicriet met een micritische matrix. Deze bank is van een goede kwaliteit, ondanks zijn naam.
		3 m 10	3,10	Encriniet met bryozoa, echinodermata, brachiopoden, koralen. Het is een packestone tot grainstone. Deze bank is van uitstekende kwaliteit en laat de extractie toe van blokken van 15 m <sup>3</sup> .
		1 m 70	1,70	
		Cul de Poupli	2,00	
		Mince de cul de poupli	0,30	
		1ste Crasse	0,90	
		2de Crasse	0,80	
		Braye	0,80	Een laag van mindere kwaliteit
		Belle Litée	0,70	Deze laag heeft een uitstekende kwaliteit en is rijk aan magnesium.
4	4,60	2de Belle	0,60	Encriniet met bryozoa, echinodermata, brachiopoden, koralen. Het is een packestone, met 10 % dolomiet. Deze laag is van uitstekende kwaliteit en is rijk aan magnesium.
		Grosse fine	2,00	Deze laag is rijk aan magnesium.
		Blanche tache	0,80	Deze kalksteen bevat veel geodes.
		Noir	0,80	
		Croya	0,40	

Tabel 3: De opeenvolging van de lagen in Carrières du Hainaut.

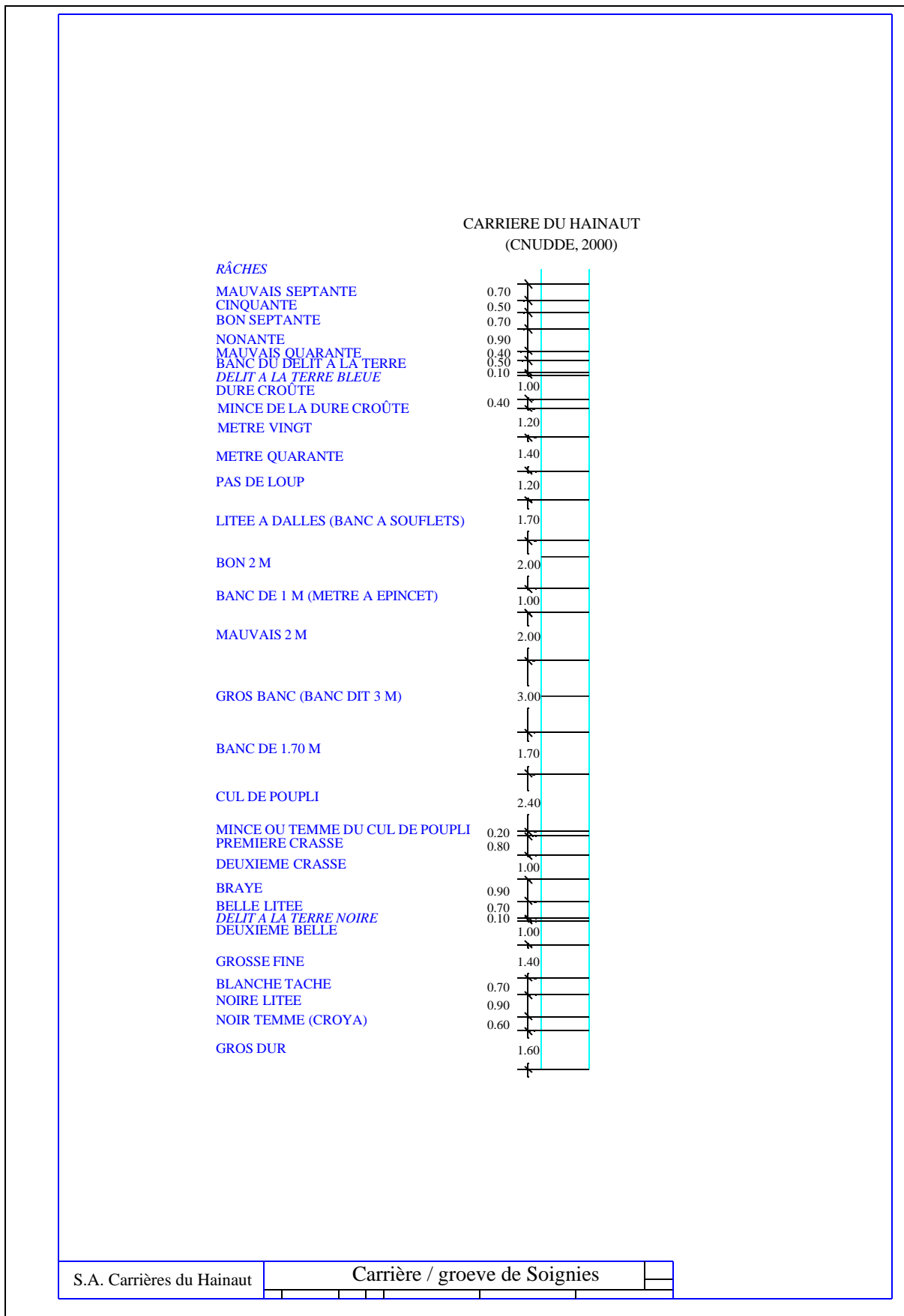


Fig. 31: Schematische doorsnede van de lagen in de Carrière du Hainaut.







**Foto 29: Situatie van de groeve op 25.8.2000 (foto's V. CNUDE).**

De groeve is nu 140 m diep (foto 29). In en rond de groeve zijn kernboringen uitgevoerd, waarbij heel veel boorkernen werden genomen, en werden geofysische profielen gemaakt om een idee van het verdere verloop van de lagen te kennen. Wij zullen hier ook resistiviteitsmetingen uitvoeren (zie hoofdstuk 6).

De blauwe steen wordt als een edel bouw materiaal bij uitstek gebruikt voor nagenoeg alle grote architecturale projecten uit het Belgisch patrimonium (foto's 30 en 31). Vanaf het begin van de 20de eeuw levert de N.V. Carrières du Hainaut courant buiten onze landsgrenzen: in Frankrijk, Italië, Nederland, Duitsland, Denemarken, Zweden, Rusland, Marokko, Brazilië, Nederlands Indië, Argentinië en Zuid-Afrika..



**Foto 30: Halve eeuwfeest Paleis.**



**Foto 31: De Brusselse Grote Markt.**

### 127 E 22: Carrières du Clypot (fig. 29)



De N.V. CLypot ontgint in Neufvilles (Soignies) blauwe hardsteen, die zij verhandelt onder de naam "BELGISCHE BLAUWE STEEN".

De ontginning gebeurt in open lucht; de banken hebben een strekking van ongeveer N100°-105°E en een helling van 12°S. De totale ontginbare dikte aan één stuk bedraagt ongeveer 30 m, waarvan 26,5 m uitgebaat als bouwsteen.

De lagen zijn verdeeld in 8 uitbatingszones met van onder naar boven: cliquantes, buffet de la grosse fine, buffet de crasse, buffet de trois mètres dix, buffet du bon deux mètres, buffet pas de loup, buffet de la dure croute en buffet de bon. De lagen zijn opgebouwd uit 30 banken, rekening houdend met het feit dat de exploitatie van de bouwsteen begint met de "Dur 0,50 du buffet de bon" en eindigt met de "Croya" (boven de "Cliquantes"), dat de "mauvais 0,70" en een bank van 0,40 m in de "buffet de bon" en de bovenste bank van de "buffet de la dure croute" niet gebruikt worden als bouwsteen en rekening houdend met de mogelijke onderverdeling van bepaalde banken, 3 banken voor de "Bon deux mètres" en 6 banken voor de "buffet de trois mètres dix", die quasi vergelijkbaar zijn op petrografisch en technisch vlak. De verschillende banken dragen elk een speciale naam en hun dikte varieert tussen de 0,4 m en de 3 m. Het niveau, genaamd "Délit à la terre bleu", een kleilaag met een dikte van 2 tot 5 cm, is regionaal een stratigrafisch merkteken in het midden van de blauwe hardsteen van het bekken van de Henegouwse steengroeven. Dit niveau, dat verwant met een klassieke regionale stratigrafische voeg, en zorgt ervoor dat de extractie van de blokken gemakkelijker verloopt. In de groeve loopt er een breuk met richting N 98° E, die voor een verticale verplaatsing zorgt van maximum 35 tot 50 cm door de lagen heen. De richtingen van de gemeten breuken zijn: N 40-60° E, N 95-105° E, N 124° E, N 140-150° E en N 165° E.

Men vindt er verder naar het oosten meerdere meters zwartblauwe kalksteen met lagen kalkschist behorend tot het Tn3c. De diaklazen, die N 80° E georiënteerd zijn, worden vaak opgevuld met calciet met een beetje fluoriet erin. De diaklazen die N 80° W georiënteerd zijn, bevatten soms pyriet.






De blauwe steengroeven van Clypot die tien jaar later werden opgericht dan de Carrières du Hainaut, hebben een ietwat complexer verleden: midden de jaren 1970 werden ze overgenomen door de N.V. Compagnie des Ciments Belges; de houwsteenactiviteit werd heraangekocht door privé-aandeelhouders, terwijl de ontginning nog steeds eigendom is van de CCB, maar met een contract van lange termijn, dat instaat voor de blokken-voorraad van de verwerkingsactiviteit van de N.V. Clypot, en dat in 2019 vervalt doch daarna hernieuwbaar is. De NV Clypot realiseerde in 1999 een zakencijfer van 552 miljoen frank, dat is een groei van 10% tegenover 1998, met een tewerkstelling van 160 personen. Aan de samenwerking tussen de vennootschappen Clypot en Gauthier-Wincqz werd op 31 oktober 2000 een vaste vorm gegeven door de oprichting van een nieuwe N.V. "La pierre bleue belge", met de commanditaire vennootschap op aandelen Covisse, Marbres et Pierres, de holding van de familie Abraham, als aandeelhouder. Het is aan "La pierre bleue belge" dat de aandeelhouders van Clypot het volledig kapitaal van hun vennootschap hebben verkocht, een zaak die werd afgesloten op de symbolische datum van 8 november 2000, feestdag van de Vier Gekroonden. De verrichting uitgevoerd met steun van de BBL, Dexia en Fortis Bank, heeft dus een nieuwe financiële structuur gevormd waarvan de zetel is gevestigd bij de groeven Gauthier en Wincqz met een kapitaal van 400 miljoen frank. Het is de bedoeling dat de gewestelijke investeringsmaatschappij van Wallonië voor een 100 miljoen frank zal tussenkomen bij een volgende kapitaalsverhoging. Voorzitter van de Raad van Bestuur van "La pierre bleue belge" is de heer J.-Fr. Abraham, terwijl mevrouw O. Abraham en de heer B.Roberti respectievelijk afgevaardigde bestuurders zijn van Gauthier-Wincqz en Clypot. De productiemiddelen en specifieke kennis van deze 2 firma's zullen dus samengevoegd worden, net als hun handelsnetwerken. De commerciële diensten zijn al sinds begin januari 2001 gegroepeerd.









Foto 32: Luchtfoto van de groeve Clypot.



De opeenvolging van de ontgonnen lagen blauwe hardsteen wordt weergegeven in tabel 4 en op de schematische doorsnede in fig. 32.

Foto van de laag	Dikte in m	Naam van de laag	Beschrijving	Opmerkingen
	0,30			
	0,45			
	1,05			
	0,80			
	0,70	Buffet de bon 70: Mauvais 0,70	Bevat veel stylolieten	Wordt verbrijzeld.
	0,50	Buffet de bon 70: Dur 0,50		Gebruikt men voor borduren en dallen.
	0,80	Buffet de bon 70: Bon 0,70		
	0,40	Buffet de bon 70: Bon 0,55		Wordt verbrijzeld.
	0,55	Buffet de bon 70: Mauvais		
	0,45	Buffet de bon 70		
	0,55	Buffet de bon 70		
	0,05	Délit à la terre	Zwart van kleur	
	1,40	Buffet de la dure crôte:	De fossielen springen eruit, bij blootstelling aan de buitenlucht. Tevens bevat deze laag veel stylolieten.	Deze laag, die geen echte naam draagt, wordt niet geëxploiteerd als Petit Granit. Men gebruikt ze als bouwsteen voor in de groeve zelf
	1,10	Buffet de la dure crôte: Dure croûte	Dit is de echte dure crôte	Deze laag wordt ontgonnen
	0,90	Buffet pas de loup: Dessus de pas de loup		
	0,40	Buffet pas de loup: dessus de pas de loup		Dit is een minder goed deel, dat soms naar de steenslagbreker gaat en soms wordt gezaagd.
	1,15	Buffet pas de loup: Pas de loup	Calcietgeodes aanwezig	Zeer goede kwaliteit.
	1,00	Buffet pas de loup: Littée à dalles	Veel stylolieten	Vroeger gebruikte men hier zwart poeder, aangezien de kwaliteit van deze laag minder was, waardoor bij beschadiging van deze laag, de schade beperkter zou zijn

	0,60	Buffet du bon deux mètre ; Bon temme de la litiée à dalles		De basis is van een betere kwaliteit dan de top
	0,70	Buffet du bon deux mètre:		
	0,70	Buffet du bon deux mètre ; Bon deux mètre		
	0,70	Buffet du bon deux mètre:		
	0,80	Buffet du bon deux mètre ; Bon deux mètre	Meer gespleten laag	
	1,00	Buffet de 3,10 m: Mauvais deux mètre		
	1,00	Buffet de 3,10 m: Mauvais deux mètre		
	0,80	Buffet de 3,10 m: 3,1 m		
	0,50	Buffet de 3,10 m: trois mètre dix		
	1,60	Buffet de 3,10 m: trois mètre dix		
	0,90	Buffet de 3,10 m: 3,1 m		
	0,90	Buffet de crasse:		
	1,70	Buffet de crasse: Cul de pouplie		
	1,00	Buffet de crasse: Première crasse		
	0,95	Buffet de crasse: Deuxième crasse		
	0,80	Buffet de crasse: Braye		
	0,70	Buffet de crasse: Première belle		
	1,10	Buffet de la grosse fine: Deuxième belle		
	1,30	Buffet de la grosse fine: Grosse fine		
	1,30	Buffet de la grosse fine: Blanche tache	Bevat soms veel calcië	
	0,25	Croya		
	0,40	Mauvais		Deze laag en de daaronder liggende lagen, worden voorlopig niet uitgebaat, daar ze moeilijk uit te baten zijn , en ze niet dezelfde korrel bezitten als de lagen erboven.
	1,30	Mauvais		
	0,40	Mauvais		
	0,20	Mauvais		
	0,60	Mauvais		
	0,65	Mauvais		
	1,50	Clibas		
	1,50	Clibas		

Tabel 4 : De opeenvolging van de lagen in Clypot.

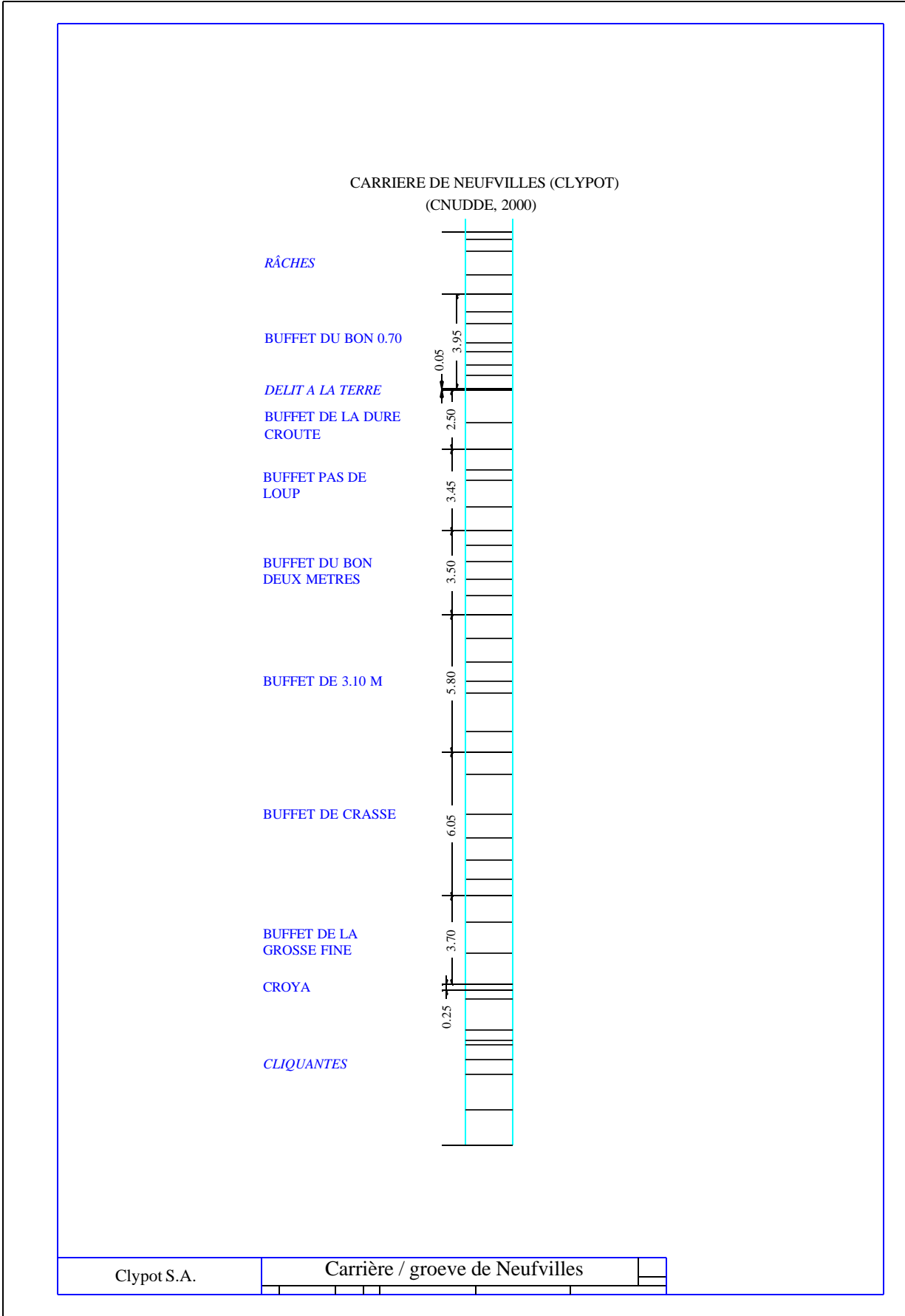


Fig. 32 : Schematische voorstelling van de lagen uit de groeve Clypot.



Foto 33: Overzicht van de groeve Clypot (foto V. CNUDDÉ).

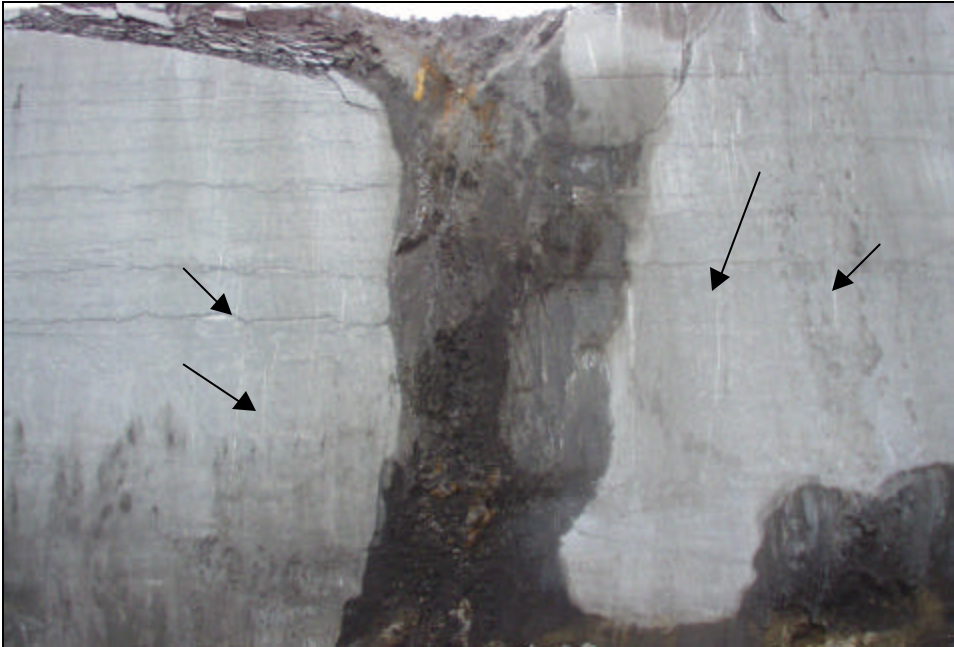


Foto 34: Witte aders te wijten aan druk (foto V. CNUDDÉ).



Foto 35: Deze hydraulische machine splijt de blokken in de groeve Clypot (foto V. CNUDDÉ).





Foto 36: In de groeve zijn er vaak grote oplossingsholten aanwezig (foto V. CNUUDE).

**127 E 23: Carrière Gauthier, Carrières St-Nicolas (fig. 29)**

De groeve baat blauwe hardsteen uit van het Tn3b. De groeve bevat verschillende diaklazen.

De diaklazen die N 80° E zijn georiënteerd, bevatten vaak een beetje calciet en fluoriet, terwijl de diaklazen die N 80° W georiënteerd zijn, vaak pyriet bevatten. De lagen hellen 13° S en hebben een strekking van N 80° W. CAMERMAN (1947) meldt dat de groeve niet meer uitgebaat wordt.

Coupe van de Carrière Gauthier naar de BGD (1947).

DIKTE IN METER	NAAM VAN DE LAAG	BESCHRIJVING
1,00	Quartaire eolisch alluvium	
0,25		
1,50		Bruin rode silt
0,50		Gele silt
0,25		Kleihoudende, grijze silt, keien die aan hun oppervlak gecachaloniseerd en geëoliseerd zijn.
3,00	Ieperiaan Y1a	Grijs gele klei, afgewisseld met kleihoudend zand. Aan de basis bollen van zwarte chert, die talrijk zijn in de scheuren van de kalksteen

Tabel 5: Opeenvolging van de lagen in de groeve Gauthier.

**127 E 27: Carrières Hachez (fig. 30)**

Deze groeve wordt niet meer uitgebaat. Onder 5 tot 6 m klei- en silthoudend zand van het Quartair, vindt men onder meer een gele klei (Y1a). De kalksteenlagen hebben een strekking van N 80° W en hellen 10° S. Men vond in deze groeve de blauwe hardsteen onder 30 m "Râches. Van boven naar onder heeft men er 6 m V1a, 24 m Tn3c en 2 m Tn3b.

**127 E 28: Grand Trou Wincqz, Trou Madame (fig. 30)**

De oude groeve Wincqz is in het bezit geweest van de S.A. Immobilière et Carrières Covisse en van de S.A. Carrières Gauthier et Wincqz (CAMERMAN, 1947). Deze groeve is in feite het resultaat van het samensmelten van verschillende exploitaties, waaronder trou Madame, trou Hachez en trou des Juifs. De lagen hebben een strekking van N 88° W en hellen ongeveer 10° S. De geëxploiteerde lagen waren van een zeer goede kwaliteit, maar de exploitatie is in het zuiden gestopt, waar de lagen slecht werden.

**127 E 29: Carrière Gauthier, Siège Bultet (fig. 30)**

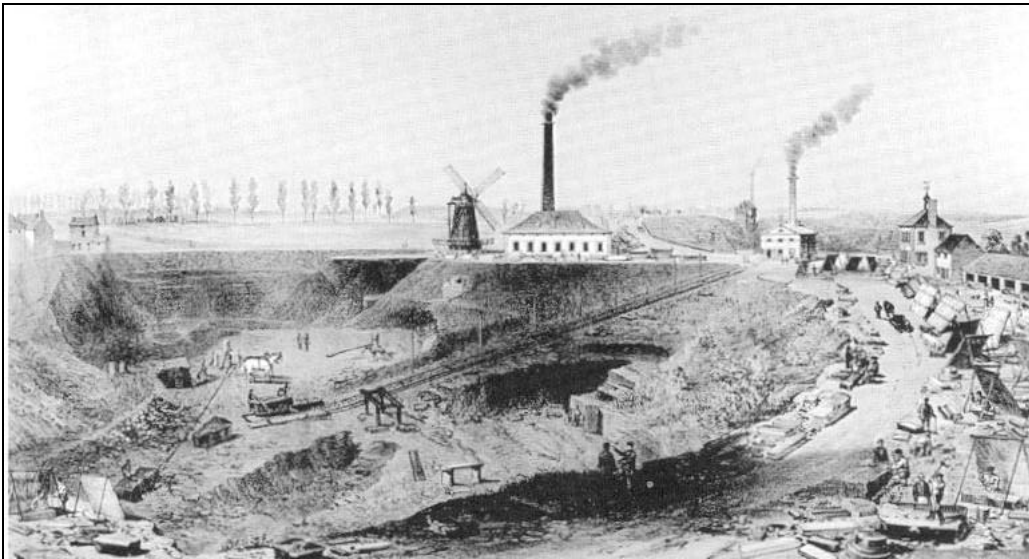
De groeve bevat een blauwe tot zwarte crinoïdenkalksteen in banken met een normale dikte. In de laag Tn3c vindt men ook pyriet terug. Het Tn3b is zeer rijk is aan crinoïden. Het oostelijke deel van de groeve bevat veel breuken. De lagen hebben een W-E strekking en hellen 10° S. Deze groeve was het bezit van de S.A. Carrières Gauthier et Wincqz (CAMERMAN, 1947).

### **127 E 30: Carrière Ste-Barbe, carrière Dutrieux (fig. 30)**

De groeve wordt niet meer uitgebaat. Men was de exploitatie in het noorden begonnen en was van plan deze voort te zetten naar het zuiden, maar zonder succes. Het zuidelijke deel bevat kalksteen met blauwe kalkschalies. De bovenste lagen zijn rijk aan *Canicia cylindrica* (Tn3c). In het centrum van de groeve vindt men de crinoidenkalksteen (Tn3b). De helling van de lagen in het westelijke deel van de groeve bedraagt 6° S, in het noordelijke tot noordoostelijke deel 5° N.

### **127 E 65: Trou Gauthier et Bultet (fig. 30)**

De groeve is eigendom van de S.A. Carrières Gauthier et Wincqz en draagt meer naar het zuiden de naam Trou Vincent. In haar huidige vorm opgericht in 1935 uit de fusie van de "Steengroeven Wincqz" en de "Steengroeven Gauthier". Jaarlijks baten de Steengroeven Gauthier & Wincqz ongeveer 8.000 tot 10.000 m<sup>3</sup> blokken uit die in platen worden gezaagd. Deze worden verkocht aan Belgische steenhouwers en marmerbewerkers alsook aan buitenlandse beroepsmensen of zij worden bewerkt in de werkplaatsen van de steengroeve. De ontginbare lagen van de Steengroeven Gauthier en Wincqz hebben een dikte van ongeveer 30 m en zijn bedekt met niet bruikbare kalksteenlagen, welke worden verwijderd en verwerkt tot breuksteen en steenslag (jaarlijks 150.000 ton). Deze nevenproducten zijn hoofdzakelijk bestemd voor waterbouwwerken (oeververdediging en maritieme werken).



**Fig. 33 : Tekening uit 1852 van de groeve Trou Gauthier et Bultet (Carnet du Patrimoine 3).**

Vandaag stelt de N.V. Carrières Gauthier et Wincqz een honderdtal personen tewerk. In 1999 bedroeg haar omzet iets meer dan 332 miljoen frank, hetzij een toename met 18% vergeleken met het jaar voordien, met een exportaandeel van bijna 30%, een record in de siersteensector. De vennootschap ontgint in Zinnik blauwe hardsteen die zij verkoopt onder de naam "BELGISCHE BLAUWE STEEN". De ontginning gebeurt in open lucht; de banken hebben een strekking van ongeveer N100°-105°E en een helling van 12°S.

De totale ontginbare dikte aan één stuk bedraagt ongeveer 32 m, waarvan 30,5 m uitgebaat als bouwsteen. De lagen zijn opgebouwd uit 32 banken, genummerd van A tot Z en van Z1 tot Z6, rekening houdend met het feit dat de exploitatie van de bouwsteen begint met de bank "Quatre-vingt" van de "minces" en eindigt met de bank "Croya" (onderaan, boven de Cliquantes) en dat de banken "Mauvais mètre" en "Mauvais quarante cinq" niet worden meegerekend. De verschillende banken dragen elk een speciale naam en hun dikte varieert tussen de 0,3 m en de 3 m. Het niveau, genaamd "Délit à la terre bleu", een kleilaag met een dikte van 2 tot 5 cm, is regionaal een stratigrafisch merkteken in het midden van de blauwe hardsteen van het bekken van de Henegouwse steengroeven. Dit niveau, verwant met een klassieke regionale stratigrafische voeg, zorgt ervoor dat de extractie van de blokken gemakkelijker verloopt.


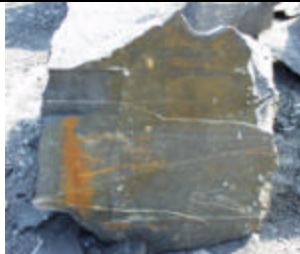
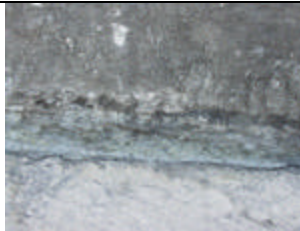
Op basis van de witte aders, die door de groeve lopen, werd de manier van extractie bepaald. In de groeve zijn er enkele opvallende zaken aanwezig. Zo zien we zeer duidelijk het bronniveau in de groeve (foto 37). Op de plaats waar het water in contact komt met de lucht krijgen we oxidatie, daar er veel ijzer in het water aanwezig is. In de groeve wordt er 1 miljoen m<sup>3</sup> water opgepompt per jaar.




De opeenvolging van de ontgonnen lagen blauwe hardsteen wordt weergegeven in tabel 6 en op de schematische doorsnede in fig. 34.






Foto 37: Bronniveau in de groeve Gauthier-Wincqz (foto V. CNUDE).

	Dikte in meter	Naam van de laag	Beschrijving	Opmerkingen
		Râches	De top is hier schisteus en vorstgevoelig.	
	50	Mauvaise cinquante	Bevat veel stylolieten	
	80	Quatre-vingt		
	70	Septante		
	50	Cinquante		
	70	Bon septante	Dit is een laag van zeer goede kwaliteit, aangezien er grote afstanden tussen de stylolieten liggen, waardoor het mogelijk is om mooie, grote blokken te produceren	
	90	Nonante		
	45	Mauvais quarante cinq	Bevat veel stylolieten	
	50	Banc du délit à la terre	Dit is een laag van zeer goede kwaliteit, aangezien de stylolieten ver uit elkaar liggen, waardoor het mogelijk is om mooie, grote blokken te produceren	
	10	Délit à la terre		

 <p>In bovenstaande foto krijgen we een voorbeeld van een gesprongen fossiel</p> <p>Bovenste zone van Mauvais mètre</p>	100	Mauvais mètre	Het onderste deel wordt hier soms nog uitgebaat, maar de concentratie aan fouten neemt hier toe met de hoogte, waardoor het bovenste deel van deze bank meestal niet wordt uitgebaat.	 <p>“Kippepoten” in top van deze laag</p> <p>In deze laag springen de fossielen er zo gezegd uit. Dit is dan ook de reden waarom deze laag niet wordt verkocht als goede kwaliteit. In Place Jourdan (zie hoofdstuk verwerking) illustreren we deze laag, in de vorm van tegels.</p>
	50	Mince du mètre		
	110	Mètre dix		
	160	Mètre quarante		
	30	Mince du pas de loup		
	90	Pas de loup		
	160	Litée à dalles		
	70	Mince du deux mètres		
	140	Banc du deux mètres		
	110 100 100	Banc du trois mètres dix		
	150	Mètre cinquante		
	145	Mètre quarante cinq		
	70 100	Mètre septante	Dit is een laag van zeer goede kwaliteit, aangezien de stylolieten ver uit elkaar liggen, waardoor het mogelijk is om mooie, grote blokken te produceren	
	100 130	Cul de poupli	Deze laag geeft ons de indruk van een licht geplooid laag	
	100	Première crasse		
	90	Deuxième crasse		
	100	Braye	Deze laag bevat veel stylolieten en is daarom van een mindere kwaliteit	<p>Detail van het onderste deel van de Braye met veel stylolieten</p> 

	70	Première belle	Dit is een laag van zeer goede kwaliteit, aangezien er grote ruimten tussen de stylolieten optreedt, waardoor het mogelijk is om mooie, grote blokken te produceren	
		Cras délit		Cras is het oude Franse woord voor gras
	70	Deuxième belle		
	205	Grosse fine (veine à scarbote)	In deze laag komen schelpen voor die lijken op escargots; bevat brachiopoden	
	80	Blanche tâche		
	80	Noire		
	50	Croya		

**Tabel 6: De opeenvolging van de lagen en enkele bijzonderheden in de groeve Gauthier-Wincqz.**

Verder kunnen we zeer duidelijk het breukvlak in de groeve waarnemen. Waar er veel krachten hebben opgetreden (foto 38), zien we het ontstaan van witte aders (zoals in de groeve Clypot).



**Foto 38: Witte aders ontstaan door sterke krachten, groeve Gauthier-Wincqz (foto V. CNUDE).**

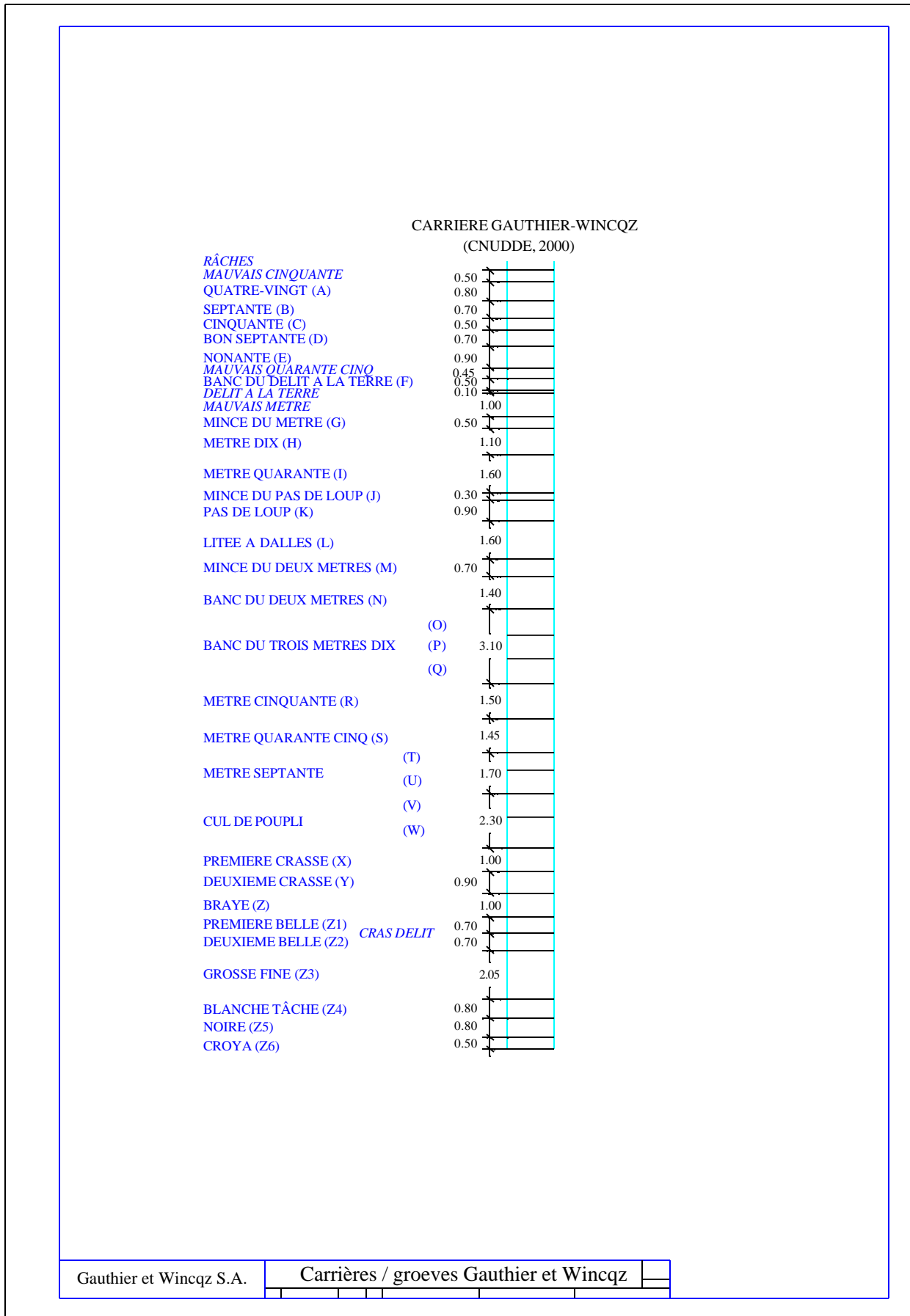


Fig. 34: Coupe van de groeve Gauthier et Wincqz, waarbij de cursief vermelde lagen niet worden ontgonnen.



De breuk die zichtbaar is op foto 39 zorgt voor een verschuiving, waarbij het oostelijke deel 4,8 m is gezakt. De richting van de breuk is hier N 65° E, terwijl de richting van de “limés” eerder E-W is. We merken op dat, meer naar het zuiden, grotere bewegingen hebben plaatsgevonden en de lagen er een grotere helling, tot 45° S, kennen. De breuk van foto 39 wordt doorkruist door een andere, die een hoek van 120° maakt met de eerste.



Foto 39: Het breukvlak in de groeve Gauthier-Wincqz met de verschuiving van de lagen (foto V. CNUDE).



Foto 40: Oplossingsholten in de groeve Gauthier-Wincqz (foto V. CNUDE).

Algemeen heeft men in de groeve Gauthier-Wincqz een rendement van ongeveer 40 tot 45 %. Meer naar het westen bedraagt dit rendement eerder 30 % en naar het oosten daalt dit zelfs tot 10 %, dit door de sterke aanwezigheid van witte aders.

**127 E 136: Carrière (fig.30)**

In een klein afgesloten bosje, in Geréenne, vindt men volgens LEGRAND (1946) 2 oude groeven terug. De noordelijke wand van de noordelijke groeve is 20 m lang en bevat 2 m blauwe, crinoïdenkalksteen, afgewisseld met zwarte chertniveaus. Tevens vindt men er banken blauwe kalkschalies. De lagen behoren tot het Tn3a en het Tn2c. Zij hebben een strekking van N 85° W en hellen 10° S.

**127 E 137: Carrière (fig.30)**

LEGRAND (1946) beschrijft deze groeve als een plaats waar men blokken uit de groeve haalde om bureaus en huizen voor de arbeiders te bouwen. Men ontgon hier een blauwe kalksteen, met zeer veel crinoïden, met hier en daar zwarte chert. De lagen behoren tot de Kalksteen van Yvoir (Tn3a).



### **127 E 145: Carrière (fig. 30)**

Deze groeve was volgens FALY (1876) toen al verlaten. Ze lag naast de spoorweg van toen. De strekking was toen moeilijk te bepalen en de lagen hielden naar het zuiden. De lagen crinoïdenkalksteen, afgewisseld met dunne lagen kalkschalies, uit het Tn2c en Tn2b, waren maar 0,05 tot 0,2 m dik. De kalksteen is er sterk gefossiliseerd, waaronder de Spirifer Mosquensis, S. cuspidatus en de Cyathophyllum mitratum veel voorkomen

### **127 E 146: Carrière Pater (fig. 30)**

De oude groeve bevat een kleihoudende kalksteen, rijk aan fossielen en crinoïden, van het Tn2c.

### **127 E 147: Carrière (fig. 30)**

Hier werd volgens LEGRAND (1946) een blauwe, crinoïdenkalksteen behorend tot de "cliquantes" van het Tn3a uitgebaat.

### **127 E 148: Trou des Ouvris (fig. 30)**

Deze groeve produceerde een blauwe, crinoïdenkalksteen behorend tot de "cliquantes" van het Tn3a, waarbij de banken kalksteen afwisselen met kalkschalies.

### **127 E 149: Trou Damas (fig. 30)**

Deze groeve is, volgens LEGRAND (1946) gevuld met het afgegraven materiaal van de groeve Wincqz. De lagen uit deze groeve bevinden zich onder de cliquantes en behoren tot het Tn2a.

### **127 E 150: Trou Monsieur (fig. 30)**

LEGRAND (1946) merkte op dat de groeve opgevuld was. Het zuidelijke deel van de groeve bevatte bovenaan nog 7 m blauwe hardsteen, met daaronder de banken die men "crasses" noemt, benaming afkomstig van "grasse à travailler". In het noordelijke deel van de groeve exploiteerde men enkel de cliquantes (Tn3a).

### **127 E 151: Carrière (fig. 30)**

Hier deed men volgens LEGRAND een poging tot een exploitatie. Hij zag er in 1946 nog 2 tot 3 m crinoïdenkalksteen met veel fossielen (Productus, Spirifers, Syringothysis,...).

### **127 E 152: Carrière (fig. 30)**

Hier deed men volgens LEGRAND een poging tot een exploitatie. Hij zag er in 1946 nog 2 tot 3 m crinoïdenkalksteen met veel fossielen (Productus, Spirifers, Syringothysis,...).

### **127 E 153: Carrières du Nouveau Monde, carrière Rombaux (fig. 29 en 30)**

Deze verlaten groeve beschreven in tabel 7 was eigendom van de S.A. Rombaux-Roland (CAMERMAN, 1947).

<b>DIKTE VAN DE LAAG IN M</b>	<b>BESCHRIJVING VAN DE LAAG</b>	
1,00	Afval van de groeve	Quartair: eolisch: 3 m oud alluvium: 2,80 m
3,00	Zandhoudende silt tot silthoudend fijn zand	
0,50	Zandhoudende silt tot silthoudend fijn zand met vegetatieve resten	
0,50	Grijs, fijn zand met vegetatieve resten	
0,10	Bruin, fijn zand	
0,20	Fijn zand met een beetje klei	
0,50	Zandhoudende klei	
1,00	Fijn zand, geelachtig, cryoturbaties	
-----	Aan de basis vindt men enkele silixen	
1,10	Zandhoudende klei met limoniethoudende concreties	
0,60	Zandhoudende klei tot fijn zand, kleihoudend, grijsbruin	Ieperiaan Y1a 1,70 m
-----	Gerolde zwarte cherten aan de basis	
0,05	IJzeroxidatie in de kalksteen	

**Tabel 6: De opeenvolging van de lagen en enkele bijzonderheden in de groeve du Nouveau Monde.**

De groeve bevat volgens LEGRAND (1946) ongeveer 30 m Tournaisiaan, vanaf de "défilé à la terre" die zichtbaar is in de zuidwestelijke hoek, tot aan het bovenste deel van de cliquantes. De blauwe hardsteen werd hier sterk vervormd door de erosie in het zuidwestelijke deel en de geulen werden er opgevuld door zwarte klei, pyriethoudend zand en stenen van het Wealdiaan. Het gesteente zelf is er veranderd in een bruine, kwartshoudende dolomiet vol met holtes, waarbij het crinoïdhoudend aspect van de steen volledig is gewist. Men vindt er 2 verticale breuken, die N 70° W zijn gericht. De breuk die het meest in het noorden is gelegen, zorgt voor een spronghoogte van 1 m, terwijl de breuk die meer in het zuiden ligt, een spronghoogte van 4 m bevat. De totale spronghoogte van de twee breuken is in het westen 2 m en in het oosten ongeveer 8 m. De lagen hebben een strekking van N 88° E en een helling van 10° S.

**127 E 154: Trou (fig. 29)**

400 m ten westen van de groeve Clypot vindt men dit gat, dat op een mooie zomernacht in 1945, door een plotse heftige beweging van de ondergrond is ontstaan. In oktober 1946 was de afgrond nog 20 m lang.

**127 E 155: Carrière (fig. 29)**

150 m van het noordwestelijke eindpunt van de groeve Clypot, links van een beek, vindt men deze groeve, waar men volgens LEGRAND (1946) een exploitatie trachtte te beginnen. Boven de blauwe hardsteen was er 6 m Quartair aanwezig.

**127 E 158: Trou Hervy/ Hervé (fig. 30)**

Deze groeve van de S.A. Carrières Gauthier et Wincqz (CAMERMAN, 1947), in het Boven-Tournaisiaan, ligt ten noorden van de grote groeve Wincqz (127 E 65) en ten westen van Trou Pierre (127 E 160).

**127 E 160: Trou Pierre (fig. 30)**

Deze groeve van de S.A. Carrières Gauthier et Wincqz (CAMERMAN, 1947), in het Boven-Tournaisiaan, ligt ten oosten van de grote groeve Wincqz (127 E 65) en van Trou Hervy (127 E 158).

## Geologische kaart 128 W (topografische kaart 39/5): Braine-le-comte

Ecaussinnes ontleent haar reputatie op de eerste plaats aan de rijkdom van haar ondergrond. Oude documenten uit de XIVde eeuw wijzen reeds op enkele primitieve ontginningen aan de rand van de Sennette.

Daar waar de stoommachine laatijdig haar intrede maakt in de groeven van Ecaussinnes, wordt het spoor des te vlugger gebruikt. Het in gebruik stellen van de spoorlijn Manage-'s Gravenbrakel vond plaats in 1842. Op deze manier zag men in de straten van Ecaussinnes spoorwegkonvoien voorbijtrekken. De spoorwegagentjes vervingen op deze manier kruiwagens en karren. Na een periode van grote welvaart, die meer dan een eeuw duurde, begon een tijd van verval. Vele grote groeven zijn nu nog slechts grote verlaten waterputten.

Uit de literatuur blijkt dat de groeven vaak van naam veranderden, afhankelijk van de eigenaar op dat ogenblik. Op die manier wordt het vaak zeer moeilijk om te achterhalen wie welke groeve had en waar ze gelegen was.

Volgens ir. DENYS, van de "S.A. des carrières du Levant des Ecaussinnes" kon men in Ecaussinnes volgende lagen onderscheiden. Onder het Quartair en meerdere meters Ieperiaanklei kwam men aan het eerste niveau:

Niveau 1: "les raches", bestaat uit blauwe kalksteen met een schisteuse textuur en grote poliepenskeletten. Deze laag werd gebruikt voor de productie van kalksteen, onregelmatige bouwstenen ("moellons") en tegels.

Niveau 2: bestaat uit 6 tot 7 m banken, van max.0,9 m dik, met een blauwe steen die zeer mooi materiaal levert zoals voor bouwwerken, kunstwerken en monumenten voor funeraria. Hieronder bevindt zich de "lit de terre" of "délit à la terre".

Niveau 3: bestaat uit meer dan 20 m zeer mooie blauwe banken, geschikt voor stenen van de beste kwaliteit. Het is in dit niveau dat de "gros banc" zit, die ongeveer 5 m dik is en zeer mooie blokken levert.

Niveau 4: bevat nog enkele belangrijke banken van mindere kwaliteit, die vóór 1910, slechts weinig ontgonnen werden, vanwege de moeilijke toegankelijkheid, maar na 1910 meer intens door de modernere technieken.

### **128 W 14-115: Carrière du comte de Spangen, carrière du château de la Comtesse de Spangen (fig. 35)**

Men vindt hier het contact tussen de uitgebate kalksteen en de psammieten van de Condroz. De lagen liggen bijna horizontaal. Boven de psammieten vindt men kalkhoudende schalie met geodes. De kalksteen erboven is compacter in de onderste lagen en bevat veel crinoiden in de bovenste lagen.

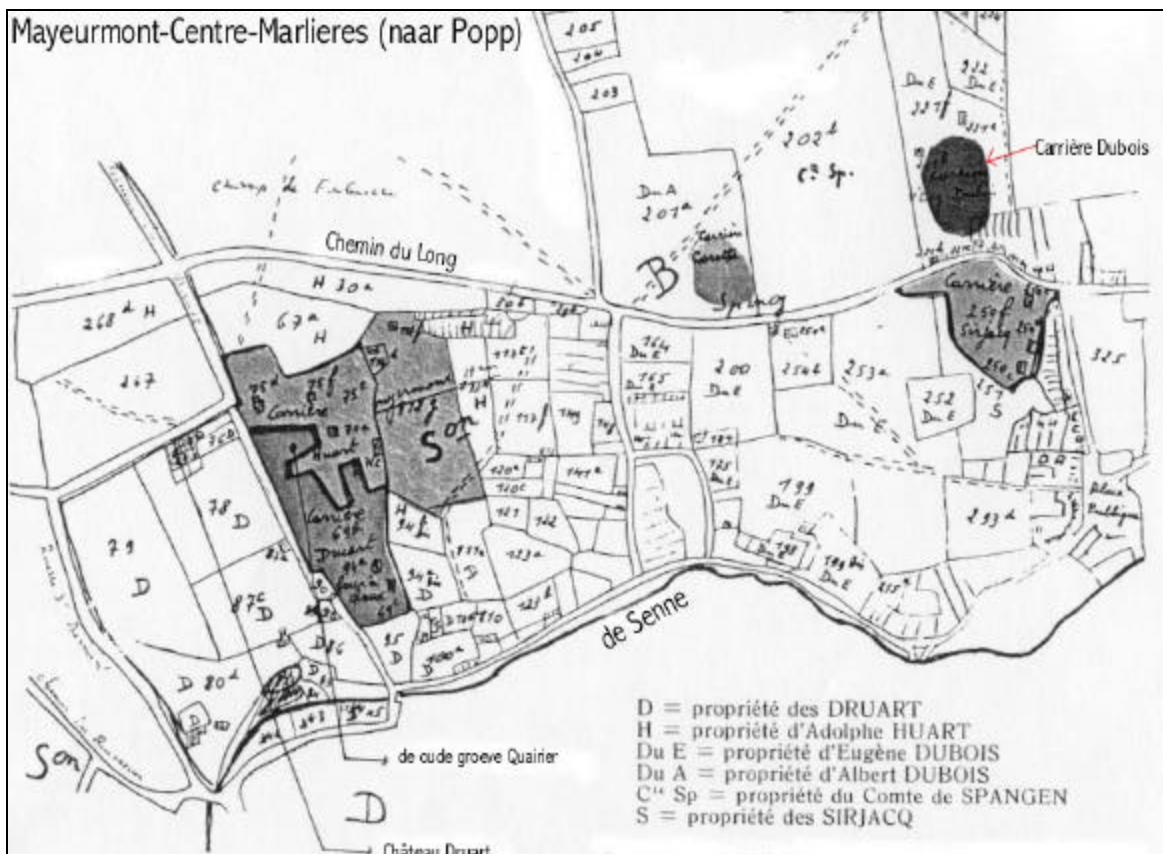


Fig. 35: Lokalisatiekaartje van de groeven (naar BAGUET, 1985).

**128 W 107: Carrière Dubois (Paternotte), Carrière Rombaux, Carrière Deconde of Carrière Baisipont & Bouchez-Beru (fig. 36)**

Tussen de carrière Rivière en de carrière Druart, vindt men een verlaten uitbating. In de groeve ontgon men lagen uit het Boven-Tournaisiaan (Tn3b), welke 30° N hellen. Men vond hier ook veel dolomitatie.

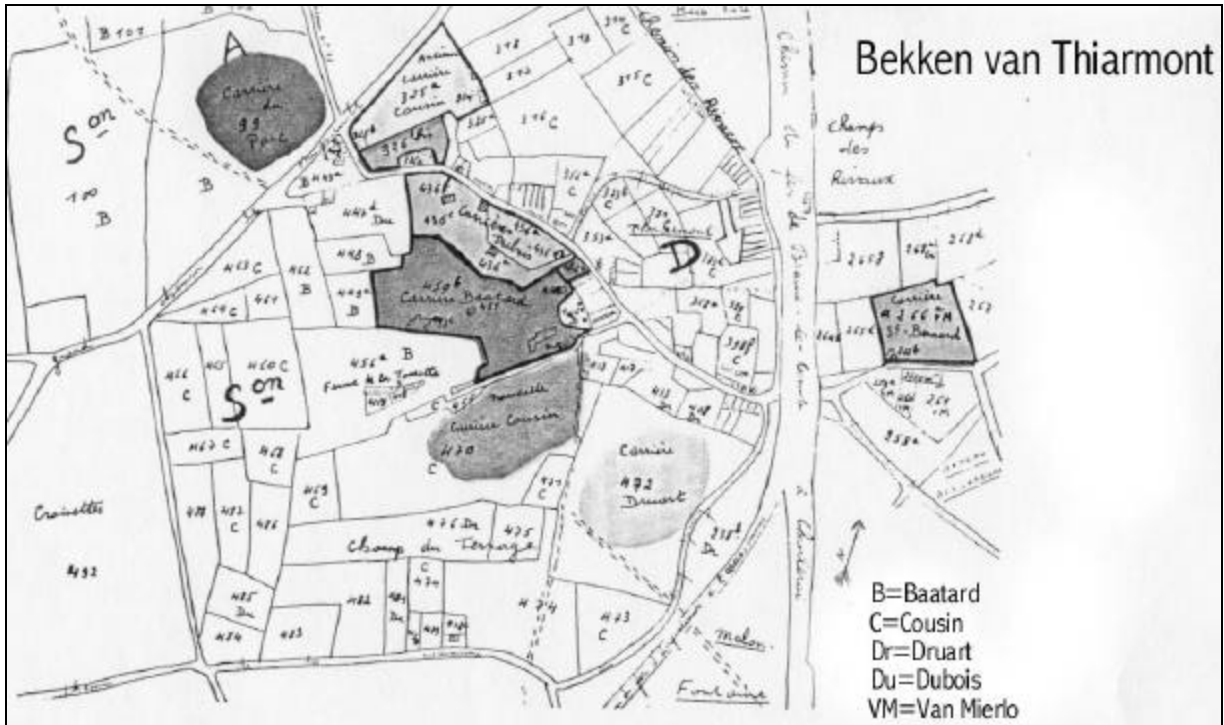


Fig. 36: Lokalisatie van de groeven van Thiarmontrien (naar BAGUET, 1985).

**128 W 108: Carrière Druart et Cousin (fig. 36)**

De kalksteen van het Boven-Tournaisiaan werd hier ontgonnen.

**128 W 110: Carrière Blondiau (fig. 37)**

In deze groeve, te Restaumont, waar de blauwe hardsteen van het Tn3b werd uitgebraat, hellen de lagen 12° SSE.

**128 W 111: Carrière du parc, Lenoir et Cie (fig. 36 en 37)**

In deze groeve waar de blauwe hardsteen van het Tn3b werd uitgebraat, hellen de lagen naar het zuidoosten. De kalksteen is er zeer kleirijk aan de basis. Geografisch hoort deze groeve eerder bij de groeven van Restaumont (foto 42), gezien de groeve langs de andere kant van de baan van Braine-le-Comte naar Binche ligt. De groeve “du Parc” krijgt zijn naam door het feit dat het terrein bij het park van het kasteel van Thiarmontrien hoort.



Foto 42: Luchtfoto van de groeven van Restaumont (uit <http://users.skynet.be/nocarcentre>).

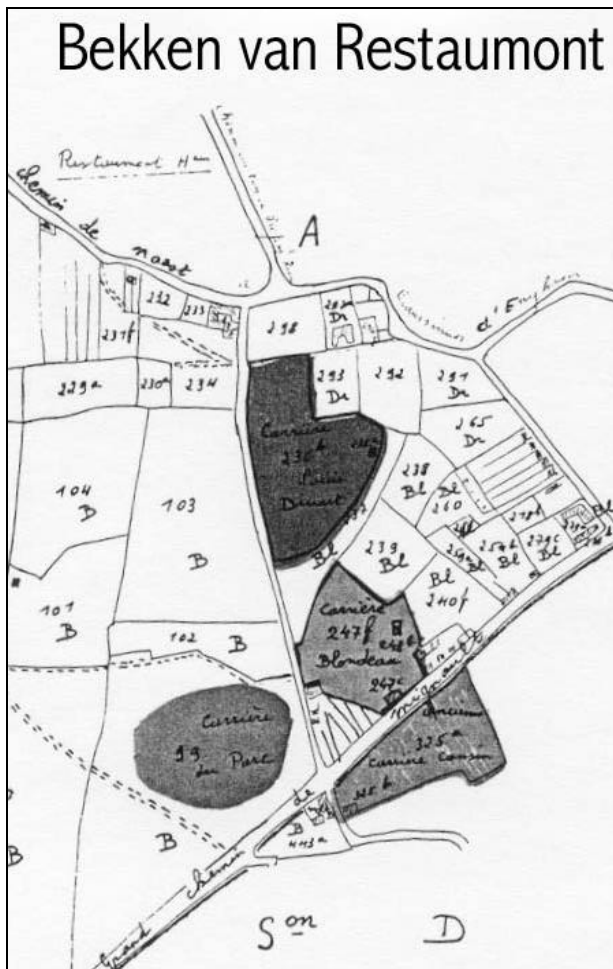


Fig. 37: Lokalisatie van de groeven van Restaumont (naar BAGUET, 1985).



Foto 43: De huidige werking in de oude groeve van Restaumont (uit <http://users.skynet.be/nocarcentre>).

De groeven van Restaumont, die zich uitstrekken over het huidige ontginningsgebied van de N.V. Nocarcentre, kenden van bij de aanvang een goede ontwikkeling en konden rekenen op een grote productie van blauwe hardsteen. In 1896 werden ze verbonden met het spoorwegstation Ecaussinnes-Carières. Na een periode van veel voorspoed, maar toch met sterke concurrentie en de uitputting van de hardsteenlagen, staakten de groeven hun activiteiten van het zagen van steen en produceerden zij nog enkel steenslag.

Nocarcentre, die deze groeve kocht, zet de productie van steenslag voort. Vanaf 1987 wordt met dit granulaat de betonbouw en wegenindustrie bevoorrad. Haar bovengrondse winning laat een jaarproductie toe van 700.000 ton die voornamelijk een weg vinden naar het Brusselse en naar Vlaanderen.

#### **128 W 113: Carrière de Thiarmont, Cousin (fig. 36 en 41)**

Deze groeve was in 1974 (GROESSENS, 1974) een waterreservoir van de C.I.B.E. De huidige groeve is het resultaat van de fusie van drie oude uitbatingen: carrière Cousin (128 W 113), carrière Cornet (128 W 112) en carrière Druart et Cousin (128 W 109). In de groeve, die vroeger blauwe hardsteen leverde, treft men het bovenste deel van het Tn3c2 aan, alsook het onderste deel van het Tn3c3 van de formatie van Malon-Fontaine (fig. 38). Een 20-tal meter lagen zijn nog toegankelijk in een oude helling aan de zuidelijke toegang tot de extractiezone.

#### **128 W 114: Carrière Rivière, Carrière Lopet et Cie of Carrière Bodson (fig. 39)**

Pierre-samuel Rivière wordt eigenaar van de groeve van Avedelle en stelt in 1847 ongeveer 75 arbeiders tewerk (BAGUET, 1985). Hier valt een zeer herkenbare laag op, de *délit à la terre*, die zich onder de blauwe hardsteen bevindt. Deze bestaat onderaan uit dikke, zwarte banken, hoger in dunnere banken overgaand. Volgens CORNET (BGD) is er in de groeve een breuk aanwezig. De strekking van de lagen bedraagt N 110° E, de helling 15° S.

#### **128 W 120: Carrière Célestin Pètre**

In deze groeve ontgon men de kalksteen van het Tn3b.



**128 W 126 (-187): Carrière de Malon-Fontaine (fig. 41)**

In deze groeve, die gedeeltelijk onder water staat, vindt men de opeenvolging van de lagen (fig. 38) uit het bovenste deel van de Kalksteen van Malon-Fontaine (Tn3c3). Deze kalksteen is rijk aan grote cherten en men vindt er door oplossing van de kalk een interessante fauna van conodonten. Volgens FALY (1876) had men hier te maken met een oude groeve van zwarte kalksteen die een beetje schisteus is. De lagen bevatten er praktisch geen crinoïden. De ontginning van de lagen bedroeg 7 meter. Jules CORNET beschrijft de lagen in 1927 (BGD) als zwarte, kleihoudende crinoïdenkalksteen in banken van 15 tot 40 cm dik. Men moet er echter rekening mee houden dat in de originele beschrijving van J. Cornet, de 4 tot 5 m dikke bank crinoïdhoudende kalksteen die zich boven de Délit à la terre bevindt, niet inbegrepen is. De zwarte kalksteen in de groeve heeft een strekking van N 105° E en een helling van 10° S.

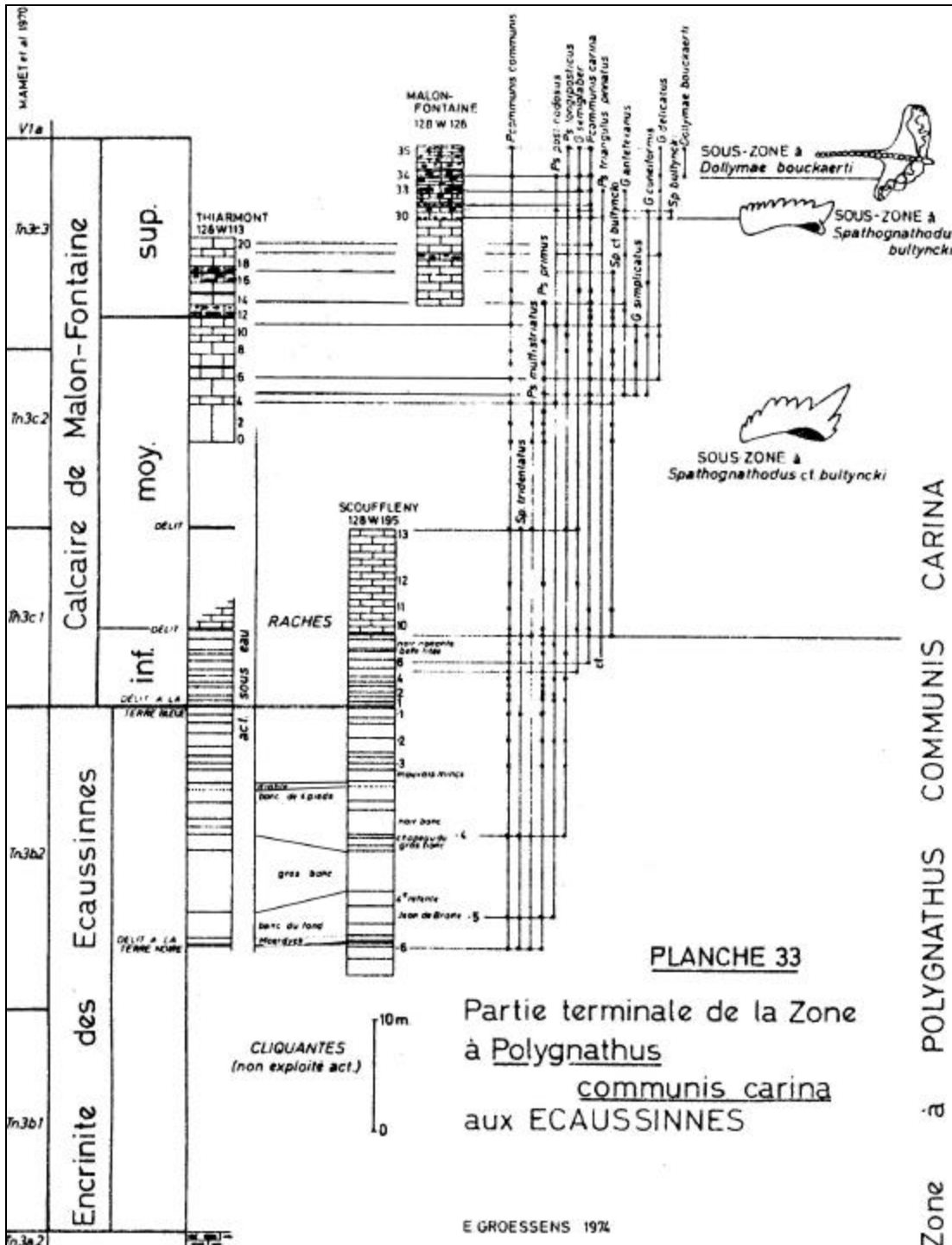


Fig. 38: Coupes van de groeven Scoufflénny, Thiamont en Malon-Fontaine.



Fig. 39: Lokalisatie van de groeven van Avedelle (naar BAGUET, 1985).

**128 W 153: Carrière**

Deze groeve is ten noorden van Zinnik gelegen, dichtbij de boerderij Viola of Marbaix. De blauwe hardsteen (Tn3b-Tn3c) ligt er bijna in horizontale banken, maar heeft toch de neiging licht te hellen naar het zuidoosten. Men vindt in de groeve ook nog een pakket van 6 m Quartaire leem en Ieperiaanklei terug.

**128 W 154: Carrière de Savoye-Batard**

In deze groeve, tegenover de boerderij Batard of Perlonjour, vinden we, naast Quartaire leem en zand van het Ieperiaan, de blauwe hardsteen van het Boven-Tournaisiaan. De lagen hellen er ongeveer 10° S en hebben een strekking van N 30° E.

**128 W 186: Carrière Riez**

Ten oosten van de boerderij van Perlonjour vindt men een grote uitbating van crinoïdenkalksteen van het Tournaisiaan Tn3b. In 1911 heeft men er in één van de banken sporen van zwavel gevonden, als een zeer fijn oppervlak van de calcietgeodes. De aanwezigheid van zwavel lijkt zeer beperkt te zijn. Toen M. Riez er in 1912 directeur werd, was de groeve reeds enkele jaren actief. Boven het Tournaisiaan ligt Tertiair en Quartair.

Dikte in meter	Naam van de laag	Dikte in meter	Naam van de laag
	Délit à la terre	1,70	Le mètre septante
1,45	Dure croûte	2,30	Le cul de pouplie
1,00	Le bon mètre	1,00	La 1 <sup>er</sup> Grasse
1,45	Le mètre quarante cinq	0,90	La 2 <sup>em</sup> Grasse
1,20	Pas de loup	1,10	La Brayé
1,70	Litée à dalles	0,60	La 1 <sup>er</sup> Belle
2,00	Le bon deux mètres	0,80	La 2 <sup>em</sup> Belle
1,00	Le mètre	2,00	La grosse fine
2,00	Le mauvais deux mètres	0,80	La Blanche tâche
3,10	Les trois mètres dix	0,80	Le Banc Noir

Tabel 8 : De opeenvolging van de lagen in de groeve Riez (BGD).

### **128 W (109-)-188: Carrière Druart, de Creve-Cœur, Yernaux of Carrière Barette (fig. 41)**

Deze oude groeve (fig. 40), welke in de literatuur bekend stond onder de naam Carrière Druart en later onder de naam Carrière Barette, welke de naam was van de laatste uitbater, was in 1974 (GROESSENS, 1974) verbonden via een tunnel met de groeve Rivière, welke dienst deed voor het opvangen van water voor het C.I.B.E. De stenen langs de rand van het meer zijn samengesteld uit de Calcaire van Malon-Fontaine in het zuidwesten en uit blauwe hardsteen in het noordoosten. De délit-à-la-terre gaat dwars door de groeve. Onder de délit à la terre gebeurde een belangrijke exploitatie van blauwe hardsteen. De strekking van de lagen is WE en de helling is naar het zuiden gericht. In deze groeve vindt men bovenaan 4 tot 4,20 m Quartaire leem terug, met daaronder 2 m kleihoudend geel Ieperiaan zand. Onder dit pakket vinden we 3 tot 6 m blauwe Ieperiaan klei, welke bovenop een pakket Wealdiaan ligt bestaande uit ligniethoudend zand met gerolde cherten. Aan de basis vinden we blauwe hardsteen van het Boven-Tournaisaan, waarbij de lagen naar het zuidoosten hellen. In deze kalksteen vinden we fluoriet, calciet, zwavel en tanden van vissen uit het Carboon terug.



**Fig. 40: De groeve Barette (GROESSENS, 1974).**

### **128 W 190: Carrière (fig. 41)**

Hier zijn pogingen ondernomen tot de ontginning van chert houdende dolomiet en blauwe hardsteen.

### **128 W 194:**

Dit is de oostelijke zetel van de S.A. des Carrières du Levant des Ecaussines, op 2800 m ten oosten van het station van Ecaussines-Carrières. Hier is de bedekkende laag 12 tot 15 m, waarvan 5 m blauwe silt. De lagen hellen 10° S.

### **128 W 195: Carrière de Scoufflény (fig. 41)**

Deze groeve, die in 1974 (GROESSENS, 1974) nog altijd uitgebaat werd, zorgde voor de productie van blauwe hardsteen, die zich 25 m onder de délit à la terre bevond. Deze délit werd bedekt door ongeveer 16 m zwarte kleihoudende, crinoïdrijke kalksteen, rijk aan *Michelinia*, zonder chert, ook wel de "râches" genoemd. De dunne banken zijn niet geschikt om er mooie blokken uit te zagen. Om deze reden wordt de steen vaak gebruikt bij de productie van hydraulische kalk. De top van de ontsluiting wordt gemarkeerd door een "délit" die beschreven werd door MAMET et al in 1970 als de grens tussen de Tn3c1 en de Tn3c2 (fig. 38). Onder de râches ligt er een laag van 6 m, die het onderste lid van de Formatie van Malon-Fontaine voorstelt. De basis ervan wordt gemarkeerd door de "délit à la terre bleue", welke overeenkomt met de basis van de Formatie van Malon-Fontaine.

### **128 W 197: Carrière du Levant**

Dit is de westelijke zetel van de S.A. des Carrières du Levant des Ecaussines, op 1,7 km ten oosten van het station van Ecaussines-Carrières. In 1938 was de exploitatie van de blauwe hardsteen in deze groeve 230 m lang en breidde ze verder uit naar het westen. Aan het oppervlak zijn de lagen enkele cm gedolomitiseerd (grisou). De bedekkende laag is 12 m dik in het westen en 15 m dik in het noordoosten en bestaat aan de basis uit een 5 tot 7 m blauwe Ieperse klei.

Dikte in m	Naam van de laag	Dikte in m	Naam van de laag	Dikte in m	Naam van de laag
0,60 – 0,65		0,90 – 1,00		1,70	
0,90	Trois pieds	0,30		5,50	Gros bancs
0,20		1,00		2,60	
0,60	Mauvais mince	0,70		0,50 - -0,60	Moerdyck, banc de 0,60
0,80		0,60			Délit à la terre
0,80		1,05		2,50	
0,50		0,40 – 0,45	Diable	0,95	Très dur
0,40		1,00		0,65	Dur
0,80	Fontaines mauvais	1,00 – 1,20	4 pieds	0,45	
0,50		1,00	Mauvais mince	1,20	Mauvais (pavos)
0,40		0,95		0,65	Dessous noir
	Délit à la terre	0,70			Noir

Tabel 9: Opeenvolging van de lagen in de groeve Levant (BGD).

**128 W 243: Le chateau Fort de Lalaing (fig. 41)**

Hier vindt men een grijze tot grijsblauwe kleihoudende met crinoïden en brachiopoden. Tussen de banken vindt men laagjes van kalkhoudende schalielaagjes.

**128 W 267: Carrière Perlonjour**

In de zuidelijke hoek vindt men onder een laag van 6 m dikte, die bestaat uit een mengeling van Quartair, Ieperiaan, Wealdiaan en Tournaisiaan, een 2 m dikke laag van bruingele silt (q3m), met daaronder 1 m zand (q3s) en 2 m zwarte, bladerige, zeer compacte klei (Wealdiaan) en aan de basis ervan de blauwe hardsteen. In de noordelijke hoek vindt men 4,5 m Quartair silt, welke bruine van kleur is in de bovenste 2 m en helder grijs van kleur in de onderste 2 m.

**128 W 279: Carrière (fig. 41)**

Oude groeve waar men crinoïdhoudende kalksteen (cliquantes) uitbaatte. Men vindt hier het Tn3b terug. De cliquantes zijn kalkstenen met een weinig magnesium of dolomieten vol met holtes.

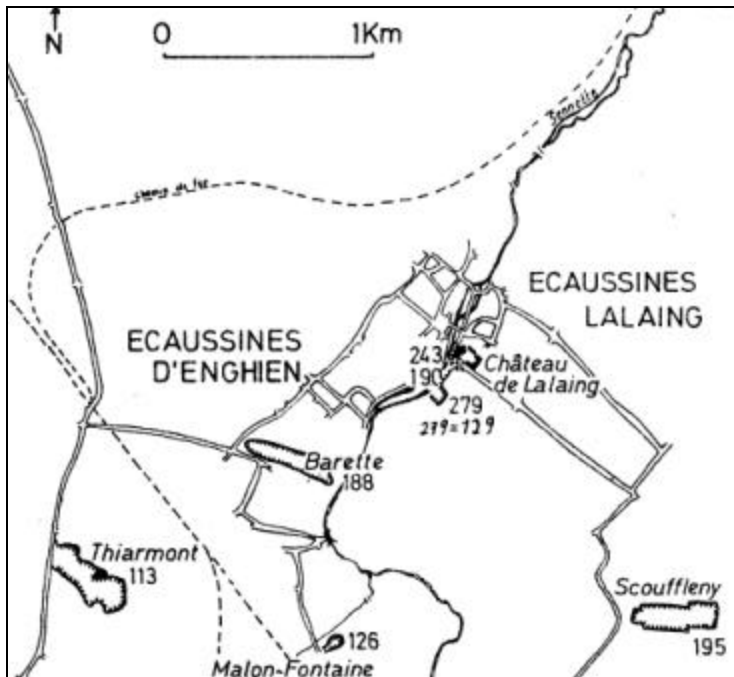


Fig. 41: Vallei van de Sennette (GROESSENS, 1974).



**128 W: Les carrières de Champ des Marlières : Carrière Casterman, Carrière Sirjacq, Carrière Jean Bodje, Carrière du Village, Carrière Saint Roch, Carrière (du) Berger of Carrière Eugène Dubois (fig. 35)**

“Marlière “ is de oude vorm van “marnière”, wat wijst op een plaats waar men klei en kalk kan vinden (BAGUET, 1985). De familie Casterman bezat een groeve op de “Champ des Marlières” in het midden van de 17<sup>de</sup> eeuw. De groeve Sirjacq of Jean Bodje en later carrière du Village, die nu volledig gevuld is, bevond zich tussen de “rue de la Haie” (de oude weg van Long Spinoy) en de “rue de la Marlière”. De groeve Saint-Roch, geopend in de 19<sup>de</sup> eeuw, ligt recht over de carrière du Village, aan de andere kant van de “Chemin du Long Spinoy”. We hebben hier echter geen officiële documenten over daar de exploitatie van open groeven zonder vergunning mocht gebeuren. De exploitatie van deze groeve was maar van korte duur, aangezien ze er in 1900 al verlaten bijlag. De groeve Berger of Eugène Dubois werd geopend na 1860 en was gelegen op een terrein van Eugène Dubois. In 1877 maakte ze deel uit van de S.A. des Carrières du Village réunies, die in 1890 failliet ging. Van deze groeve zijn nu geen sporen meer terug te vinden.

**128 W: La carrière des Douze Bonniers of carrière Carette of Carrière du Centre (fig. 35)**

Tussen Mayeurmont en Marlières, opende op het einde van de 19<sup>de</sup> eeuw een groeve op de “champ des Douze bonniers”, gelegen tussen de weg Jean-Jaurès en de weg van de Haie (ex-weg van Long Spinoy) op een terrein van 4 ha 10 a 30 ca, eigendom van de familie du Bois. Voor de exploitatie van deze groeve stichtten, op 11 januari 1899, Louis Carette en Nestor Tondeur een firma “Carette et Tondeur”, die een jaar later plaats maakt voor de “S.A. des Carrières du Centre des Ecaussinnes” (BAGUET, 1985).

**128 W: La carrière de Saint-Bernard (fig. 36)**

Tussen het Bekken van Thiarmon en dat van Mayeurmont wordt er in 1857, op initiatief van August-Léon-Ghislain Baguet, een nieuwe groeve geopend, genoemd naar een oude kapel uit 1604 (BAGUET, 1985). De kinderen zullen, bij het overlijden van hun vader, de groeve in 1858 verkopen aan Arnould Plétain en Grégoire Van Mierlo, beiden uit Zinnik. Een jaar later verkoopt Plétain zijn deel aan Van Mierlo.

**128 W: Carrière d’Espagne (fig. 39)**

Dit is eigenlijk de groeve Friart, die deel uitmaakte van de groeve Trigalet.

**128 W: Carrière Antoine (fig. 39)**

De groeve bevindt zich tussen de groeve Rivière, de Senette en de huizen langs de rand van de baan die gaat naar het kasteel Rivière in Avedelle. Deze kleine groeve was eigendom van François-Joseph Antoine.

**Geologische kaart 128 E (topografische kaart 39/6): Feluy**

**128 E 43: Carrière Rousseau (fig. 42 en 44)**

In deze groeve werd kalksteen ontgonnen, behorend tot het Tn2b.



Fig. 42: Situering van de voornaamste groeven in de buurt van Feluy-Arquennes (GROESSENS, 1974).

**128 E 44: Carrière des Prés (fig. 42 en 44)**

In fig. 43 wordt de opeenvolging van de lagen weergegeven (CONIL, 1974).

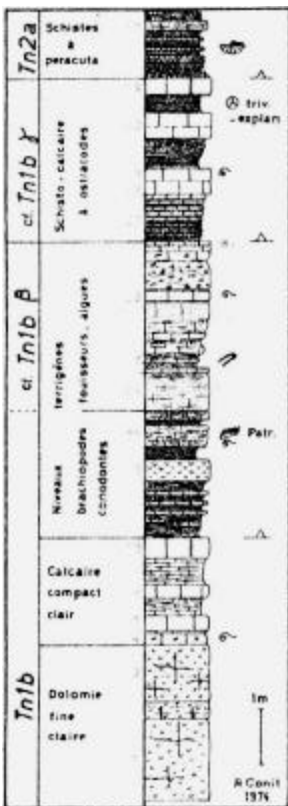


Fig. 43: Litholog van de groeve des Prés (CONIL, 1974).

**128 E 252: Carrière Saint-Georges à Feluy (fig. 44)**

Deze groeve, gelegen in Feluy, bevat banken van het Boven-Tournaisiaan (Tn3a), die hellen naar het SW-SE.

**128 E 253: Carrière Paternotte- Carrière Saint-Georges à Arquennes (fig. 44)**

De groeve, gelegen naast het station van Feluy-Arquennes, bevat kalksteen van het Lid van Ecaussinnes. De Delit à la terre zit hier op 20 m diepte, met daarboven enkele banken crinoïdenkalksteen die werden uitgebaat. Deze banken zijn zeer vergelijkbaar met de lagen gelegen onder de Delit à la terre. De bovenste lagen in de groeve zijn licht gedolomitiseerd. De strekking van de lagen is N 112° E en de helling bedraagt 10° S. Men vindt in deze groeve ook nog zand van het Ieperiaan en Quartaire silt.

**128 E 256: Carrière de la Terre Volée (fig. 44)**

Deze groeve, gelegen in Arquennes, behoorde in 1881 tot de firma Lequime et Cie. Men ontgon er blauwe hardsteen (Tn3b) met een helling van 2° S.

**128 E 257: Carrière H. Van den Doren (fig. 44)**

In de groeve, gelegen in Feluy, ontgon men blauwe hardsteen behorend tot het Tn3b. De lagen hellen er 5° S. Het bovenste deel van de banken bevatte er dolomiet.



Fig. 44: Lokalisatie van de groeven op kaart 39/6.

**128 E 258: Carrière Lacroix (Van den Doren) (fig. 44)**

In 1881 was deze groeve, waarin men blauwe hardsteen van het Tn3b uitbaatte, verlaten.

**128 E 259: Carrière Van den Doren (fig. 44)**

In deze groeve werd in 1881 nog blauwe hardsteen van het Tn3b uitgebaat.

**128 E 260: Carrière Dubosquelle (fig. 46)**

Men meldt in 1881 dat deze groeve verlaten is en dat men er blauwe hardsteen van het Tn3b had uitgebaat.

**128 E 261: Carrière Ch. Rousseau- Carrière du pont d'Arquennes (fig. 42)**

In deze groeve te Arquennes, ontgon men banken van het Boven-Tournaisiaan.

**128 E 262: Carrière (fig. 44)**

In deze groeve, die in 1881 verlaten was, ontgon men ooit banken van het Boven-Tournaisiaan. De bovenste lagen zijn sterker gedolomitiseerd dan de lagen eronder.

**128 E 263: Carrière (fig. 44)**

In deze groeve, die in 1881 verlaten was, ontgon men lagen van het Boven-Tournaisiaan (Tn3a). De lagen hellen er naar het zuiden en men vindt er 8 m dolomiet met crinoïden.

**128 E 264: Carrière (fig. 44)**

In deze groeve vindt men veel dolomiet met crinoïden en een beetje blauwe hardsteen (Tn3a).

**128 E 266: Carrière Ch. Rousseau (fig. 44)**

In deze groeve ontgon men kalksteen uit het Onder-Tournaisiaan (Formatie van Hastière). Men vindt er dunne, harde, dolomitische of kwartsrijke banken met schalies en kalkschalies. De lagen hellen er 7° S.

**128 E 308: Carrière d'Arquennes (fig. 44)**

In de groeve vinden we kalksteen met paleoechinides in dunne banken blauwe hardsteen behorend tot de crinoïdenkalksteen van Ecaussinnes. Hieronder vindt men een laag van fijn, geelrood zand, dat grijs en kleirijk wordt naar de basis toe.

**128 E 309: Carrière (fig. 44)**

In deze groeve, die in 1894 verlaten was, ontgon men een crinoïdenkalksteen, die ouder was dan de kalksteen van Ecaussinnes uit de groeve van Arquennes (128 E 308).

**128 E 310: Carrière Trou aux rats (fig. 44)**

De groeve, die in 1919 verlaten was, bevatte van 5 tot 6 m sterk gefossiliseerde kalksteen met echinodermata en dunne banken met discontinue laagjes van blauwe phtaniten. Men vond er crinoïdenstengels, met een diameter groter dan 1 cm en resten van vissen. Volgens VELGE (1895) werd er hier een blauwe hardsteen ontgonnen die van zeer goede kwaliteit was. Boven de kalksteen is er veel dolomitatie terug te vinden.

**128 E 315: Carrière (fig. 45)**

We hebben hier te maken met een oude groeve waar men een zwarte crinoïdenkalksteen met laagjes zwarte phtaniet uitbaatte.



Fig. 45: Lokalisatie van de groeven op kaart 39/6.

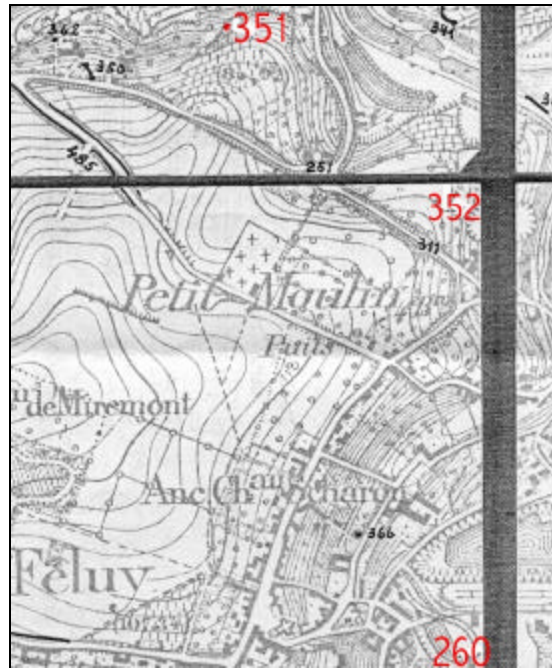


Fig. 46: Lokalisatie van de groeven op kaart 39/6.

**128 E 317: Ferme Flatters (fig. 45)**

Deze hoeve staat op de crinoïdenkalksteen van de Formatie van Ecaussinnes en gold mogelijk als voorbeeld van een boerderij-steengroeve uit de beginjaren van de steenontginning.

**128 E 351: Carrière (fig. 46)**

In deze groeve, die in 1919 verlaten was, baatte men een 6 m dikke laag uit, die opgebouwd was uit een afwisseling van kalksteenbanken en kalkschalies, welke identiek zijn aan de gesteenten uit groeve 128 E 43.



### **128 E 352: Carrière (fig. 46)**

In deze groeve, die in 1919 verlaten was, baatte men 6 m kalksteen uit. Deze was gelijkaardig met die van de kalksteen uit Trou aux rats (128 E 310).

### **128 E 425: Carrière (fig. 44)**

Men zag op basis van boringen dat de blauwe hardsteen, een typische crinoïdenkalksteen, tot op 10 m diepte voorkwam, met daaronder een gedolomitiseerde kalksteen en dolomiet. Het waterniveau in de boringen was hier 5,4 m diep. In 1928 heeft men hier monsters genomen met een diameter van 255 mm.

### **128 E 426: Carrière Saint Georges (fig. 44)**

In 1928 heeft men hier monsters genomen met een diameter van 203 mm. Het waterniveau was hier 5,05 m diep. De volgende litholog werd opgesteld bij de paleontologische studies van M. DEMANET in 1934.

<b>Dikte van de lagen</b>	<b>Diepte in meter</b>	<b>Beschrijving van de lagen</b>
15,00m	0,00 - 15,00	crinoïdenkalksteen (blauwe hardsteen)
1,50 m	15,00 - 16,50	kalksteen met een beetje meer klei, meer compact, soms minder crinoïden dan in de laag erboven
0,50 m	16,50 - 17,00	kalksteen met witte aders
2,50 m	17,00 - 19,50	Zwarte, gedolomitiseerde kleihoudende kalksteen met veel holtes
0,50 m	19,50 - 20,00	Bruine dolomiet
0,50 m	20,00 - 20,50	Breuken
1,10 m	20,50 - 21,60	Crinoïdenkalksteen, geodes met pyriet
0,40 m	21,60 - 22,00	De stenen worden vanaf hier meer gedolomitiseerd
3,00 m	22,00 - 25,00	Kalksteen met een weinig crinoïden
1,50 m	25,00 - 26,50	Gedolomitiseerde kalksteen
0,20 m	26,50 - 26,70	Blauwe hardsteen
0,30 m	26,70 - 27,00	Gedolomitiseerde kalksteen
2,50 m	27,00 - 29 50	Kalksteen met een weinig crinoïden
11,10 m	29,50 - 40,60	Dolomiet en crinoïdenkalksteen
2,00 m	40,60 - 42,60	Crinoïdenkalksteen met dolomitische stukken en zwarte chert
0,90 m	42,60 - 43,50	Blauwe hardsteen met elke 5 cm schalielaagjes
1,50 m	43,50 - 45,00	Kalksteen die sterk gedolomitiseerd is
3,50 m	45,00 - 48,50	Blauwe hardsteen met afwezigheid van pyriet
2,00 m	48,50 - 50,50	Dolomiet
0,50 m	50,50 - 51,00	Kalksteen van het type blauwe hardsteen met chert
0,50 m	51,00 - 51,50	Compacte kalksteen met chert
1,50 m	51,50 - 53,00	Crinoïdhoudende kalksteen
1,00 m	53,00 - 54,00	Kalksteen met minder crinoïden dan in de laag erboven, meer compact en met schisteuse interstratificaties
1,10 m	54,00 - 55,10	2 cm kalkschist en verder een compacte kalksteen
6,40 m	55,10 - 61,50	Kalksteen, soms met crinoïden en met vele schisteuse lagen
0,40 m	61,50 - 61,90	Zwarte schist
7,10 m	61,90 - 69,00	Kalksteen met zwarte schisten en pyriet

**Tabel 10: Opeenvolging van de lagen in de groeve Saint Georges (BGD).**

## Geologische kaart 143 W (topografische kaart 47/1): Fleurus

In dit gebied, Formatie van Ecaussinnes (Tn3) en de Formatie van Hastière (Tn1) te vinden is, hebben we weinig blauwe hardsteengroeven en eerder groeven waar dolomiet van het Tournaisiaan werd ontgonnen.

### **143 E 17: Carrière (fig. 46)**

In deze verlaten groeve baatte men kleine banken uit van grijze crinoïdenkalksteen (Kalksteen van Landelies, Tn2b) met veel fossielen. Deze banken wisselden af met gelijkaardige kalksteen die gedolomitiseerd was en met banken dolomiet. De lagen hellen er 25° S.

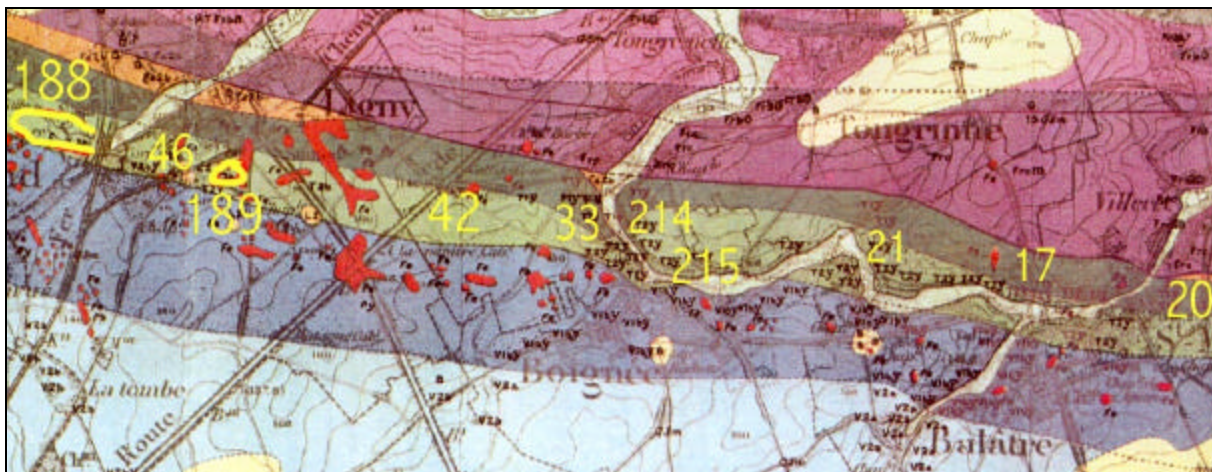


Fig. 46 : Situering van de groeven op kaart 143 W.

### **143 E 20: Carrière (fig. 46)**

We hebben hier een grote groeve die verlaten is en waar we enorme banken zeer harde, kwartsrijke dolomiet terugvinden. In enkele dolomietbanken treft men crinoïden aan. Aan de basis van de groeve vinden we banken grijze kalksteen van het niveau Tn2b (Kalksteen van Landelies). Hier zien we nog goed de menging tussen de dolomiet en de kalksteen. De lagen hellen er 25° S.

### **143 E 21: Carrière (fig. 46)**

Deze groeve is eerder een dolomietgroeve dan een echte kalksteengroeve. De lagen hellen er 15° S.

### **143 E 33: Carrière de pierre de taille (fig. 46)**

Aan de basis van de groeve vinden we kleine, regelmatige banken met mooie crinoïdenkalksteen uit het Tn2b (Kalksteen van Landelies) en met schalie- en steenkoolachtige intercalaties. Aan de top van de groeve vinden we dolomiet met crinoïden.

### **143 E 42: Carrière (fig. 46)**

In de groeve baatte men de Formatie van Hastière uit. Men heeft hier veel dolomiet met crinoïden.

### **143 E 46: Carrière (fig. 46)**

Deze verlaten groeve bevat 10 m crinoïdenkalksteen van het Boven-Tournaisiaan (Tn3b). Men vindt ook nog 6 tot 7 m dolomiet met crinoïden. De kalksteen helt 15° S.

### **143 E 188: Carrière de Ligny (fig. 46)**

De groeve, die in 1911 nog actief was (DELEPINE, 1911), was gesitueerd op 200 m ten zuiden van het station van Ligny (de lijn Charleroi-Leuven). Ze was de enige uit de streek die actief was van voor W.O.I. Men heeft de groeve verlaten door de grote hoeveelheid water die erin stroomde. In 1914 pompte men dag en nacht 5 m<sup>3</sup> water/min weg. In het noordelijke deel treft men onder 12 m silt blauwe hardsteen aan, terwijl men meer naar het zuiden een 10 m dikke dolomietlaag aantreft. De lagen hellen er ongeveer 12° S.

Dikte van de lagen	Beschrijving van de lagen
5 m	Dolomiet met phtanieten
6 m	Kalksteen en dolomiet
25 m	Crinoïdenkalksteen (blauwe hardsteen), met op sommige plaatsen een lichte dolomitatie. De kalksteen is verdeeld in banken van 0,80 tot 1,00 m dikte

**Tabel 11: Opeenvolging van de lagen in een deel van de groeve Ligny (BDG).**

**143 E 189: Carrière (fig. 46)**

In deze kleine, verlaten groeve vinden we kalksteen terug.

**143 E 214: Carrière (fig. 46)**

In deze groeve vindt men aan de basis een gelaagde kwartsrijke crinoïdenkalksteen, die soms holtes bevat en op sommige plaatsen gedolomitiseerd is. Aan de top van de groeve vinden we dolomiet met crinoïden.

**143 E 215: Carrière (fig. 46)**

In deze groeve vinden we naast kalksteen, veel dolomiet.

## Geologische kaart 146 W (topografische kaart 48/3): Huy

### 146 W 69: Carrière A. Boccart (fig. 47)

De groeve is gesitueerd tussen Vierset-Barse en Strée (gemeente Modave). In 1911, toen ze eigendom was van de firma A. Boccart, was dit een onbelangrijke groeve met 21 arbeiders in dienst, maar zonder mechanische installaties (LIBERT, 1911). De opeenvolging van de lagen is dezelfde als in de groeven 146 W 70 en 146 W 71, waartussen ze gesitueerd is.



Fig. 47: Situering van de groeven in de buurt van Vierset-Barse op kaart 48/3.

### 146 W 70: Carrière du Condroz (Surroyseux of Fagueval) (fig. 47)

Deze groeve, gesitueerd in Surroyseux of Fagueval, werd in 1911 uitgebaat door de firma S.A. des carrières du Condroz (LIBERT, 1911). Tabel 12 stelt de lagen voor uit deze groeve voor beschreven door LIBERT (1911). De bovenste lagen, die van middelmatige kwaliteit zijn, werden gebruikt om borduren van te maken. De middelste banken, tot aan de gris bec, waren van eerste kwaliteit. In 1911 baatte men enkel de gros banc en de gris bec uit, in totaal 10,5 m. De helling van de lagen bedraagt ongeveer 45° S.

Dikte in meter	Naam van de laag
0,90	Cliquant
0,90	
0,60	
0,80	
0,40	
0,70	
0,50	
1,00	Flori banc
1,10	Banc de terre
0,30	
0,90	
1,10	
1,20	
1,00	
8,00	Gros banc
2,50	Gris bec
	Grisou

Tabel 12 : Opeenvolging van de lagen in de groeve van de Condroz (BGD).

### 146 W 71: Carrière de Royseux (fig. 48)

Deze oude groeve, gelegen langs de weg Huy-Modave in Vierset-Barse, ligt langs de oostelijke helling van de vallei van de Hoyoux. Deze groeve vertoont geen industriële kenmerken, waardoor er maar enkele arbeiders waren tewerkgesteld. Men vindt er een kleiachtige kalksteen in dunne banken, afgewisseld met zwarte tot blauwachtige schalies. De lagen hellen er 38 tot 40° S.



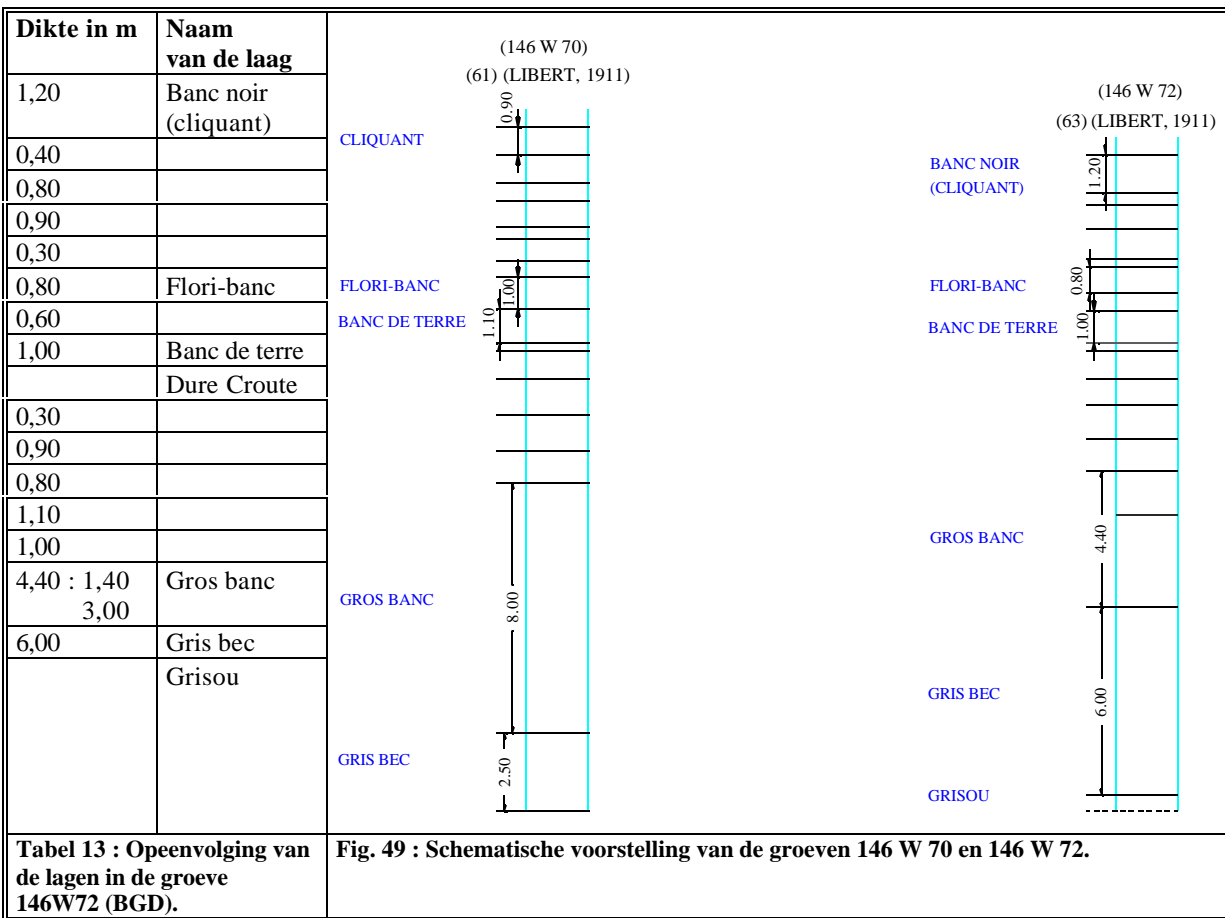


Fig. 48: Situering van de groeven in Stadt, Triffooy en Royselx op kaart 48/3.

**146 W 72-73:Carrières A. Mahaux, Carrière Triffooy en Carrière Stadt (fig. 48)**

De groeven liggen op ongeveer 3,5 km van het station van Barse. Groeve 72 noemt men "Triffooy" en groeve 73 "Stadt". In 1911 was Triffooy (LIBERT, 1911) veel belangrijker dan Stadt, die maar enkele werknemers tewerkstelde. Beide groeven werden uitgebaat door A. Mahaux. Triffooy werd geopend in 1876, Stadt pas in 1887. Beide groeven waren al verschillende jaren inactief geweest, waarna ze in 1908 terug werden opgestart. Beide groeven bevinden zich op de flank van een heuveltje, op de zuidelijke helling van de vallei van de Goesnesbeek (BGD). De lagen hellen er 40° S. De uitbating gebeurde in 1911 nog volledig manueel.

Op fig. 49 wordt een schematische voorstelling weergegeven van de groeven 146 W 70 en 146 W 72.



## Geologische kaart 146 E (topografische kaart 48/4): Nandrin

### **146 E 31: Carrière Joie Frères (fig. 50)**

De groeve, gesitueerd in Abée-Scry, werd uitgebaat door de firma Joie frères (LIBERT, 1911). In 1911 bestond er nog een oude exploitatie ten oosten van de groeve Joie Frères, die in volle activiteit was. In die tijd was de installatie van de nieuwe groeve nog niet volledig voltooid. De lagen hellen er 35° S.

### **146 E 75: Carrière (fig. 50)**

In de groeve, gelegen in Scry, baatte men blauwe hardsteen uit, die 37° S helt.

### **146 E 76: Carrière (fig. 50)**

Verlaten groeve in Tinlot, die vroeger blauwe hardsteen uitbaatte.

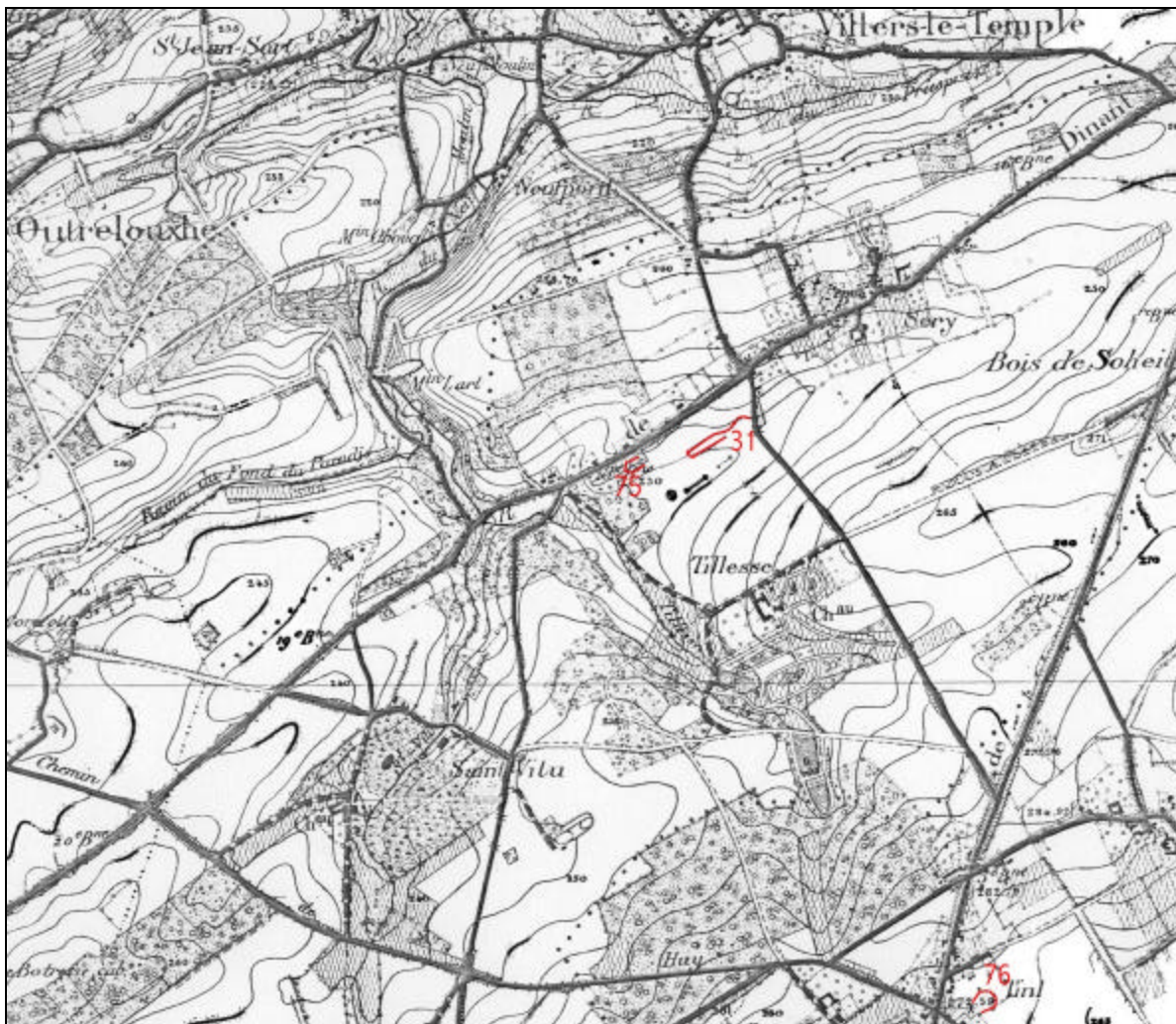


Fig. 50: Lokalisatie van de groeves op kaart 48/4.

## Geologische kaart 147 W (topografische kaart 49/1): Tavier

Anthisnes bevindt zich ongeveer 25 km ten zuidwesten van Luik en 25 km ten zuidoosten van Huy. Het dorp ligt op het oostelijke uiteinde van het Condroz plateau, aan de linkeroever van de Ourthe.

LIBERT maakte in 1911 een zeer gedetailleerde studie over de blauwe hardsteengroeven in de provincie Luik. Hieruit leidde hij af dat er 64 groeven werden verdeeld over drie synclinales, namelijk 18 groeven in de streek van Sprimont-Poulseur, 29 groeven in de streek van Poulseur-Anthisnes-Ouffet, waarvan er 12 in Anthisnes lagen en tenslotte 17 groeven in de streek van de Hoyoux.

In dit gebied rond Anthisnes (TARABELLA, 1994) deelt men de geëxploiteerde banken algemeen in drie delen op: de “pierre noire”, de “pierre bleue” en de “pierre bleue claire”.

De **pierre noire**, die in het bovenste deel van de banken voorkomt, is samengesteld uit zeer onregelmatige banken, die sterk in dikte kunnen verschillen. In sommige groeven kan men deze steenbanken amper ontginnen, terwijl deze in andere mooie ontginbare lagen vormt. De steen heeft een donkerblauwe kleur en wordt als “droog” beschouwd. Gepolijst heeft hij een veel aangenamer uitzicht dan de “pierres claires”

De **pierre bleue** verschilt in dikte sterk van plaats tot plaats. In Florzé is hij 13,5 m dik, terwijl hij in Anthisnes 5,7 m en in Ouffet 3,5 m dik is. Deze steen wordt meestal als de gewone blauwe hardsteen verkocht. De 1 m dikke laag die zich net boven de “male croûte” bevindt, bevat zeer veel witte aders en noemt men “banc fleur”.

De **pierre bleue claire** komt onderaan voor en is gemiddeld 16 m dik. Deze wordt onderverdeeld in de “gris bec”, de “banc de 0,60”, de “banc de 0,90”, de “gros banc” en de “minces bancs”, die bovenaan begrensd wordt door de “male croûte” of “mauvaise croûte”. De “minces bancs” hebben een heldere tint, vergelijkbaar met die van de “gros banc”, maar bevat meer witte vlekken en witte aders. De 1 m dikke laag direct boven de “gros banc” bevat opmerkelijk meer schelpen. De “gros banc” bevat de mooiste steen, helder van tint en zeer uniform. Hij bevat weinig witte aders en is makkelijk te bewerken. De dikte van deze laag varieert en bedraagt in Anthisnes 8,5 tot 9 m, terwijl hij in Ouffet maar 5,3 m bedraagt. De “gris bec” is de onderste laag en heeft een dikte van ongeveer 5 m. Het is een harde steen met verschillende discontinuïteiten. Normaal gezien worden de banken onder deze “gris bec” niet meer ontgonnen (TARABELLA, 1994).

In 1880 waren er in Anthisnes 2 groeven van blauwe hardsteen actief, waarbij er 39 arbeiders waren tewerkgesteld. In 1909 waren er 15 groeven, waarin 819 arbeiders waren tewerkgesteld. In 2000 vinden we hier nog slechts één actieve groeve terug, namelijk de groeve Harray.(147 W 46).



Fig. 51: Lokalisatie van de groeven op kaart 147 W.

### 147 W 43: Carrière Dawans of Chenay (fig. 51)

Deze groeve ligt in Chenay (Anthisnes), ten oosten van het centrum van Anthisnes. Ze is geopend in 1897 door de firma Dawans et fils en is gesloten in 1907. In 1910 waren er enkele arbeiders die voor een kleine exploitatie van de gros banc, minces bancs en de banc bleu zorgden (LIBERT, 1911). Volgens het ISSeP (1994) is er pas in 1948 een echt einde aan de uitbating van deze groeve gekomen. De lagen van het Tournaisiaan Tn3b hellen er 38° S. Doorlopende witte aders doorkruisen de banken in alle richtingen, waardoor de steen maar van een middelmatige kwaliteit is. Het is daarom onmogelijk om grote blokken zonder onregelmatigheden te ontginnen. Om deze reden hebben de oorspronkelijke uitbaters de groeve verlaten en zich naar het westen verplaatst, waar de steen van een zeer goede kwaliteit is. Ten oosten vindt men sporen van een oude verlaten uitbating.



#### **147 W 44: Carrière A. Delcommune, Tige of Bois Saint Jean (fig. 51)**

De groeve ligt in Bois St. Jean te Anthisnes, langs de weg van Ouffet naar Comblain-au-Pont. Ze werd in 1898 geopend en sloot in 1910, toen er nog 35 arbeiders werkten (LIBERT, 1911). De laatste exploitant was M. Alphonse Delcommune, die in 1903 eigenaar was geworden. De lagen behoren tot het Tn3b, hellen 30° S en hebben een totale dikte van 32 m.

#### **147 W 45: Carrière Pré Delva (fig. 51)**

De groeve ligt in Anthisnes, op ongeveer 1 km van de groeve Del Waide. Ze is in 1899 geopend (LIBERT, 1911) en werd in 1910 uitgebaut door de S.A. de Merbes-le-Château. Volgens het ISSeP (1994) is de groeve in 1945 gesloten. De lagen behoren tot het Tn3b en hellen er 35° S.

Dikte in meter	Naam van de laag	Beschrijving
5,14	Bancs noirs	
0,30	Banc aux Fontaines	
6,91	Bancs bleus	
6,25	Minces bancs	Bevat de dure croûte (0,2 m), boven de Banc aux Couteaux
9,50	Gros banc	
4,20	Gris bec	

Tabel 13: Opeenvolging van de banken in de groeve Pré Delva (LIBERT, 1911).

#### **147 W 46: Carrière Harray, Siège Dawans, Enclos, Noupire of Anthisnes (fig. 51)**

De groeve, in Noupire (Anthisnes), werd in 1898 door M. Harray geopend. Na 1906 werd ze echter door de firma DAWANS et fils overgenomen. Nu ontgint de N.V. Carrière de Sprimont deze groeve en verhandelt de steen uit de Formatie van de Crinoïdenkalksteen van de Ourthe (Tn3b) onder de naam "PETIT GRANIT – BLAUWE STEEN". De groeve van Anthisnes bevindt zich in het centrum van de gemeente Anthisnes, op de noordflank van de Synclinale van Comblain-au-Pont. De ontginning gebeurt in open lucht; waarbij de banken een strekking van ongeveer N64°E en een helling van 35°S hebben.

De totale ontginbare dikte aan één stuk bedraagt ongeveer 30 m, gelegen boven de grisou en van onder naar boven verdeeld in "gris-bec", "gros banc", "minces bancs", "banc fleuri", "bancs bleus" en "bancs noirs" (bevat de "bancs noirs" en de "bancs bleus") (tabel 15 en fig. 52). Volgens LIBERT (1911) vindt men in deze groeve een zeer mooie steen, die zelden anders bevat, waardoor men zeer omvangrijke blokken kan produceren.

Dikte in meter	Naam van de laag	Beschrijving
8,55	Bancs noirs	Banc aux Fontaines zit hierin
1,20	Banc Fleuri	
0,20	Dure Croute	
4,40	Minces bancs	2,00 m : Bancs bleus (met Banc aux Couteaux) 2,40 m: Bancs blancs
8,90	Gros banc	
0,90	Banc de 0,90m	
0,60	Banc de 0,60m	
5,40	Gris bec	4,20 m 1,20 m 1,00 m

Tabel 14: Opeenvolging van de banken in de groeve van Anthisnes (LIBERT, 1911).



Foto 44: Grisou in de groeve van Anthisnes (foto V. CNUDEDE).

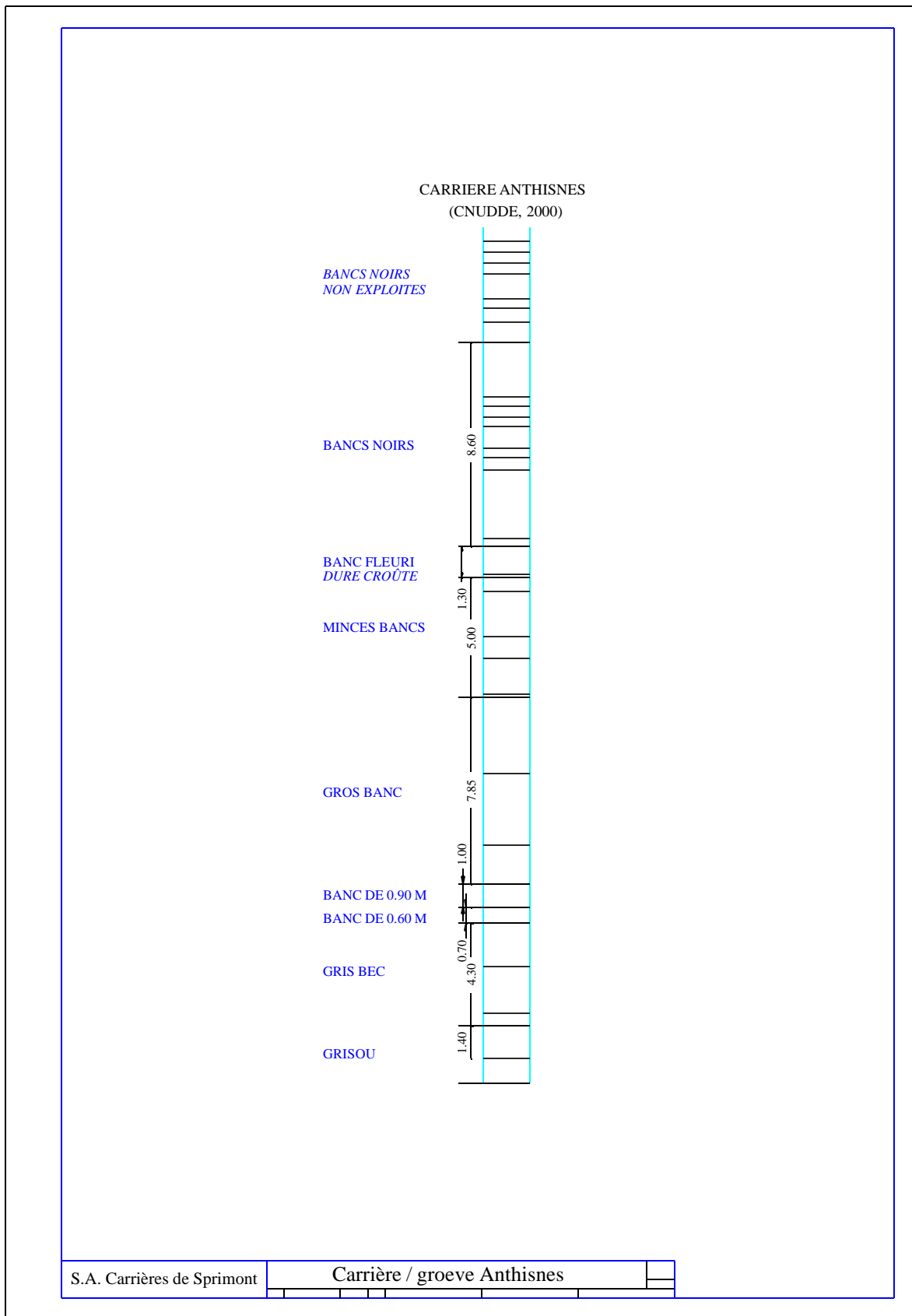


Dikte in meter	Naam van de laag	Beschrijving	Opmerkingen
		0,45 m 0,30 m 0,40 m 0,30 m 0,40 m 0,40 m 0,43 m 0,49 m 0,45 m 1,06 m 0,36 m 0,62 m 0,86 m	
8,59	Bancs noirs	2,25 m 0,41 m 0,45 m 0,38 m 0,95 m 0,40 m 0,50 m 2,90 m 0,35 m	
1,29	Banc Fleuri	1,12 m 0,17 m (Dure Croute)	
5,02	Minces bancs	0,60 m 1,90 m 0,90 m 1,50 m 0,12 m	
7,85	Gros banc	3,25 m 3,00 m 1,60 m	
1,00	Banc de 0,90m		
0,70	Banc de 0,60m		
4,30	Gris bec	1,80 m 2,00 m 0,50 m	We vinden hier zeer veel crinoïden terug (foto 45)
1,40 m 1,00 m	Grisou	Deze laag bevat brachiopoden, crinoïden, fijne calcietaders, calcietvlekken	De bovenste 1,40 m wordt nog uitgebaat

Tabel 15: Opeenvolging van de banken in de groeve Anthisnes.



Foto 45: Crinoïden aan oppervlak in gris bec van de groeve Anthisnes (foto V. CNUDE).



**Fig. 52: Schematische voorstelling van de banken in de groeve Anthisnes.**

In deze groeve is het niet zo eenvoudig om grote blokken naar boven te brengen (foto 46 en 47). Op foto 47 wordt aangetoond hoe men een stuk blauwe hardsteen uit de “banc noir” naar boven haalt.



Foto 46: Groeve Anthisnes in 2000 (foto V. CNUDE).



Foto 47: Bovenhalen van de steen (foto V. CNUDE).

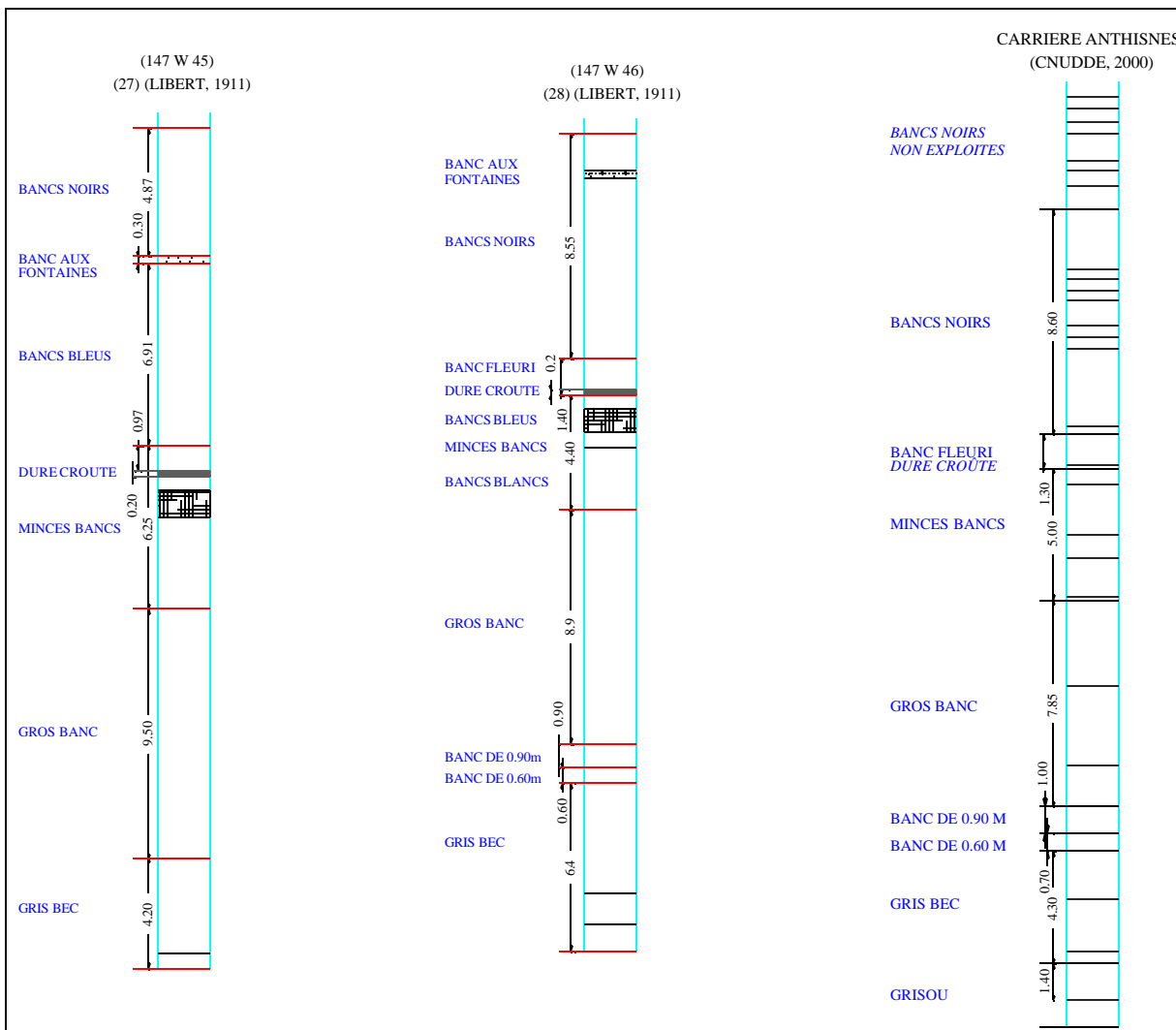


Fig. 53 : Schematische voorstelling van de verschillende groeven.

**147 W 47: Carrière Del Waide (fig. 51)**

Deze groeve ligt in Anthisnes, ongeveer 1 km van de groeve Pré Delva (LIBERT, 1911). Ze werd in 1907 geopend en werd in 1910 uitgebaut door de S.A. de Merbes-le-Château, maar was in 1914 alweer gesloten (ISSeP, 1994). De lagen, behorend tot het Tn3b, hellen er 65° S.

**147 W 48: Carrière Andrieu et Lefebvre (fig. 51)**

Deze groeve ligt in Anthisnes, naast het gehucht Vien. Ze is geopend in 1890 door de firma Andrieu et Lefebvre en werd sinds 1911 uitgebaut door de firma Henri Lefebvre (LIBERT, 1911). De lagen, behorend tot het Tn3b, hellen 60° S.

Dikte in meter	Naam van de laag	Beschrijving
7,30	Bancs noirs	De bovenste laag is de Banc aux Fontaines
1,70	Bancs bleus-noirs	
4,30	Bancs bleus	Laag aan basis: Banc Fleuri
0,20	Dure Croute	
4,50	Minces bancs	Hier zit de Banc aux Couteaux in vervat
8,40	Gros banc	
0,70	Banc de 0,60 m	
6,20	Gris bec	

**Tabel 16: Opeenvolging van de banken in de groeve Andrieu et Lefebvre (LIBERT, 1911).**

**147 W 49: Carrière Roba, Vien, Tassin et Andrieu (fig. 51)**

De groeve, gelegen in Vien (Anthisnes), is geopend in 1880 door Jean Roba, waarna ze in 1886 overgenomen is door de firma Tassin frères. De groeve vormt de meest westelijke kant van de belangrijkste groeven van Anthisnes. Volgens het ISSeP (1994) is de groeve pas gesloten na 1950. De lagen, behorend tot het Tn3b, hellen er ongeveer 67° S.

**147 W 50: Carrière Libert, Vien of Les Pierrys (fig. 51)**

De groeve, die in 1876 geopend werd, ligt in Vien (Anthisnes), in wat men noemt "Pierrys", ongeveer 800 m ten westen van de vorige groeve. Deze groeve bestaat in feite uit 2 exploitatiezones die zeer dicht bij elkaar liggen, waardoor ze in werkelijkheid één grote extractiezone vormen (GROESSENS, 1978). De groeve werd in 1909 door de firma Victor LIBERT et C<sup>ie</sup> overgenomen. Volgens het ISSeP (1994) is men in 1940 gestopt met de uitbating. De lagen, behorend tot het Tn3b, hellen er 75° S.

Dikte in meter	Naam van de laag
6,00	Bancs noirs
4,00	Bancs bleus
8,00	Minces bancs
9,00	Gros banc
6,00	Gris bec

**Tabel 17: Opeenvolging van de banken in de groeve Libert (LIBERT, 1911).**

**147 W 51: Carrière Simonis et Body, Les Floxhes of Les Hayettes (fig. 51)**

De groeve, gesitueerd in "Les Hayettes" te Floxhe (Vien-Anthisnes), werd in 1907 door de firma Simonis et Body geopend, maar volgens LIBERT (1911) liep de exploitatie in 1910 naar zijn einde. Volgens het ISSeP (1994) is de groeve in 1935 definitief gesloten. De lagen, behorend tot het Tn3b, hellen 84° S, wat al aanzienlijk meer is dan de vorige groeve, die maar op 400 m ligt.

Dikte in meter	Naam van de laag
3,00	Bancs noirs
4,00	Bancs bleus
1,10	Banc fleuri
2,30	Banc aux couteaux
0,70	Banc dit de 0,70 m
1,40	Banc dit de 1,40 m
9,00	Gros banc
0,60	Banc dit de 0,60 m
3,50	Gris bec

**Tabel 18: Opeenvolging van de banken in de groeve Simonis et Body (LIBERT, 1911).**

**147 W 52: Carrière au lieu-dit : "Crossée" (Ouffet) (fig. 51)**

De lagen van het Tn3b, die hier werden uitgebaat, zijn analoog met die van de 2 voorgaande groeven (147 W 50 en 147 W 51). Ze hellen 86° S, waardoor ze dus bijna verticaal staan. In 1911 meldt LIBERT dat de groeve maar zeer rudimentair met gereedschap is uitgerust en dat er toen 14 arbeiders waren tewerkgesteld. Volgens het ISSeP (1994) is de groeve na 1950 pas gesloten. Op de plaats waar men vroeger stenen uitbaatte, zaagt men nu aangekochte blokken, daar er voor verdere uitbating geen plaats is door de aanwezigheid van een boerderij.





Foto 48: De groeve Crossée op 10 augustus 2000 (foto V. CNUUDE).

#### **147 W 53 + 54: Carrières de Cobouhy (fig. 51)**

De groeven liggen in Combain-au-Pont (147 W 53) en in Anthisnes (147 W 54). Volgens het ISSeP (1994) zijn beide groeven in 1907 geopend door de firma Longueville et C<sup>ie</sup>, welke later Waha et C<sup>ie</sup> werd. De groeve in Combain-au-Pont is in 1914 gesloten, terwijl deze in Anthisnes al in 1909 gesloten was. In de eerste groeve (147 W 53) staan de banken verticaal, in de andere groeve (147 W 54) hellen ze 70° N. In beide groeven werden lagen van het Tn3b uitgebaat.

#### **147 W 55: Carrière Harray of Les Stepennes (fig. 51)**

De groeve, in Anthisnes, is in 1907 door de firma F. Harray geopend (LIBERT,1911). Ze werd echter in 1910 gesloten door de crisis die toen op de blauwe hardsteenindustrie woog. De lagen, behorend tot het Tn3b, hellen er 87° N.

Dikte in meter	Naam van de laag
5,00	Bancs noirs
3,25	Bancs bleus
3,40	Minces bancs
11,00	Gros banc
5,00	Gris bec

Tabel 19: Opeenvolging van de banken in de groeve Harray (LIBERT, 1911).

#### **147 W 56: Carrière La Rock (fig. 51)**

De kleine groeve, in Anthisnes, ligt dicht bij de baan Vien-Anthisnes naar Comblain-Fairon. Volgens LIBERT (1911) baatte men toen enkel de banken boven de dure croûte uit, namelijk les bancs bleus en les bancs noirs. De onderliggende lagen waren op dat moment nog niet blootgelegd. De helling van de lagen, behorend tot het Tn3b, bedraagt er 70° N. Volgens het ISSeP (1994) is de groeve voor 1830 geopend en in 1946 gesloten.

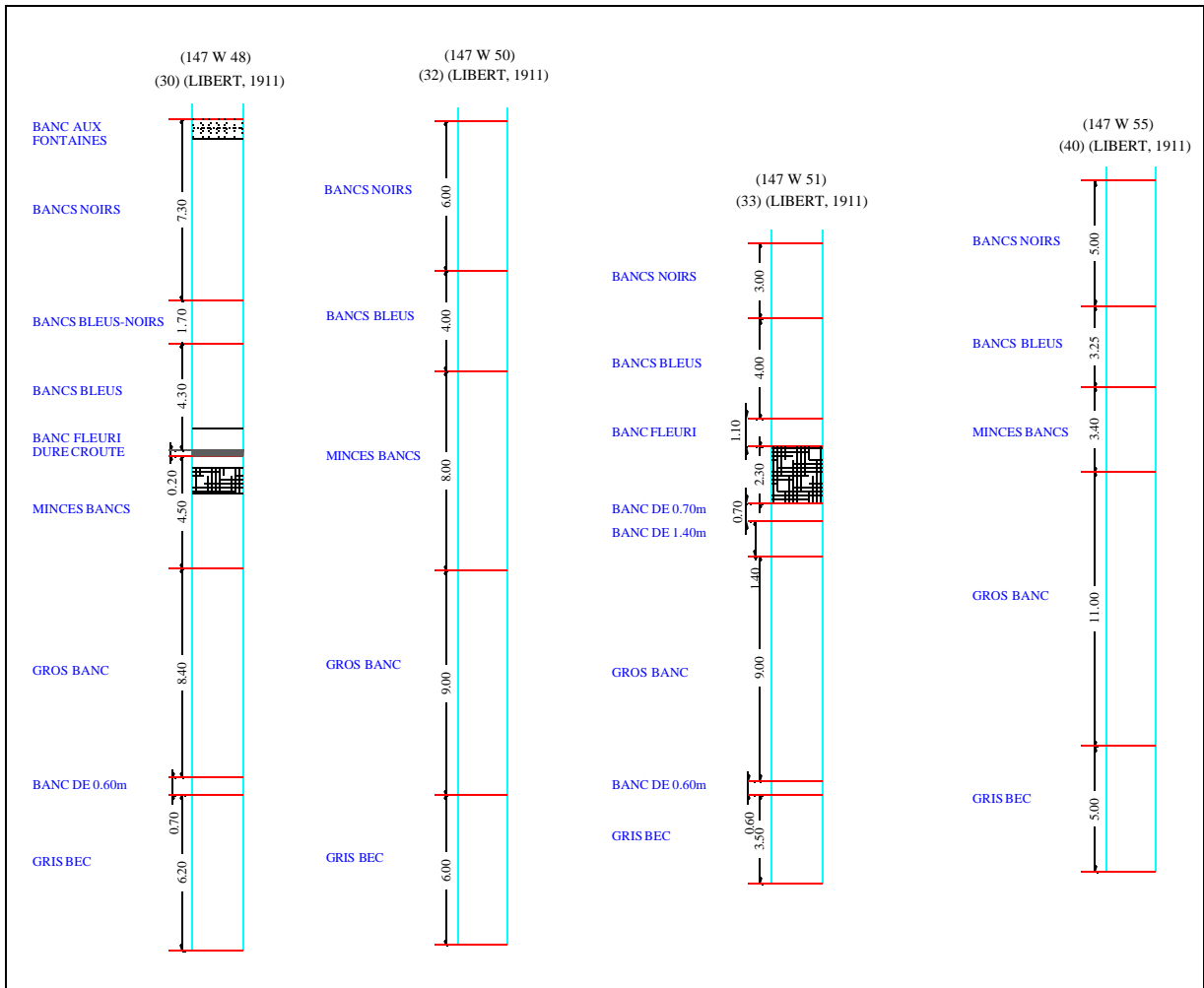


Fig. 54 : Schematische voorstelling van verschillende groeven van kaartblad 147 W.

## Geologische kaart 147 E(topografische kaart 49/2): Esneux

### 147 E 23: Carrière de Richopré

Deze kleine groeve, waar men de Kalksteen van Hastière (Tn1b) uitbaatte, ligt ten oosten van de Ourthe in Chanxhe, aan de voet een grote verlaten groeve met banken uit het Tn2b en Tn3a, waarin een grote breuk voorkomt.

### 147 E 193: Carrière Parmentier, Chanxhe, Embierir of Embierive (fig. 55)

De groeve bevindt zich; langs de weg Poulseur-Comblain-au-Pont te Chanxhe-Poulseur, op de westelijke flank van de vallei van de Ourthe. Ze bestaat waarschijnlijk van voor 1830 en was in 1911 eigendom van de firma Parmentier (LIBERT, 1911). In 1927 was de exploitatie verlaten (LEGRAYE, 1927). In 1911 baatte men in totaal 28,75 m dikke banken van het Tournaisiaan Tn3b uit. De helling van de lagen bedraagt er 55° tot 59° S. Vroeger heette de gemeente POULSEUR, terwijl ze nu de naam Comblain-au-Pont draagt. Volgens het ISSeP (1994) is men de uitbating van de groeve in 1940 gestopt. Het aantal werknemers in 1910 bestond uit gemiddeld 22 man.

Dikte in meter	Naam van de laag	Beschrijving
	Bancs calcaires avec cherts	
4,50	Bancs noirs	
5,50	Bancs bleus	
	Dure Croute	
4,75	Minces bancs	
9,00	Gros banc	De banken 0,60 m en 0,90 m vormen de basis van de gros banc
5,00	Gris bec	
	Grisou	

Tabel 20: Opvolging van de banken in de groeve Parmentier (LIBERT, 1911).

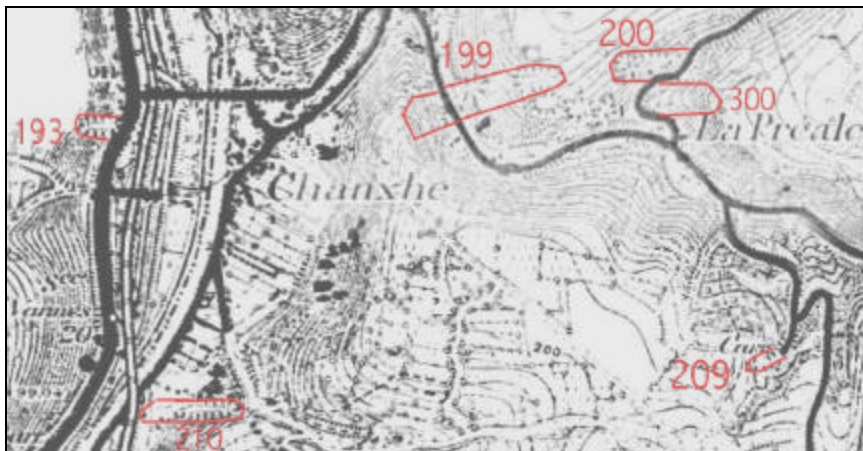


Fig. 55: Lokalisatie van de groeven op kaart 49/2.

### 147 E 199: Carrière J. Maréchal, Grand Heid Salte, La Hollande of Chantier (fig. 55)

De groeve, gelegen langs de noordelijke helling van het kleine dal dat kronkelde langs Chanxhe naar Sprimont, op ongeveer 1 km van de brug over de Ourthe, te Chanxhe (Sprimont), werd geopend in 1877 door een Nederlands bedrijf. Hierna is ze door verschillende exploitanten uitgebaad, tot ze in 1894 in de handen kwam van het bedrijf Joseph Maréchal. Ze was in 1911 een 50-tal m diep en er waren gemiddeld 75 werknemers tewerkgesteld (LIBERT, 1911). De geëxploiteerde lagen zijn dezelfde als deze van carrière de la Préalle (147 E 200-300), waar ze dichtbij ligt. In de groeve vindt men de Crinoïdenkalksteen van de Ourthe (Tn3b) en de Kalksteen van Martinrive. De helling van de lagen bedraagt ongeveer 55° - 60° S en de strekking N 80° W.

### 147 E 200 en 147 E 300: Carrière de la Préalle of Marechal F., Brisco E. en F. Henaux (fig. 55)

De groeve, gelegen in Préalle (Sprimont), ligt langs de westelijke flank van een ravijn die de lijn Chanxhe-Lincé volgt. De zone van La Préalle bevindt zich op de noordflank van de Synclinale van Sprimont. Ze werd geopend in 1880 en wordt geëxploiteerd sinds 1 januari 1910, door de firma F. Maréchal, E. Brisco en F. Henaux. In 1911 bedroeg de hoogte van blootgelegde lagen 31,50 m. Ze hellen 60° S en hebben een strekking van N 80° E., De groeve was in 1911 negen meter diep. In 1910 waren er volgens LIBERT (1911) 38 werknemers in dienst. In

1927 schrijft LEGRAYE dat men hier te maken heeft met de oude exploitatie Dernier. Volgens het ISSeP (1994) is de groeve pas na 1950 gesloten. De lagen in de groeve zijn op te splitsen in 2 formaties, nl. de Crinoïdenkalksteen van de Ourthe (Tn3b) en de Kalksteen van Martinrive.

Dikte in meter	Naam van de laag	Beschrijving
	Kalksteenbanken met chert	
6,15	Bancs noirs	0,50 m 0,65 m 1,50 m 1,25 m 0,75 m 1,50 m
6,40	Bancs bleus	1,65 m 1,40 m 0,95 m 1,20 m 1,20 m
0,05	Dure Crouete	
4,90	Minces bancs	0,80 m 1,20 m 0,70 m 0,80 m 1,40 m
10,00	Gros banc	8,50 m 0,90 m 0,60 m
4,00	Gris bec	4,00 m
	Grisou	

**Tabel 21: Opeenvolging van de banken in de groeve La Préalles (LIBERT, 1911).**

De groeve die in 2000 La Préalles noemt, is niet meer dezelfde als deze die in 1910 de naam La Préalles droeg. De huidige groeve ligt vlak naast de oude en draagt in de archieven van de BGD het nummer 147 E 300. In 1981 werden de aandelen van de groeve La Préalles gekocht door Renier, de huidige eigenaar. Voordien werd de groeve uitgebaat voor zijn dolomiet. Toen deze reserve op was, werd de groeve verkocht en startte men met de ontginning van de blauwe hardsteen, gelegen onder de dolomiet. Bij deze groeve hoorde ook de Carrière de dolomite (rechts van de route de Lincé) die in 1960 Carrière de Lincé werd genoemd.

In de huidige groeve van La Préalles (foto 49) wordt de grisou niet ontgonnen.




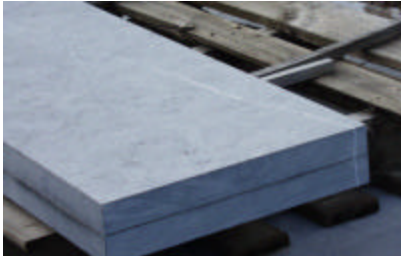
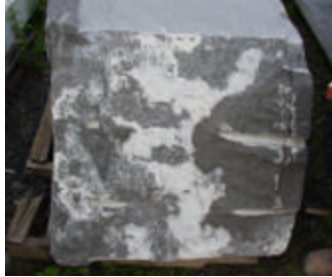

De N.V. Carrières de la Préalles Sprimont verhandelt de steen, die afkomstig is uit de Crinoïdenkalksteen van de Ourthe (Tn3b), onder de naam "BLAUWE STEEN VAN DE OURTHER". De groeve van de Préalles bevindt zich in het zuidwesten van de gemeente Chauxhe (Sprimont), in het bekken van de Ourthe-Ambève, in het centrale deel van de noordflank van de Synclinale van Sprimont.

De ontginning gebeurt in open lucht; de banken hebben een strekking van ongeveer N88°E en een helling van 58° S in het westelijke deel van de groeve en 50° S in het oostelijke deel. De totale ontginbare dikte aan één stuk bedraagt ongeveer 32,8 m, gelegen boven de grisou en van onder naar boven verdeeld in "gris-bec", "banc de soixante", "banc de nonnante", "gros banc", "minces bancs" en "bancs noirs" (fig. 57).



**Foto 49 : Overzichtsfoto van de groeve La Préalles (foto V. CNUDE).**



Naam van de bank	Beschrijving	Foto's en opmerkingen
Dolomiet:	De flint begint waar de dolomiet eindigt.	
Banc noir	Bevat geen witte aders De calciëtraal uit: "eksteruitwerpselen": komt op 2 niveaus voor  Witte vlek in de Banc noir Bevat ook witte calciëtraalgeodes en fijne zwarte lijntjes	 Blok uit de Banc noir
Banc bleu	Deze bank is helderder van kleur dan de Banc noir Vanaf het midden van deze bank komen er witte aders in voor. Deze lopen niet door de lagen, maar loodrecht erop; men begint stylolieten te zien en verder treft men er Michelinia, solitaire koralen en schelpen in aan.	
Dure croûte	Deze laag is te herkennen als een dun laagje, waar vaak begroeiing op voorkomt.	 De blauwe pijl duidt de dure croûte aan
Banc mince	Witte aders lopen door de lagen en eindigen bij het begin van Gros banc.  We hebben hier een dikkere gelaagdheid dan in de Banc bleu.	 Blok afkomstig uit de Banc mince
	Een soort korst die noch tot de banc mince, noch tot de gros banc behoort.	
Gros banc	Hier vinden we, op 0,60 m van basis, enkele massieve calciëtraalvlekken. Verder zijn er hier minder witte lijnen dan hoger.	
Gris bec	We vinden hier veel meer verwerking (bousin) dan in de Gros banc.	
Grisou		 Chert uit de grisou

Tabel 22: Opeenvolging van de banken in de groeve La Préalle.

De firma is echter geïnteresseerd in de dikte van de grisou en de onderliggende lagen, om die eventueel later uit te baten. De verwerking (bousin) in de groeve neemt toe met de diepte. Men krijgt dus meer en meer verkleuring en verwerking van de steen naarmate men in diepere lagen komt.

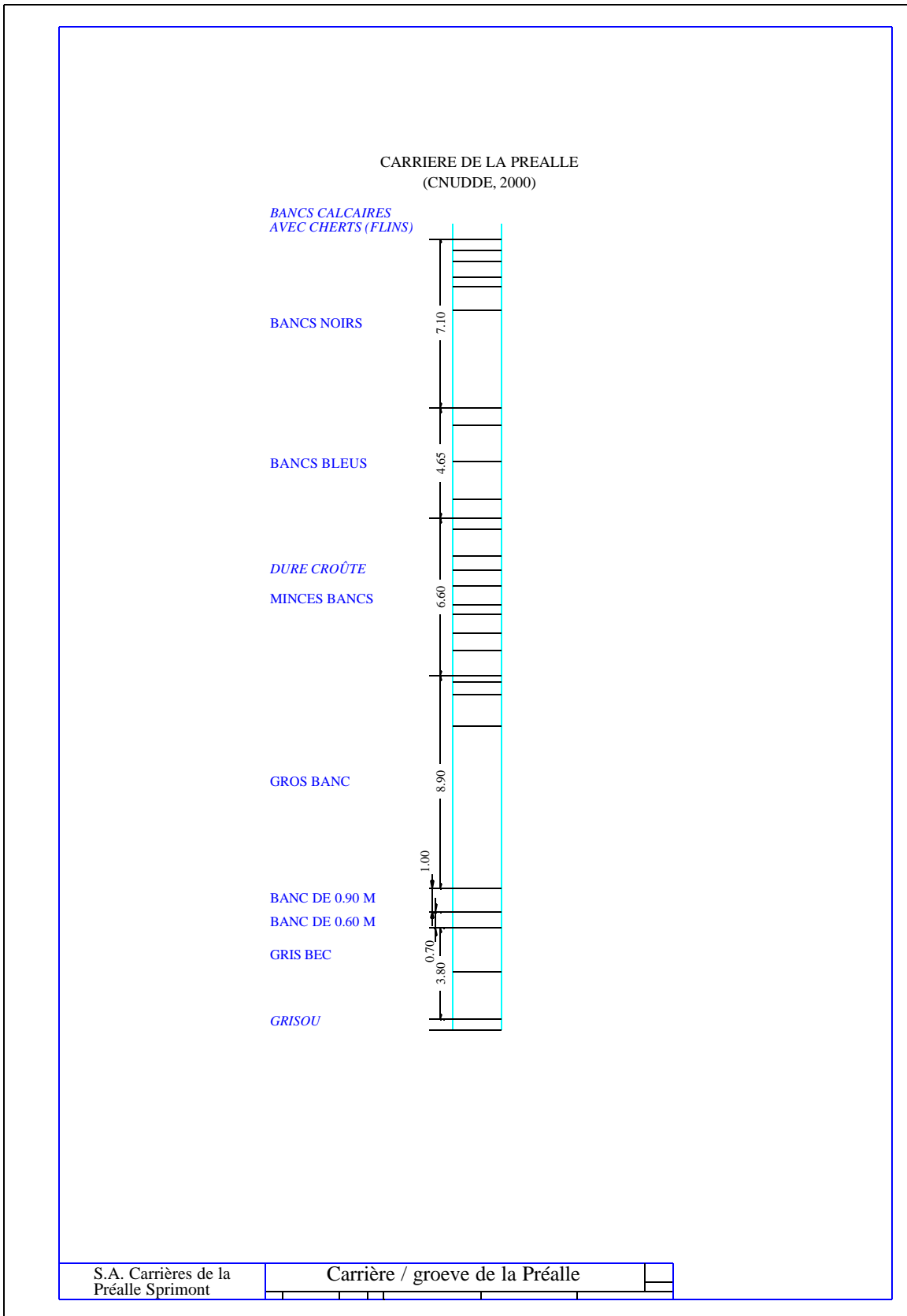


Fig. 57 : Schematische voorstelling van de banken uit de groeve la Préalle.

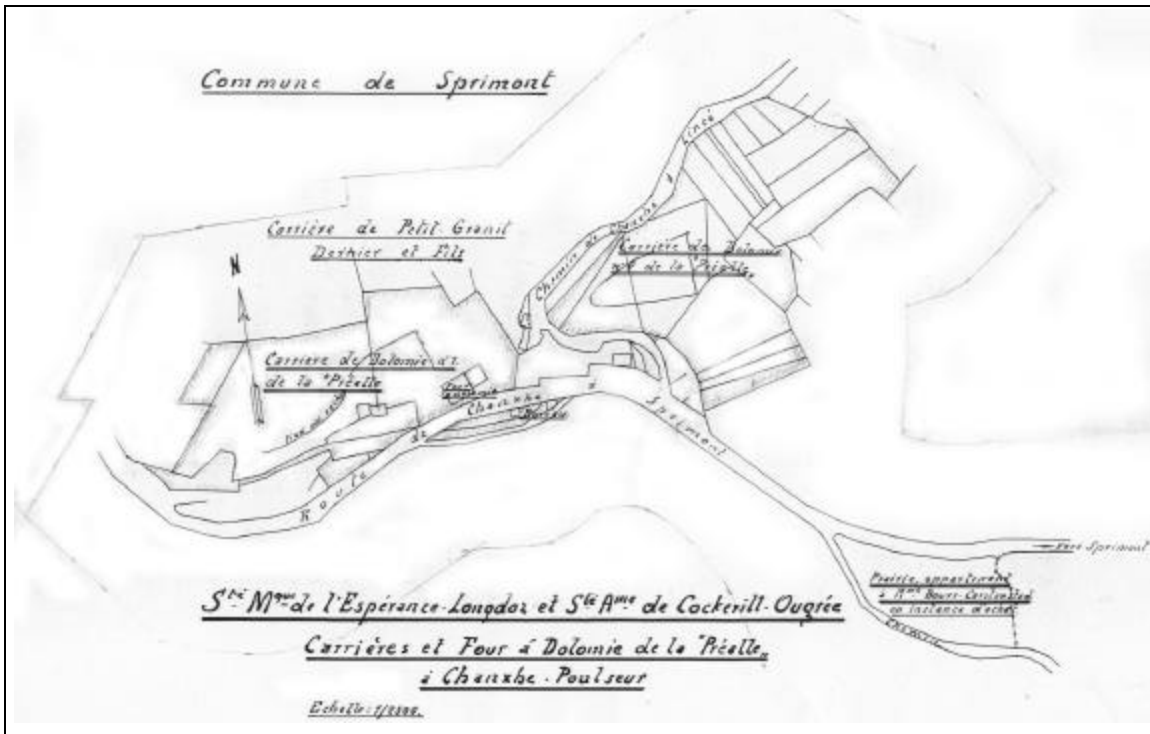


Fig. 56: Plan uit 1958 (ter beschikking gesteld door M. Renier, eigenaar van de groeve).

**147 E 201: Carrière Trou Banderoulle of Carrières d'Ogné (fig. 58)**

De groeve ligt in Ogné (Sprimont), ongeveer 3 km ten oosten van de vorige groeven. Ze krijgt, samen met carrière Trou Rondia, soms ook de naam Carrières d'Ogné. Het zijn de oudste exploitaties uit de regio van Sprimont (LIBERT,1911). Ze zijn geopend rond 1850 door de familie Rondia uit Lincé en later door verschillende firma's uitgebaat. In 1905 zorgt de firma S.A. d'Ogné-Sprimont voor de verder uitbating. De opeenvolging van de lagen, beschreven door LIBERT (1911), geldt voor beide groeven Ogné (tabel 23). De totale dikte van de uitgebaatte lagen, uit het Tn3b, bedraagt 39,2 m. Volgens het ISSeP (1994) is men in deze groeve pas na 1950 gestopt met uitbaten. De helling van de lagen varieert van 35° tot 25° van west naar oost.

Dikte in meter	Naam van de laag	Opmerkingen
7,15	Bancs noirs	
8,60	Bancs bleus	
0,40		
0,20	Dure Croute	
9,75	Minces bancs	
5,10	Gros banc	
0,90 m		
0,60		
4,50	Gris bec	Werd in Trou Banderoulle niet uitgebaat
2,00	Grisou	

Tabel 23: Opeenvolging van de banken in de groeven Ogné (LIBERT, 1911).



Fig. 58 : Situering van de groeven op kaart 49/2.

**147 E 202: Carrière Trou Rondia of Carrières d’Ogné (fig. 58)**

De groeve, ligt in Ogné (Sprimont) naast de groeve Trou Banderouille, op ongeveer 3 km ten oosten van de groeven van La Préalles. De groeve krijgt soms ook de naam Carrières d’Ogné. Het is één van de oudste exploitaties uit de regio van Sprimont (LIBERT,1911). Rond 1850 is ze, door de familie Rondia uit Lincé, geopend, waarna ze door verschillende firma's uitgebaat werd. In 1905 zorgde de firma S.A. d’Ogné-Sprimont voor de verder uitbating ervan. De totale dikte van de uitgebatede lagen, behorend tot het Tn3b, bedraagt 39,2 m. De helling van de lagen varieert van 35° tot 25° van west naar oost.

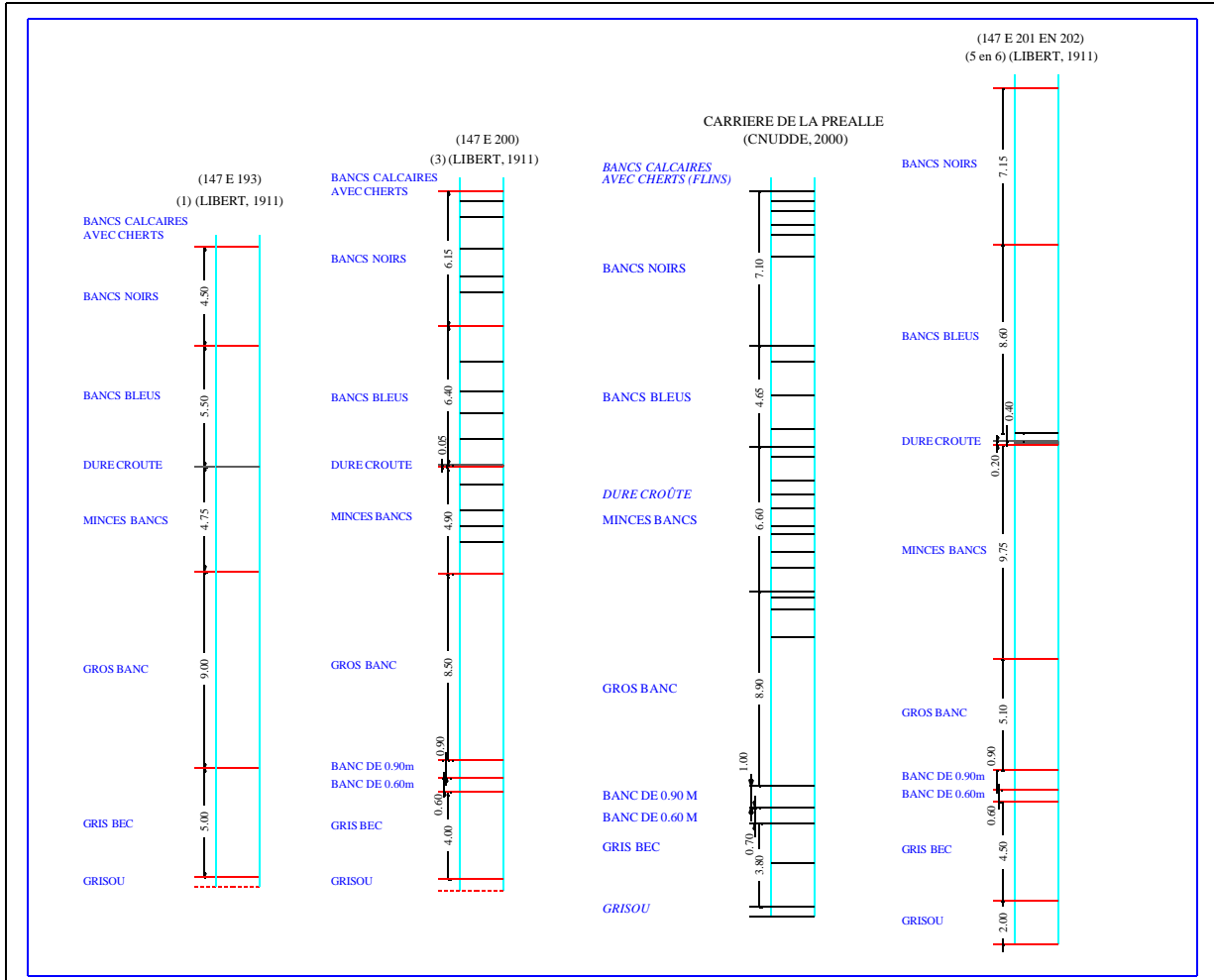


Fig. 59 : Schematische voorstelling van de verschillende groeven.

**147 E 203: Carrière Mth. Van Roggen, Rays of Bossard (fig. 58)**

De groeve, gelegen in Fond de Leval (Sprimont), ten westen van de oude weg van Sprimont naar Luik, werd in 1882 geopend. Ze werd door de firma Bosard frères et C<sup>ie</sup> uitgebaat, waarna de firma Mth. Van Roggen ze overnam. In 1910 waren er 50 werknemers tewerkgesteld en waren de technieken, naar de normen van toen, verouderd (LIBERT,1911). De samenstelling van de lagen is gelijkaardig met die van de groeven Ogné. De gris bec en de grisou werden niet uitgebaat. De helling van de lagen, uit het Tn3b, bedraagt er ongeveer 20° S.

Dikte in meter	Naam van de laag
7,00	Bancs noirs
8,00	Bancs bleus
8,00	Minces bancs
5,00	Gros banc
0,90	Banc de 0,90m
0,60	Banc de 0,60m
	Gris bec
	Grisou



**Tabel 24: Opeenvolging van de banken in de groeve Mth. Van Roggen (LIBERT, 1911).**

**147 E 204: Carrière M. Dernier et Frères, Correux of fond de leval (fig. 58)**

De groeve in Fond de Leval (Sprimont), gesitueerd ten oosten van de weg van Sprimont naar Luik, werd in 1880 geopend door de firma "La Société civile Henri Dernier et frères" (LIBERT,1911). De helling van de lagen, behorend tot het Tn3b, bedraagt 15° S. Men baat er enkel de lagen boven de gris bec uit, tot en met de banc blues. De totale dikte van deze lagen bedraagt 22,4 m. In 1910 waren er hier 130 werknemers aanwezig. Een schematisch overzicht van de banken vindt men in tabel 25 en in fig. 60.

Dikte in meter	Naam van de laag	Beschrijving
8,00	Bancs bleus	
0,15	Dure Croute	
7,75	Minces bancs	0,75m 1,60m 0,70m 0,70m 2,00m 2,00m
5,00	Gros banc	
0,90	Banc de 0,90m	
0,60	Banc de 0,60m	
5,00	Gris bec	
	Grisou	

Tabel 25: Opeenvolging van de banken in de groeve M. Dernier et Frères (LIBERT, 1911).

**147 E 205: Carrière Defays (Mth. Van Roggen), Correux of fond de leval (fig. 58)**

De groeve, gelegen in Fond de Leval (Sprimont), is samen met de voorgaande groeve tot een geheel te beschouwen. Ze werd geopend in 1875 door de firma Defays frères et soeurs en in 1911 door de firma Mth. Van Roggen overgenomen (LIBERT,1911), toen er 150 mensen waren tewerkgesteld. De lagen behoren, net zoals in de vorige groeve, tot het Tn3b. De helling van de lagen bedraagt eveneens 15° S en ook de dikte van de lagen is vergelijkbaar met de vorige groeve. Een schematisch overzicht van de banken vindt men in tabel 26 en fig. 60.

Dikte in meter	Naam van de laag	Beschrijving	Opmerkingen
1,50	Bancs bleus		
	Dure Croute		
5,05	Minces bancs		
4,00	Gros banc		
0,90	Banc de 0,90m		
0,60	Banc de 0,60m		
4,50	Gris bec	4,00 m	Werd niet uitgebaat in 1911
2,00	Grisou		Werd nog niet versneden in 1911

Tabel 26: Opeenvolging van de banken in de groeve Defays (LIBERT, 1911).

**147 E 206: Carrière Schinler Frères (fig. 58)**

De groeve, gesitueerd in het centrum van Sprimont, werd geopend in 1860. In 1911 was ze eigendom van de firma Schinler Frères, waar er maar enkele arbeiders werkten (LIBERT,1911). De lagen behorend tot het Tn3b, staan verticaal. Een schematisch overzicht van de banken vindt men in tabel 27 en in fig. 60.

Dikte in meter	Naam van de laag	Beschrijving
6,00	Bancs noirs	
9,80	Bancs bleus	6,70m 1,40m 1,70m
	Dure Croute	
9,40	Minces bancs	0,70m
4,65	Gros banc	3,00m
1,00	Banc de 0,90m	
0,65	Banc de 0,60m	
4,50	Gris bec	2,50m

Tabel 27: Opeenvolging van de banken in de groeve Schinler Frères (LIBERT, 1911).

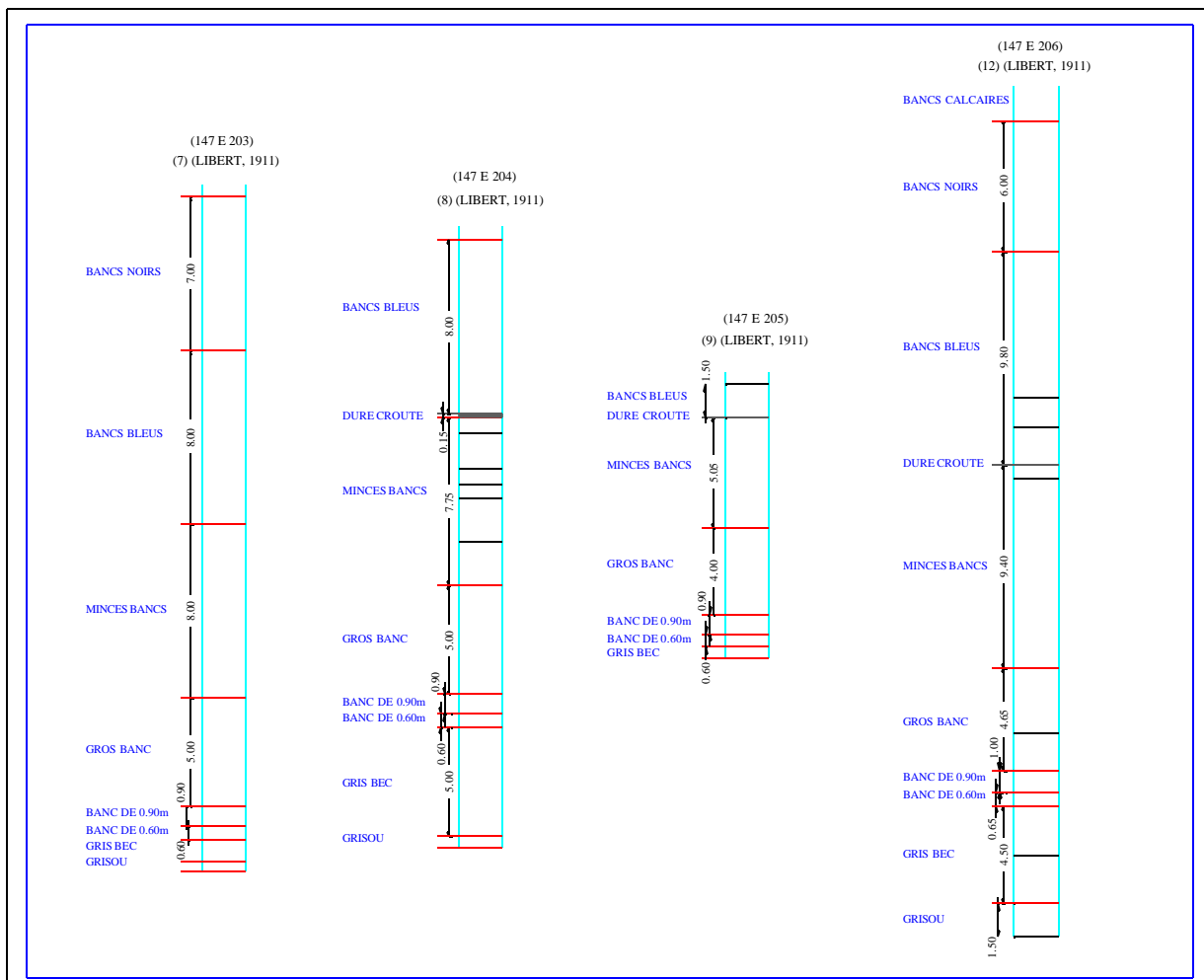


Fig. 60: Schematisch overzicht van de verschillende groeven.

**147 E 207: Carrière à Sprimont of Carrière Schinler (fig. 58)**

Deze groeve, gesitueerd naast de groeve Schinler Frères in de gemeente Sprimont, werd volgens het ISSeP (1994) in 1860 geopend en in 1940 gesloten. De lagen, behorend tot het Tn3b, staan vertikaal. Hier werden in 1910 (LIBERT,1911) de gris bec, de gros banc en de twee intermediaire lagen 0,60 m en 0,90 m uitgbaat. Samen vormden deze banken ongeveer 11 m.

**147 E 208: Carrière de Lillé (Van Roggen) (fig. 58)**

Deze groeve, gelegen in Lillé (Rouvreux), op de grens met de gemeente Sprimont, werd volgens het ISSeP (1994) nog voor 1830 geopend en pas na 1981 gesloten. De lagen, behorend tot het Tn3b, hellen 87° N. De groeve behoorde tot de firma Mth. Van Roggen en werd in 1910 door twee arbeiders overgenomen (LIBERT,1911), die de onderste bank, de gris bec met een dikte van 2,30 m, uitbaatten.

**147 E 209: Carrière de Presseux (Sprimont) of Carrière Miroule (fig. 55)**

Deze groeve, gelegen in Presseux-Sprimont, werd volgens het ISSeP (1994) geopend voor 1830 en gesloten in 1940. Op het ogenblik dat LIBERT (1911) de groeve bezocht, was ze inactief. Toen LEGRAYE (1927) de groeve bezocht, was ze nog altijd verlaten en waren de kalksteenlagen sterk verweerd, met grote oplossingsholten. Boven deze lagen vond men zand en silt met gerolde kwartsietkeien. De helling van de lagen, behorend tot het Tn3b, bedraagt er 74° N en de strekking N 80° E.

**147 E 210: Carrière de Zei te Chanxhe (fig. 55)**

De groeve Les Zeis, die zich tussen de Carrière de Presseux in het oosten en Carrière Laffut et Brun in het westen bevindt, werd geopend in 1857 door de firma Dehan te Chanxhe (Comblain-au-Pont). Deze firma ging

tot in 1890 door met de uitbating, waarna ze werd overgenomen door de S.A. de Vireux-Molain, die tot 1904 de uitbating verder zette. In 1908 werd de groeve overgenomen door de firma F. et F. Maréchal frères et C<sup>ie</sup> (LIBERT,1911). Nu ontgint de N.V. Carrière de Chanxhe de blauwe hardsteen uit de Formatie van de Crinoïdenkalksteen van de Ourthe (Tn3b). De groeve van Chanxhe bevindt zich in het zuidwesten van de gemeente Chanxhe (Sprimont), in het bekken van de Ourthe-Ambève, in het centrale deel van de zuidflank van de Synclinale van Sprimont. De ontginning gebeurt in open lucht; de banken hebben een strekking van ongeveer N84°E en een helling van 76°N tot 85°N.

De totale ontginbare dikte aan één stuk bedraagt ongeveer 33 m, gelegen boven de grisou en van onder naar boven verdeeld in “gris-bec”, “gros banc”, “bancs bleus” en “bancs noirs” (tabel 29 en fig. 61). Onder de Gris Bec bevindt zich de Grisou, welke niet wordt uitgebaat en 2,98 m dik is. De lagen die behoren tot het Tn3b, bezitten een strekking van N 84° E en hellen 85° N.

In 1910 werden hier, door 43 arbeiders, 33,2 m lagen ontgonnen, van de gedolomitiseerde basis van de Crinoïdenkalksteen tot en met de Dolomiet van Sovet. (LIBERT, 1911). In 1974 meldt GROESSENS dat men in de groeve recent met de activiteiten was herbegonnen. Men meldt dat de basis van de Kalksteen van Martinrive was samengesteld uit een accumulatie van grote crinoïdenstengels, met een diameter tot 3 cm., en de eerste chert.



Foto 50: Overzicht van de groeve (foto V. CNUDE).

De dikte van de lagen is bij de mensen van de groeve als volgt bekend:




- Grisou: 3,00 m
- Gris Bec: 5,20 m
- Gros Banc: 10,4 m
- Bancs Minces: 6,20 m
- Bancs Bleus: 6,20 m
- Bancs Noirs: 5,20 m

Een schematisch overzicht van de banken vindt men in tabel 28 en 29 en in fig. 61.

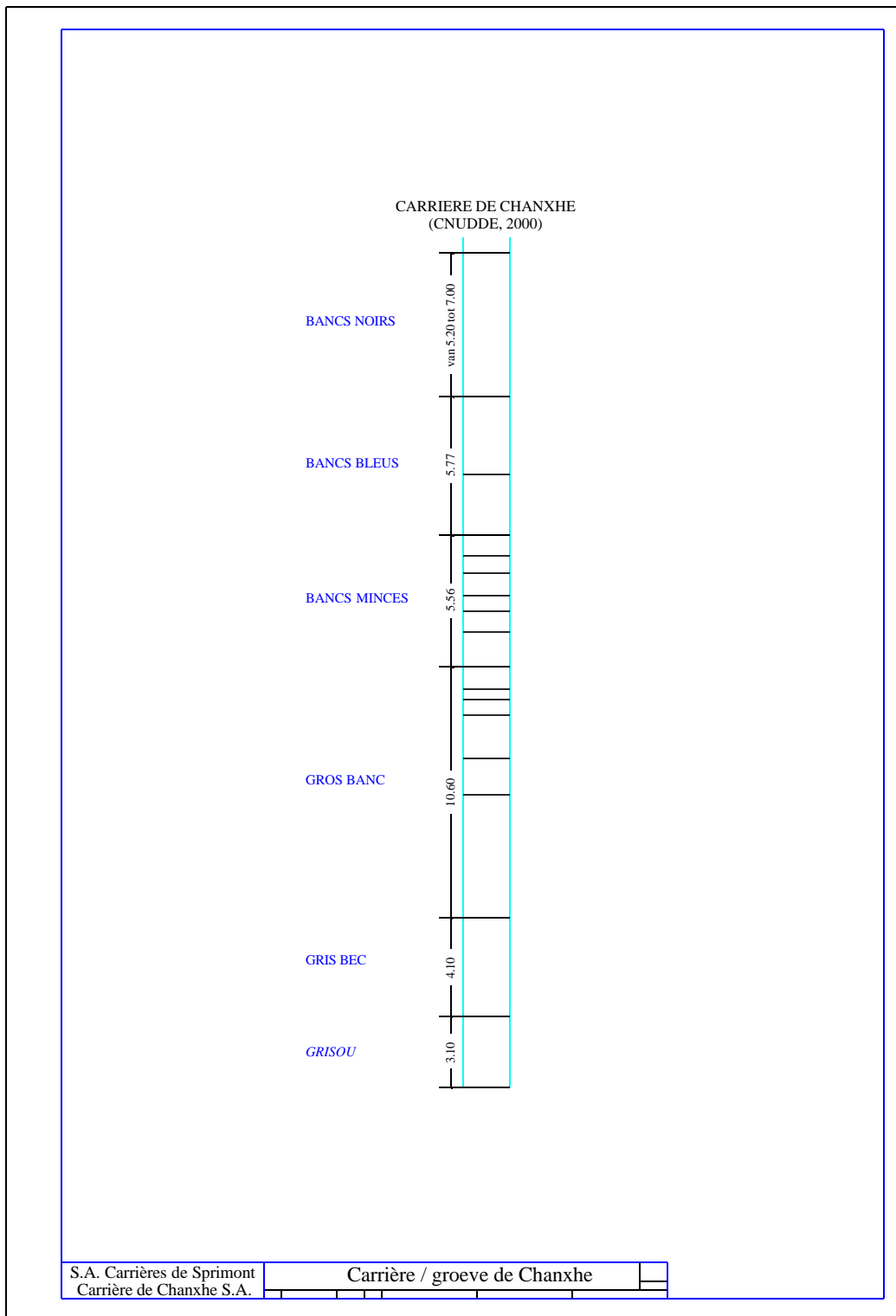
Dikte in m	Naam van de laag	Beschrijving	Opmerkingen
	Kalksteen met chert		
6,10	Bancs noirs		
4,50	Bancs bleus		
8,40	Minces bancs	4,7 m boven de basis van deze bank vinden we de Dure Croûte	
10,10	Gros banc		Bevat ook de “banc de 0,90 m”
0,60	Banc de 0,60 m		
4,40	Gris bec		
	Grisou		Wordt niet uitgebaat

Tabel 28: Opeenvolging van de banken in de groeve Chanxhe (LIBERT, 1911).



Dikte in m	Naam van de laag	Beschrijving	Foto's
7,00	Banc Noir	Volgens de mensen uit de groeve is deze laag 5,2 m dik. Misschien behoort het bovenste deel dat wij erbij hebben gemeten dus tot de daarboven liggende laag of varieert de dikte van de laag van plaats tot plaats.	
5,77	Bancs Bleus	3,25 m 2,52 m	
5,56	Bancs Minces	0,92 m 0,74 m 0,90 m 0,67 m 0,88 m 1,45 m	
10,60	Gros Banc	0,90-0,95 m 0,45 m 0,67 m 1,80 m 1,50 m  De onderste 5,23 m was niet in detail meetbaar (plaatselijk onbereikbaar).	
4,10	Gris Bec	Bevat bivalven.	

Tabel 29: Opeenvolging van de banken in de groeve Chanxhe.



**Fig. 61: Schematische voorstelling van de groeve van Chanxhe.**

**147 E 211: Carrière Laffut et Brun (fig. 62)**

Deze groeve is gesitueerd in "Terre aux cerisiers" (Comblain-au-Pont), langs de linkerkant van de Ourthe, ongeveer 1,2 km ten westen van de vorige groeve. De groeve werd rond 1850 geopend (ISSeP, 1994) en was in 1910 de exploitatieplaats van de firma Laffut et Brun (LIBERT, 1911), toen met maar enkele arbeiders. Volgens het ISSeP (1994) werd de groeve gesloten na 1950. Men begon de ontginning vanaf de gris bec. De grisou is de enige die hier niet wordt uitgebraat. De lagen, behorend tot het Tn3b, hellen 45-50° N en hebben een E-W strekking. Boven de kalkhoudende lagen ligt zand met bollen gerolde bleke kwarts en kwartsiet.



Fig. 62: Lokalisatie van de groeves op kaart 49/2.

**147 E 212: Carrière Chantier et Peters of Trou du mont (fig. 62)**

Deze groeve (foto 51), gelegen in "Trou du mont" (Comblain-au-Pont, gemeente Poulseur), ligt ongeveer 900 m ten westen van de vorige groeve, in het bekken van de Ourthe-Ambève, in het westelijke deel van de zuidflank van de Synclinale van Sprimont. Ze werd geopend in 1875 en door verschillende firma's uitgebaat, waaronder door de S.A. de Merbes-le-Château. In 1911 was de groeve in het bezit van de firma Chartier et Péters (LIBERT, 1911). De groeve wordt officieel pas sinds 1899 uitgebaat, daar er documenten bestaan die aangeven dat er toen voor het eerst een formeel administratief statuut voor de uitbating werd opgesteld. Men kreeg hierbij de toelating om het oostelijk deel van de site uit te baten, terwijl men voor het westelijk deel de toelating pas in 1934 kreeg. LIBERT heeft in 1911 de groeve onderzocht en heeft er een coupe van gemaakt, waaruit bleek dat men vanaf de gris bec, een dikte van 32,45m uitbaatte (tabel. 30).



Foto 51: Overzichtfoto's van de groeve (foto's V. CNUDE).

Dikte in meter	Naam van de laag
4,75	Bancs noirs
8,75	Bancs bleus
	Dure Croute
4,65	Minces bancs
8,10	Gros banc
0,90	Banc de 0,90m
0,60	Banc de 0,60m
4,50	Gris bec
	Grisou

Tabel 30: Opeenvolging van de banken in de groeve Trou du mont (LIBERT, 1911).

Volgens het ISSeP (1994) is de groeve gesloten in 1940. Ze is later in het bezit gekomen van de S.A. Carrière Berthe, die ze verhuurt aan Carrières FLAY-CO sprl. Deze verhandelt de steen uit het Tn3b, de Formatie van de

Crinoïdenkalksteen van de Ourthe, als "BLAUWE STEEN VAN COMBLAIN". De ontginning gebeurt in open lucht; de banken hebben een strekking van ongeveer N78°E en een helling van 50°N.

De totale ontginbare dikte aan één stuk bedraagt ongeveer 31,5 m, gelegen boven de grisou en van onder naar boven verdeeld in “gris-bec”, “gros banc” (bevat de “gros banc”, “banc de nonnante” en de “banc de soixante”), “bancs bleus” (bevat de “bancs bleus” en de “minces bancs”) en “bancs noirs” (tabel 31 en fig. 63).



**Foto 52: Aanduiding van de banken in de groeve Trou du mont (foto V. CNUUDE).**

De detailbeschrijving van de lagen gebeurde in samenwerking met de geoloog van de groeve, Le Charlier.

**Grisou:** Harde, kwartsrijke laag met bovenaan chert (Bande de ferre: ongeveer 40 cm dik), die een normale uitbating onmogelijk maakt. (Troydo, 158 W 890, is de enige groeve die deze laag in deze streek uitbaat. Bij hen bedraagt de dikte van de laag ongeveer 1m).

**Gris bec:** Deze is helderder dan de grisou en bevat iets meer fijne laagjes. Deze laag is 4,5 m dik en bevat ook iets meer klei. Deze laag is frequent gekarstifieerd, hetgeen voor de vorming van de “bousins” zorgt.

**Gros banc:** Dit betreft een sterk homogene, relatief heldere laag, die toch iets donkerder is dan de gris bec. Ze is zeer vaak gebroken ondanks het feit dat ze zeer massief is. De breuken zijn waarschijnlijk te wijten aan het feit dat men dicht bij de plooi zit van de synclinale. Uitzonderlijk komen er stylolieten in voor, soms treft men er grote koralen in aan (meer naar Modave toe zijn er meer koralen aanwezig). De dikte van de laag varieert. De helling van de gris bec en de gros banc verschilt door de inzakking van de lagen in een karstholte. De totale dikte van de bank bedraagt 10 tot 11 m. De banc de 0.90 m en de banc de 0.60 m zijn hier worden hier niet als afzonderlijke banken beschouwd.

**Bancs bleus:** Dit is de laag met de beste kwaliteit, met zeer homogene textuur. Ze is iets donkerder en bevat weinig witte aders. Men kan er makkelijk grote blokken uit maken. Vroeger werd dit niveau opgedeeld in banc bleus en minces bancs. Aangezien er geen echte dunne lagen aanwezig zijn, worden deze nu als één geheel beschouwd. Dit is duidelijk anders in de groeven van Ouffet.

**Banc Noir:** Deze bank ligt op het golvend erosievlak van de Bancs Bleus. Ze bevat meer stylolieten, bioturbaties en witte aders, die eerder recht zijn en makkelijk breken. Witte aders (foto 53) zorgen niet noodzakelijk altijd voor zwakte (hoofdstuk 5: buigtreksterkte). Het is een moeilijk te verhandelen laag die hier niet wordt uitgebaat. Ze is opgedeeld in verschillende pakketten (tabel 31) en is in totaal 5,4 m dik. Ze bevat een bank met geodes, de “banc dit aux fontaines”, waarvan de naam wijst op het feit dat er water uit kwam, als men er vroeger in boorde. De grootste onregelmatigheden die men in deze bank vindt, zijn de “crapauds”, witte calcietbollen van 3 tot 5 cm diameter, en de plaatselijke stylolieten. Aan de basis vindt men de Flori-Banc, een relatief fijne moeilijk te verhandelen blauwe hardsteen met een gebloemd patroon van bioturbaties in een donkerder matrix.



**Foto 53: Witte adertjes uit deel boven de banc noir (foto V. CNUUDE).**

Boven de Banc Noir begint de Formatie Martinrive. Volgens de geoloog van de groeve begint deze formatie van zodra dat men geen massieve steen meer heeft en de kleine banken beginnen. Volgens anderen begint de



formatie met de chert (foto 54). De grens tussen de Formatie van Martinrive en de massieve Crinoïdenkalksteen van de Ourthe is nog niet echt bepaald.

Men moet er rekening mee houden dat de lithologie (tabel 30) van LIBERT (1911) werd opgenomen toen de groeve meer oppervlakkig werd ontgonnen, met meer verweerde bovenlagen. Dit liet toe de stylolieten makkelijker waar te nemen. Dit is nu veel moeilijker, mede door de snelheid en de wijze van ontginnen.



Foto 54: “Flint” (foto V. CNUDE).

Dikte in meter	Naam van de laag	Beschrijving
	Flint	
		0,45m 0,60m 0,10m 0,30m 0,90m 0,65m 0,55m 0,35m 0,25m 0,35m 0,25m 0,75m 0,45m 0,60m 0,45m 0,35m 0,45m 1,10m
4,40	Bancs noirs	2,00m 1,80m 0,35m 1,25m
12,53m	Bancs bleus	0,55m 2,00m 0,70m 0,90m 1,20m 1,25m 1,20m 5 à 10 cm (dure croute?) 0,65m 4,00m
10,00	Gros banc	Dikte varieert
4,50	Gris bec	
	Grisou	Bovenaan Bande de ferre die ongeveer 40 cm dik is

Tabel 31: Opeenvolging van de banken in de groeve Trou du mont.

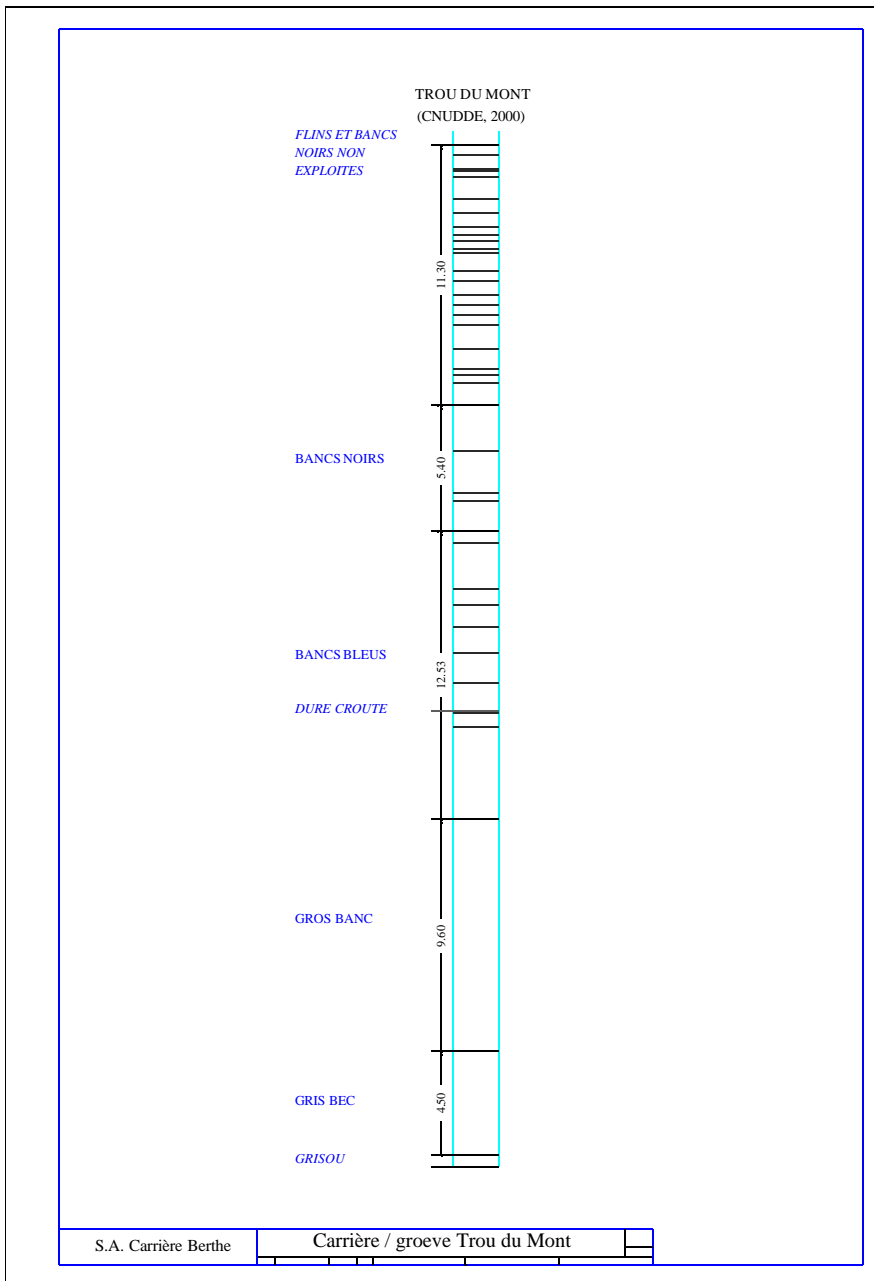


Fig. 63: Schematische voorstelling van de groeve Trou du Mont.



Fig. 64: Lokalisatie van de groeven op kaart 49/2.

#### **147 E 213: Carrière de l'Amblève (fig. 64)**

Deze groeve, gelegen in "Bois-du-Loup" (Rouvreux), werd geopend in 1882 (LIBERT,1911). In 1911 werd ze uitgebaat door de firma S.A. des Carrières réunies de l'Amblève. Volgens het ISSeP (1994) werd de groeve na 1950 gesloten. De lagen, behorend tot het Tn3b, hellen 50° S.

#### **147 E 214: Carrière Lodez of carrière Halleux (fig. 64)**

De groeve, gelegen in "Halleux" (Comblain-au-Pont), ligt in het oostelijk verlengde van de Carrière de Halleux, op de noordelijke flank van de synclinale van Comblain-au-Pont. De groeve is geopend nog voor 1830 en is gestopt in 1925 (ISSeP, 1994). In 1911 (LIBERT,1911) was de firma Lodez frères et soeurs de eigenaar. De lagen, behorend tot het Tournaisiaan Tn3b, hebben een helling van 55 tot 60° S.

Dikte in meter	Naam van de laag	Beschrijving
13,00	Bancs noirs	
11,00	Bancs bleus	
10,00	Pierre blanche	Bevat de Gros banc, Minces bancs,...
5,00	Gris bec	
	Grisou	

Tabel 32: Opeenvolging van de banken in de groeve Lodez (LIBERT, 1911).

#### **147 E 215: Carrière de Halleux (fig. 64)**

Deze groeve ligt op ongeveer 2,2 km van de groeve van Bois-du-Loup, in het westelijk verlengde van de vorige groeve. Volgens het ISSeP (1994) is de groeve vòdr 1830 geopend en is ze na 1950 gesloten. In 1911 (LIBERT,1911) was de firma S.A. des Carrières du Halleux de eigenaar. De N-E gerichte lagen, behorend tot het Tn3b, hebben een helling van 55 tot 60° S. De groeve is gesitueerd op de noordelijke flank van de synclinale van Comblain-au-Pont. In 1927 meldt LEGRAYE dat de kalksteenlagen bedekt worden door verschillende meters zand en silt met gerolde kiezelstenen, oude alluvia van de Amblève, waarvan de afmeting tot 10 m kan bedragen.

#### **147 E 216: Carrière J. Burton, La Xhavée of Madeleine (fig. 66)**

Deze zeer oude groeve bevindt zich in Mont (Comblain-au-Pont) aan de linkeroever van de Ourthe op meer dan 3 km ten westen van de twee vorige groeven. De lagen (tabel 33), behorend tot het Tn3b, hellen ongeveer 60° S. In 1910 baatte de firma J. Burton et C<sup>ie</sup> enkel de gris bec, de gros banc, de twee intermediaire banken en een deel van de minces bancs uit (LIBERT, 1911).

Dikte in meter	Naam van de laag	Beschrijving
	Bancs calcaires avec cherts	
8,35	Bancs noirs	
8,40	Bancs bleus	
0,20	Dure Croute	
6,10	Minces bancs	
8,80	Gros banc	
0,90	Banc de 0,90m	
0,60	Banc de 0,60m	
4,50	Gris bec	4,00 m
	Grisou	

Tabel 33: Opeenvolging van de banken in de groeve Lodez (LIBERT, 1911).

Een schematisch overzicht van de banken van de groeven uit de buurt vindt men in fig.65 en 67.

#### **147 E 217: Carrière Julemont of Mont (fig. 66)**

Deze groeve, geopend rond 1860, bevindt zich in Mont (Comblain-au-Pont), naast de vorige groeve. De lagen, behorend tot het Tn3b, hellen ongeveer 60° S en hebben dezelfde opeenvolging als deze in de groeve Lodez. (tabel 33). In 1902 baatte de firma Julémont frères enkel de gris bec en de gros banc uit (LIBERT, 1911). Volgens het ISSeP (1994) is de groeve in 1935 gesloten.

#### **147 E 218: Carrière de Comblain-au-Pont of Sur Coquerai (fig. 66)**

Deze groeve werd geopend in 1850 en gesloten in 1935. De strekking van de lagen, uit het Tn3b, bedraagt N 85° E en de helling 40° N. Volgens LIBERT (1911) had deze groeve geen enkel industrieel belang en stelde ze maar enkele arbeiders te werk.

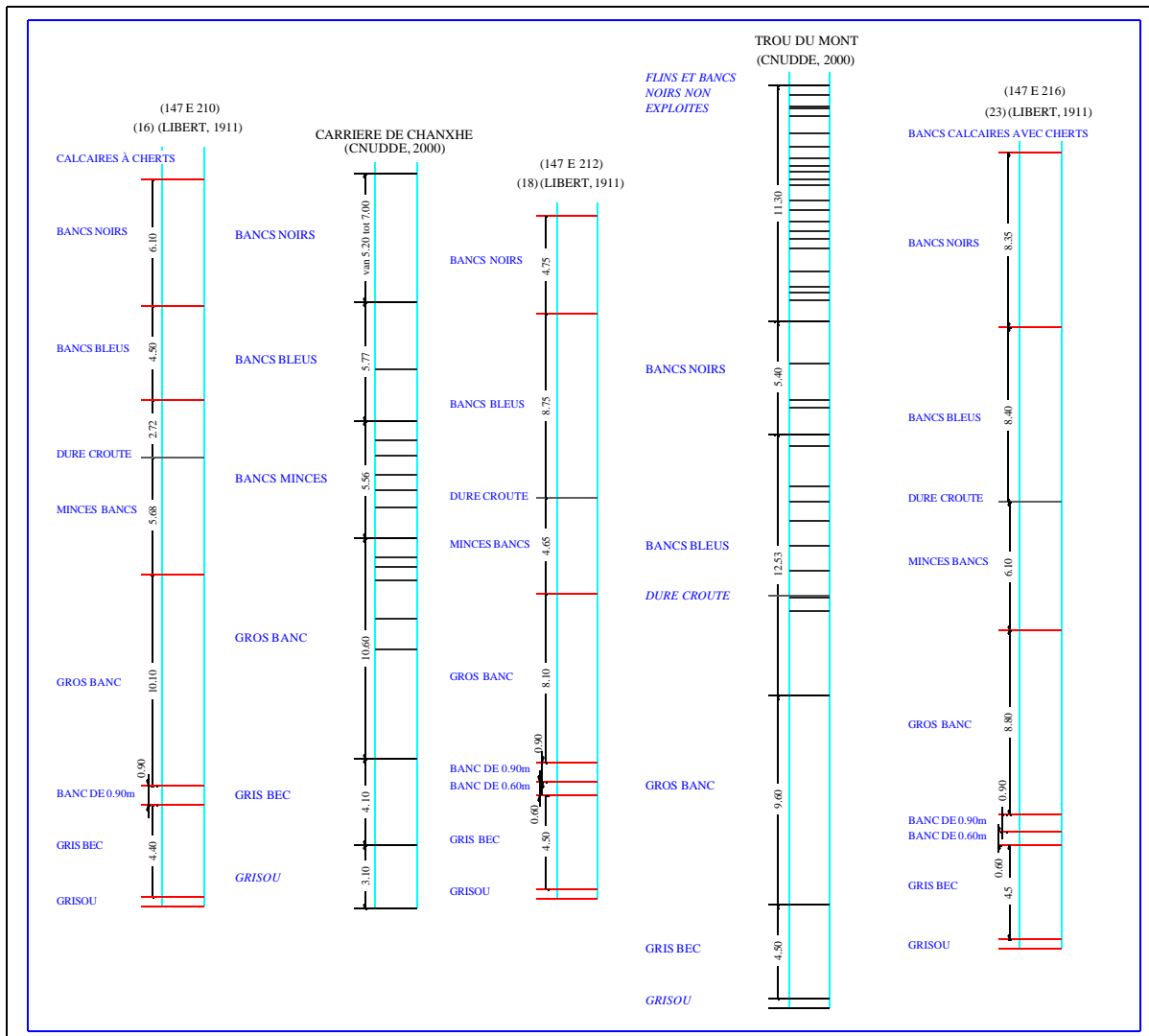


Fig. 65: Schematische voorstelling van verschillende groeven.

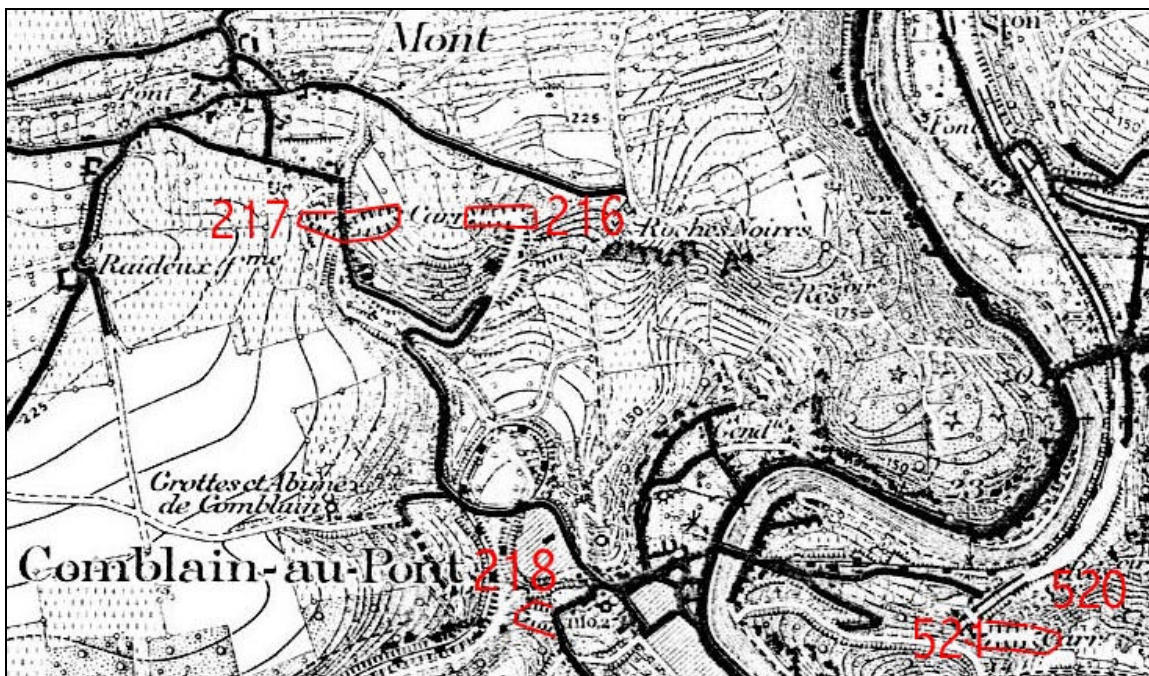


Fig. 66: Lokalisatie van de groeven op kaart 49/2.

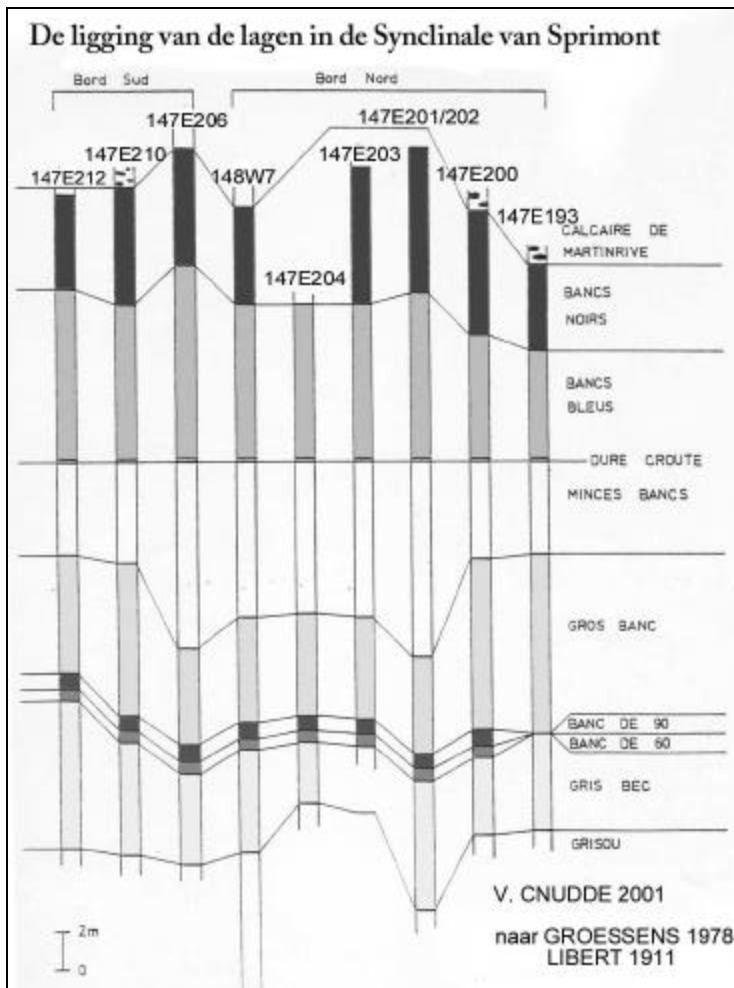


Fig. 67: Overzicht van groeven in de Synclinale van Sprimont (naar GROESSENS, 1978 en LIBERT, 1911).

#### 147 E 356: Carrière de la Belle-Roche (fig. 64)

Deze groeve gelegen op een heuvel, langs de binnenkant van een meander van de Amblève, werd maar weinig uitgebaat door de vele breuken in de blauwe hardsteenlagen, waardoor het tevens gevaarlijk werd om hier hoger uit te baten. Boven de Crinoïdenkalksteen van de Ourthe vindt men de Kalksteen van Martinrive, met daarboven de Dolomiet van Sovet, welke zeer sterk gefossiliseerd is, met foraminiferen, koralen en brachiopoden. Boven deze dolomiet ligt de Brèche van de Ourthe. Volgens het ISSeP (1994) is deze groeve in 1987 gesloten. De lagen hellen er 85° S. In dit gebied komen er veel karstverschijnselen voor. Door de karstverschijnselen is tevens de “grotte de la Belle Roche” ontstaan, waarin men zeer veel fossielen terugvindt.

J. Van Orsmael voerde in 1982 een sedimentpetrografisch onderzoek van de Ourthe-Amblève vallei uit.

Hij merkte op dat de basis van formatie van Yvoir (Tn3a) uit blauwe tot paarse crinoïdenkalksteen bestaat. Hierboven bevindt zich een pakket blauwgrijze, massieve dolomiet, met zeer veel chertniveaus en crinoïden. Sedimentpetrografisch bestaan de kalksteenbanken uit sparrietische kalksteen met intraclasten (crinoïden, brachiopoden en bivalven). Soms worden hier ook algen aangetroffen, hetgeen wijst op een afzetting in de fotische zone. In het dolomietpakket, met ± 140 µm als korrelgrootte, zijn de meeste sedimentaire kenmerken gewist, zodat geen indicaties gevonden werden die toelaten de sedimentatieomgeving te reconstrueren.

In het Tn3b hebben we hier blauwgrijze, massieve banken, met tot 80 % crinoïden. Sedimentpetrografisch gaat het om micrietische kalksteen, waarin naast crinoïden ook veel brachiopoden en enkele ostracoden voorkomen. Deze banken zijn arm aan klei, omdat de sedimentatieomgeving waarschijnlijk tamelijk woelig was. Het veelvuldig voorkomen van crinoïden wijst op een afzetting in de fotische zone (crinoïdenweide).

De formatie van Martinrive (Tn3c) in het profiel van Belle Roche, bestaat uit donkergrijze tot zwarte massieve kalksteenbanken, met chertniveaus. In de banken worden slechts zelden crinoïden aangetroffen. Sedimentpetrografisch bestaat dit pakket uit een kleirijke micrietische kalksteen waarin, naast crinoïden, ook koralen voorkomen, wat wijzen op een sedimentatie in de fotische zone. Het hoge kleigehalte daarentegen wijst op een rustig sedimentatiemilieu, zodat gesteld kan worden dat dit pakket in het diepere gedeelte van de fotische zone werd afgezet.



De vorming van de verschillende formaties verliep waarschijnlijk als volgt:

De eerste regressieve fase trad op tijdens het Tn3b en ging gepaard met de ontwikkeling van een crinoïdenweide in het oostelijk gedeelte van het bekken.

Tijdens het Tn3c, ten gevolge van een transgressie, sterft deze crinoïdenweide af.

Tijdens het V1a begint een regressieve fase, die wordt voortgezet tijdens het V1b. In deze periode werden de sedimenten uit de Ourthe-Amblève-vallei in de omgeving van de kust afgezet. Mogelijk trad er zelfs een continentale fase op.

Aan de top van het V1b begon opnieuw een transgressieve fase, die zich zal handhaven tot in het V2a.

#### **147 E 520: Carrière (fig.66)**

Deze blauwe hardsteengroeve bestond uit banken met een E-W strekking en een helling van 50° N.

#### **147 E 521: Carrière (fig. 66)**

In deze groeve treft men blauwe hardsteen aan, met daaronder kalksteen met chert. De lagen hellen 50° N en bezitten een E-W strekking.

#### **147 E 564: Carrière (fig. 64)**

Deze oude blauwe hardsteengroeve bevat ook wit zand met afgeronde witte kwarts.

*Volgende groeven werden op de Belgische Geologische Dienst niet teruggevonden, maar bevinden zich eveneens op het kaartblad 147 E.*

#### **147 E : Carrière à La Herlude:**

Deze groeve, gesitueerd in Comblain-au-Pont, werd in 1914 gesloten (ISSeP, 1994). De lagen behoren tot het Tn3b.

#### **147 E : Carrière Trou Botet:**

Deze groeve, gelegen ten westen van de Ourthe in Poulseur (Comblain-au-Pont), op het westelijke uiteinde van de Synclinale van Sprimont, werd in 1900 gesloten (ISSeP, 1994). De lagen, behorend tot het Tn3b, hellen er 50° N. De strekking van de lagen is WSW-ENE op de noordelijke flank van de Synclinale van Sprimont, terwijl ze E-W zijn georiënteerd op de zuidelijke flank van de synclinale.

#### **147 E : Carrière à l'Pumale:**

De groeve, gelegen in Comblain-au-Pont, werd in 1930 geopend en in 1943 gesloten (ISSeP, 1994). De lagen behoren er tot het Tn3b en hellen 50° N.

#### **147 E : Carrière Rais, Chanxhe:**

Deze groeve, gelegen in Sprimont, werd in 1887 geopend (ISSeP, 1994). De lagen, behorend tot het Tn3b, hellen 55° S.

#### **147 E : Carrière de Mont:**

De groeve, gelegen in Poulseur (Comblain-au-Pont), ligt ten oosten van carrière Trou du Mont. De lagen hellen er 50° N en behoren tot het Tn3b.

#### **147 E : Carrière au Hollu**

De groeve, gelegen in Rouvrex (Sprimont) ten westen van de carrière de l'Amblève (147E213), werd volgens het ISSeP (1994) in 1914 gesloten. De lagen behoren er tot het Tn3b.

#### **147 E : Carrière E Goe**

Deze groeve, gelegen in Comblain-au-Pont, werd in 1900 gesloten (ISSeP, 1994). De lagen behoren tot het Tn3b.

#### **147 E : Carrière**

Deze groeve, gelegen in Aywaille, bevat lagen van het Tn3b.

#### **147 E : Carrière**

Deze verlaten groeve heeft maar kort bestaan, waardoor er weinig van gekend is. Ze werd kort voor 1910 geopend en was in 1911 alweer gesloten (LIBERT,1911). Ze is gelegen langs de oostelijke helling van dezelfde ravijn als van de vorige groeven. Men vindt hier lagen van het Tn3b met een helling van 60° S.

## Geologische kaart 148 W (topografische kaart 49/3): Louveigne

In deze streek vindt men de Formaties van Ecaussinnes en Waulsort (Tn3) en de Formatie van Hastière (Tn1). Het Tn1 bestaat hier onderaan uit een zwarte tot blauwe kalksteen met crinoïden. Daarboven vinden we schalies en aan de top bevindt zich de Kalksteen van Landelies. Het Tn3 bevat onderaan een dolomietfaciës met zwarte chert, daarboven de Kalksteen van Yvoir en aan de top een crinoïdhoudend faciës.

### **148 W 7: Carrière de Correux (Van Roggen) of fond de leval (fig. 68)**

Deze groeve, gelegen in Correux (Sprimont), wordt al sinds 1883 uitgebaat door de firma Mth. Van Roggen (LIBERT,1911). Het was toen één van de belangrijkste groeven uit de provincie door zijn mechanische werktuigen, het belang van de productie en zijn 269 werknemers. De lagen in deze groeve (tabel 34 en fig. 70) behoren tot het Tn3b en hellen 15° S. Uit een boring heeft men kunnen afleiden dat op 35 m diepte, onder de grisou, er niet exploiteerbare banken met zwarte chert aanwezig zijn (LIBERT,1911).

Dikte in meter	Naam van de laag
7,00	Bancs noirs
8,00	Bancs bleus
	Dure Croute
8,00	Minces bancs
5,11	Gros banc
0,90	Banc de 0,90m
0,60	Banc de 0,60m
5,00	Gris bec
8,00	Grisou

Tabel 34: Openvolging van de lagen in de groeve van Correux (LIBERT, 1911).



Fig. 68 : Lokalisatie van de groeven op kaart 148 W.

### **148 W 8: Carrière de Damre (J. Leduc et Fd. Dufays) (fig. 68)**

Deze groeve, gelegen in Damré (Sprimont), werd in 1865 geopend door de vader van Ch. Defays en, in 1888, overgenomen door de firma Jos Leduc et Fd. Dufays. Volgens het ISSeP (1994) is men in 1918 gestopt met de uitbating. De lagen, behorend tot het Tn3b, zijn identiek met deze van de naburige groeven en hellen 15° S. Hier werd de gris bec uitgebaat, maar niet de grisou (LIBERT,1911). De banken gelegen boven de mauvaise croûte, werden enkel in het zuidelijke deel van de groeve gevonden en werden niet geëxploiteerd (LIBERT,1911). In 1910 werkten er hier 146 arbeiders.

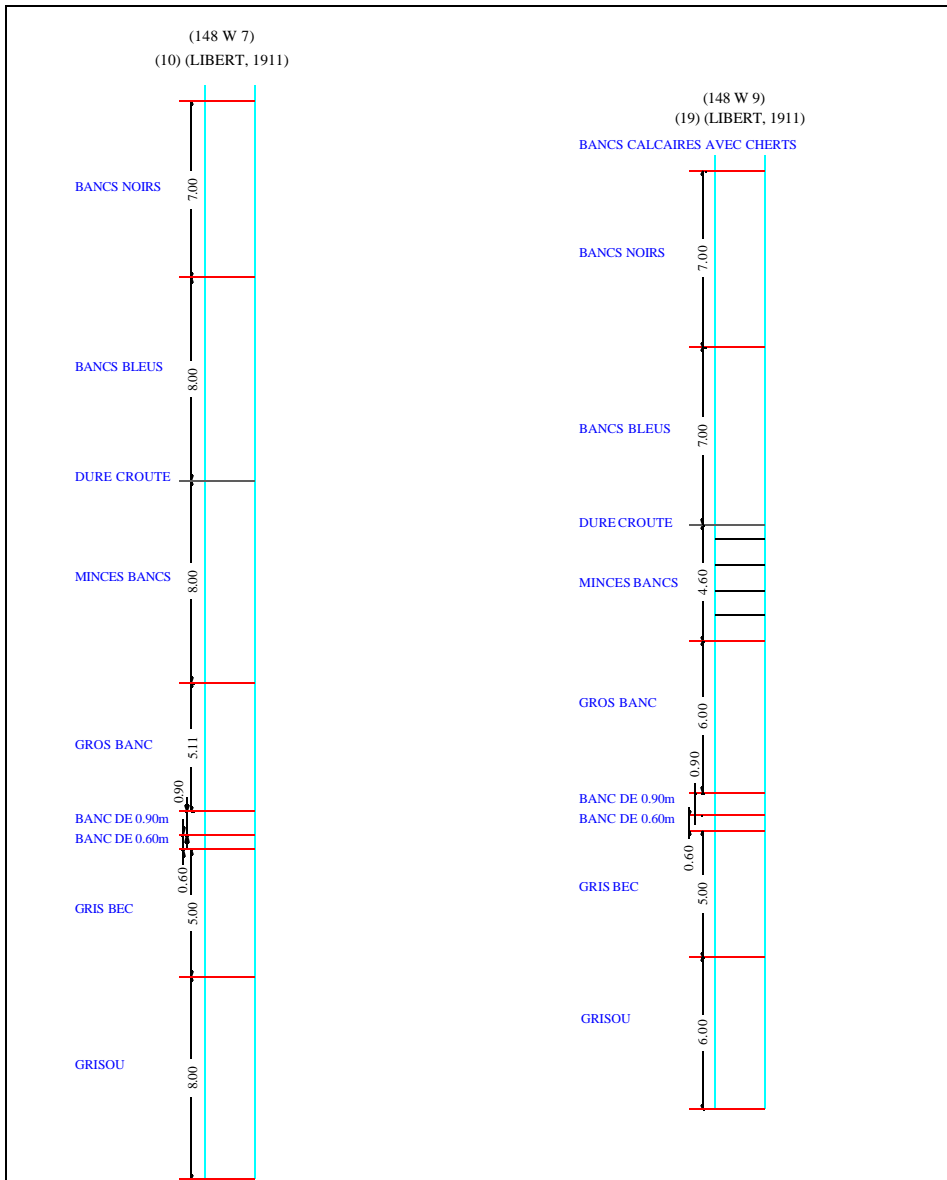


Fig. 70: Voorstelling van de banken uit de groeven 148 W 7 en 148 W 9.

**148 W 9: Carrière de Florzé (Rouvreux) (fig. 68)**

Deze zeer oude groeve, gelegen in Florzé (Rouvreux), werd rond 1830 geopend door de Graaf van Burlémont. In 1911 meldt LIBERT dat de groeve toen door de firma Nouvelle S.A. des carrières de Florzé werd uitgebaat. Volgens het ISSeP (1994) werd de groeve in 1930 gesloten. De lagen, behorend tot het Tn3b, hellen 22° S (tabel 35 en fig. 70).

Dikte in meter	Naam van de laag	Beschrijving
	Kalksteenbanken met chert	
7,00	Bancs noirs	
7,00	Bancs bleus	
	Dure Crouete	
4,60	Minces bancs	0,60 m
6,00	Gros banc	
0,90	Banc de 0,90m	
0,60	Banc de 0,60m	
5,00	Gris bec	4,00 m
6,00	Grisou	

Tabel 35: Opeenvolging van de lagen in de groeve van Florzé (LIBERT, 1911).

## Geologische kaart 153 W (topografische kaart 46/7): Fontaine-l'Évêque

### 153 W 18: Carrière (fig. 71)

In deze groeve vinden we de ontsluiting van de schalies van het Tn2a, de Kalksteen van Ecaussinnes, de kalkschalies van het Tn2c en de Kalksteen van Yvoir met zijn crinoïden. Hierboven ligt de Dolomiet van Chanxhe en de basis van het Viséaan.

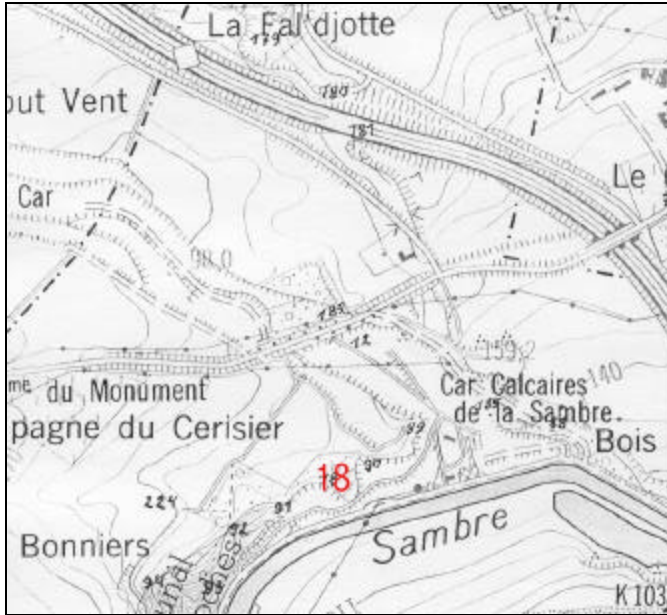


Fig. 71: Lokalisatie van de groeve op kaart 46/7.

### 153 W 149: Carrière (fig. 72)

In deze groeve, gelegen tussen 'l'Eau d'Heure' en de baan van Beaumont naar Charleroi, ontgon men crinoïdhoudende kalksteen.

### 153 W 150: Carrière (fig. 72)

In deze groeve, gelegen ten oosten van de weg Beaumont-Charleroi, werd blauwe hardsteen uitgbaat.

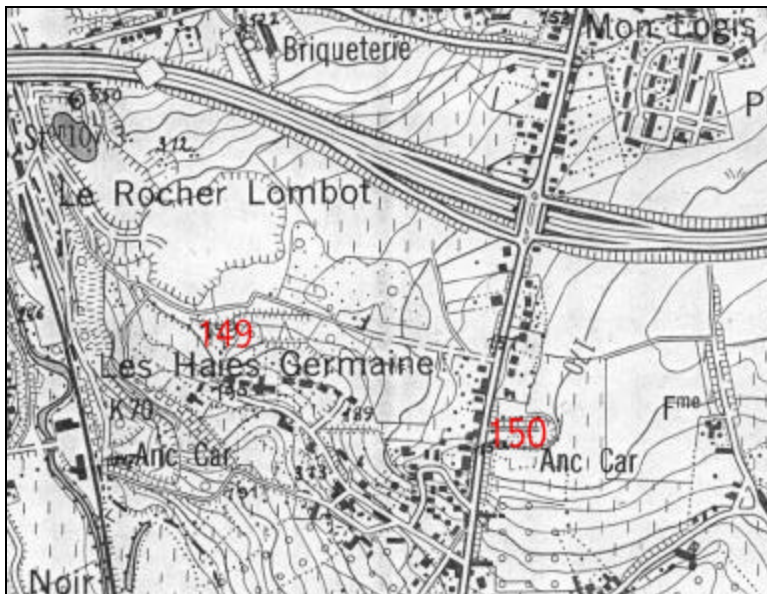


Fig. 72: Lokalisatie van de groeven op kaart 46/7.



## Geologische kaart 154 E (topografische kaart 47/6): Fosse

In deze streek is het Tournaisiaan, volgens de geologische kaart van 1904, opgebouwd uit de Formatie van Hastière, onderaan met chert, daarboven dolomiet met crinoïden en aan de top kalkschalies en de crinoïdenkalksteen. Boven de Formatie van Hastière bevindt zich de Formatie van Ecaussinnes, die onderaan bestaat uit een crinoïdenkalksteen en bovenaan eerder uit dolomiet met crinoïden.

### 154 E 7: Carrière (fig. 74)

Deze groeve bevat van boven naar onder volgende lagen (fig. 73):

1. Zwarte kalksteen in dunne banken
2. Een dun laagje steenkool
3. Zwarte crinoïdhoudende kalksteen
4. Kalksteen met bruine spikkels
5. Dikke banken grijze kalksteen met witte aders en met concentraties van klei
6. Zonaire kalksteen

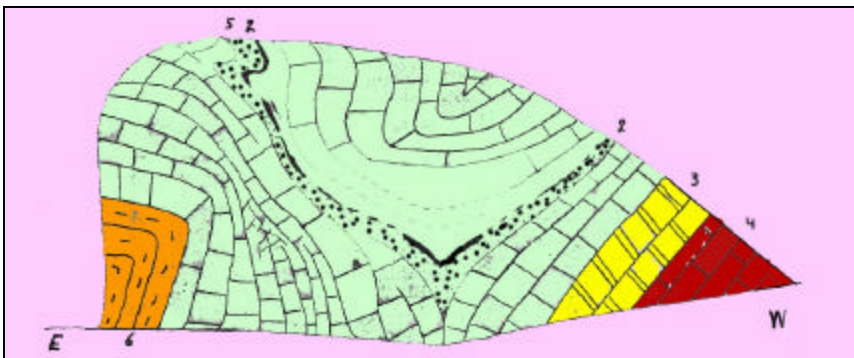


Fig. 73: Voorstelling van de banken in groeve 154 E 7 (naar gegevens uit de BGD).

De breuk van Ormont, die voor bewegingen zorgt, gaat dwars door de groeve. Wanneer we naar de lokalisatie van de groeve kijken op de geologische kaart, dan merken we op dat ze in het Viseaan ligt, in plaats van in het Tournaisiaan. Enkel het feit dat er kalksteen met crinoïden aanwezig was in de groeve, deed ons vermoeden dat we met kalksteen uit het Tournaisiaan hadden te maken. We kunnen echter niet met zekerheid zeggen dat in deze groeve echt blauwe hardsteen werd ontgonnen.

### 154 E 43: Carrière (fig. 74)

We vinden hier een oude groeve, met resten van crinoïdhoudende kalksteen van het Tn2b en onzuiverheden van dolomiet. De groeve is gelegen tegen Sovimont, in de buurt van “Bois de la Ville” en “Bois de Naugimont”.

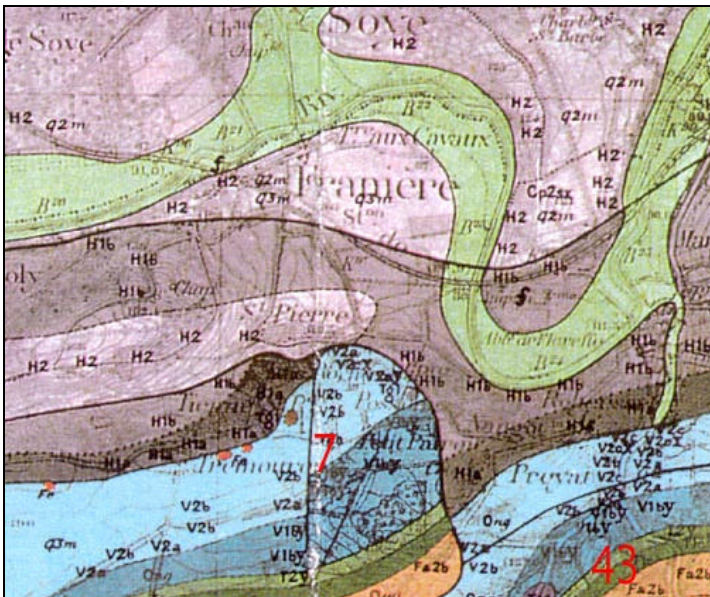


Fig. 74: Lokalisatie van de groeven op kaart 154 E.



## Geologische kaart 155 W (topografische kaart 47/7): Malonne

### 155 W 141: Carrière (fig. 75)

In deze verlaten groeve baatte men vroeger een grijze tot zwarte crinoïdenkalksteen uit, waar ook lagen chert in aanwezig was. We hadden hier te maken met een licht gedolomitiseerde Kalksteen van Landelies (Tn2b), lagen van lensvormige kalkachtige phtanieten en kalkschalies, waarschijnlijk de Kalkschalies van Doornik.

### 155 W 142: Carrière (fig. 75)

Dit is een kleine groeve, die in het zuiden uit de Kalksteen van Landelies (Tn2b) met schalies is opgebouwd, terwijl ze in het noorden uit mooie, zuivere, regelmatige zwarte banken van de Kalksteen van Landelies (Tn2b) bestaat. De banken hellen er 50° S en hebben een E-W strekking. Gezien we ons hier zeer dicht bij het Famenniaan bevinden, moet men er wel rekening mee houden dat het mogelijk is dat men hier in werkelijkheid de Kalksteen en Schalies van Hastière (Tn1b) kan hebben.

### 155 W 665: Carrière (fig. 75)

In deze oude groeve, ten westen van Mauvais-Try, baatte men een grijze tot zwarte kalksteen uit, met kleine crinoïden en enkele niet determineerbare fossielen. De strekking van de lagen bedraagt N 77° E en de helling 62° S.

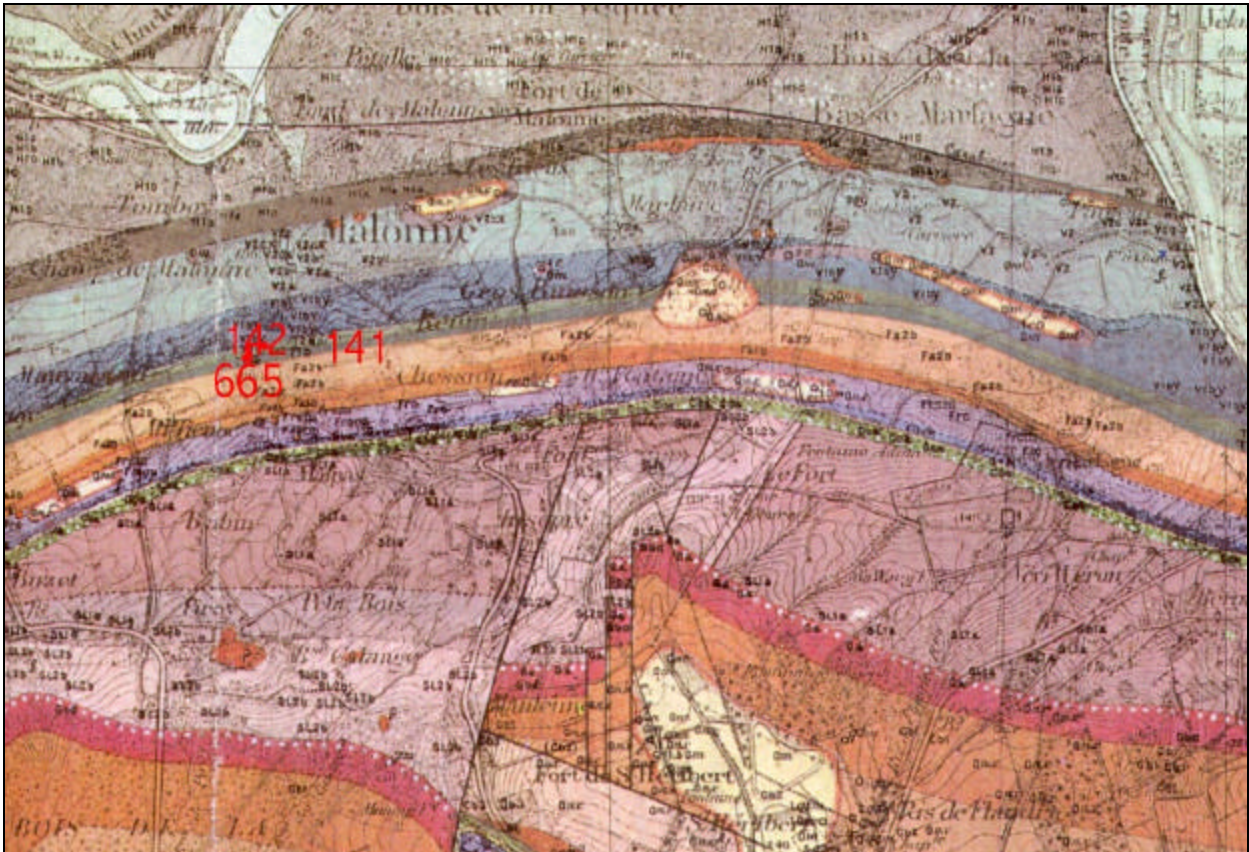


Fig. 75: Lokalisatie van de groeven op de kaart 155 W.

## Geologische kaart 155 E (topografische kaart 47/8): Naninne

### 155 E 230: Carrière (fig. 76)

Op deze plaats vindt men een reeks kleine groeven terug, waar men een zwarte crinoïdenkalksteen (Kalksteen van Landelies, Tn2b) en een dolomitische kalksteen aantreft. De lagen hebben een E-W strekking en hellen 85° S.



Fig. 76: Lokalisatie van de groeve op kaart 47/8.



## Geologische kaart 156 E (topografische kaart 48/6): Ohey

### 156 E 27: Carrière (fig. 77)

In deze groeve baatte men crinoïdenkalksteen van het Tn1b uit, waarbij de lagen 65° SE hellen.

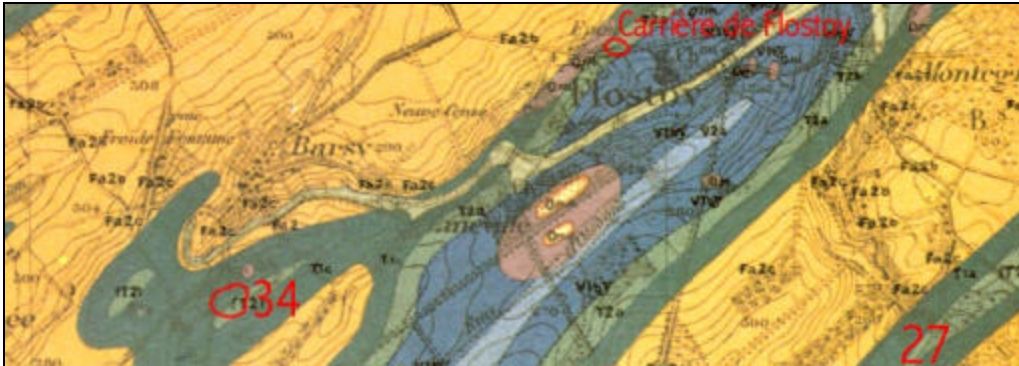


Fig. 77: Lokalisatie van de groeven op kaart 156 E.

### 156 E 34 : Carrière Godart of carrière de Flostoy (fig. 77)

In deze groeve, gelegen in Flostoy (Havelange), baatte men lagen van het Tn2b uit, met als helling 35 ° SE.

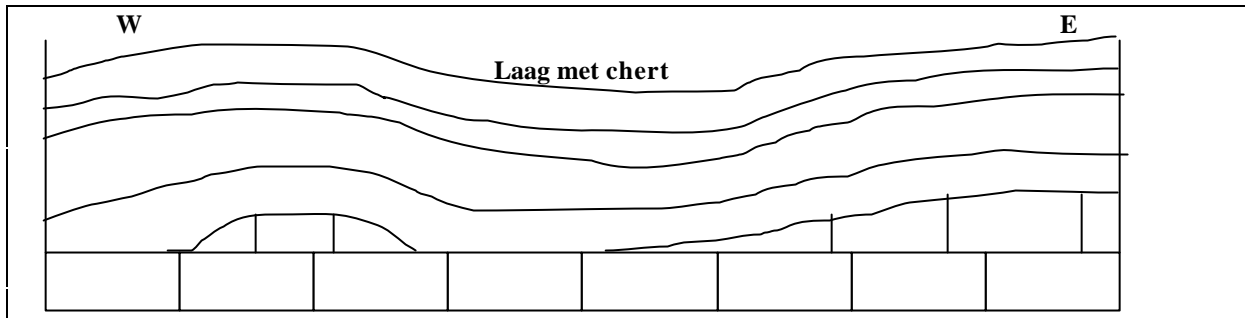


Fig. 78: schets van de banken in de groeve Godart.

Onder de laag met chert vindt men geelkleurig gelaagd zand (fig. 78), met daaronder een zandlaag met chert en gerolde kwarts. Tenslotte vindt men aan de basis dikke banken grijze crinoïdenkalksteen.

### 156E : Carrière de Flostoy (fig. 77)

In deze groeve, gelegen in Flostoy (Havelange), baatte men lagen van het Tn3a uit.

### 156E 52: Carrière (fig. 79)

In deze oude groeve baatte men lagen uit, behorend tot het Tn2b, met een helling van 55° N en een E-W strekking. De grijze crinoïdenkalksteen bestaat aan zijn basis uit grotere banken dan aan zijn top.



Fig. 79: Lokalisatie van de groeven op kaart 156 E.

### 156E 84: Carrière (fig. 79)

In deze oude groeve baatte men een grijze crinoïdenkalksteen van het Tn3a uit.

## Geologische kaart 157 W (topografische kaart 48/7): Modave

De streek van Les Avins (Clavier) bevatte veel groeven, waarvan er nu nog één actief is (157 W 43). Men ontgon de blauwe hardsteen (Crinoïdenkalksteen van de Ourthe, Tn3b) op de zuidflank van de Synclinale van Les Avins. De lagen hellen hier gemiddeld 62° N en de strekking van de lagen situeert zich tussen N 45° E in het oosten en N 60° E in het westen van dit gebied.

In de streek van Pailhe, waar men verschillende ontsluitingen van de Crinoïdenkalksteen van de Ourthe (Tn3b) vindt, ontgint men deze kalksteen van zeer goede kwaliteit.

### **157 W 41: Carrière Degive, carrière du Condroz of Buisson Paquet (fig. 80)**

Deze groeve, gesitueerd in "Buisson Paquet" te Les Avins (Clavier), werd in 1860 geopend. Het was de enige groeve uit dit gebied, die van groot belang was op het gebied van productie, personeel en mechanische installaties. In 1911 werd ze uitgebaat door de S.A. des carrières du Condroz. De lagen van het Tn3b, hellen er 63° N. De onderste lagen geven een steen van eerste kwaliteit, ideaal als bouwsteen (tabel 36). De stenen hebben een heldere tint en bezitten geen zwarte vlekken. De Bancs noirs werd volgens LIBERT in 1911 niet uitgebaat. Boven deze lagen lag er een kleihoudend zand van ongeveer 4 tot 5 m dikte.

Dikte in meter	Naam van de laag
	Bancs noirs
0,60	Banc bleu foncé
0,40	
7,50	Banc bleu dit Gros banc
7,00	1 <sup>st</sup> e Banc Gris bec
1,80	2 <sup>de</sup> Banc Gris bec

Tabel 36: Opeenvolging van de lagen in de groeve Degive (LIBERT, 1911).

De vier groeven, 157 W 41 tot 44, bezaten in 1910 samen 89 werknemers, waarvan er 65 in carrière Degive waren tewerkgesteld.

### **157 W 42: Carrière (fig. 80)**

Deze zeer kleine groeve, gelegen tussen de carrière du Condroz en de carrière Chemin de Borsu in Les Avins (Clavier), werd geopend in 1860 (ISSeP, 1994). De lagen hellen er 63° N en behoren tot het Tn3b.

### **157 W 43: Carrière Chemin de Borsu (fig. 80)**

De groeve, in Les Avins (Clavier), werd geopend in 1860 en was in 1994 nog altijd actief volgens het ISSeP. De lagen, behorend tot het Tn3b, hellen er 63° N.

### **157 W 44: Carrière de Petit-Avin (fig. 80)**

In deze blauwe hardsteengroeve hellen de lagen van het Tn3b 63° N.

### **157 W 45: Carrière à la Justice of Les Communes (fig. 80)**

De groeve, gesitueerd in "la Justice" in Les Avins (Clavier), werd in 1911 uitgebaat door de S.A. des carrières du Condroz (LIBERT, 1911). De bovenste lagen geven geen product van hoge kwaliteit en zijn veel harder dan de andere banken (tabel 37). De helling van de lagen, behorend tot het Tn3b, bedraagt 40°S.

Dikte in meter	Naam van de laag	Beschrijving
4,00	Bancs noirs	2,50 m 1,50 m
0,10	Dure Croute	
9,50	Gros banc	
3,50	1 <sup>st</sup> e Gris bec	
	2 <sup>de</sup> Gris bec	

Tabel 37: Opeenvolging van de lagen in de groeve à la Justice (LIBERT, 1911).

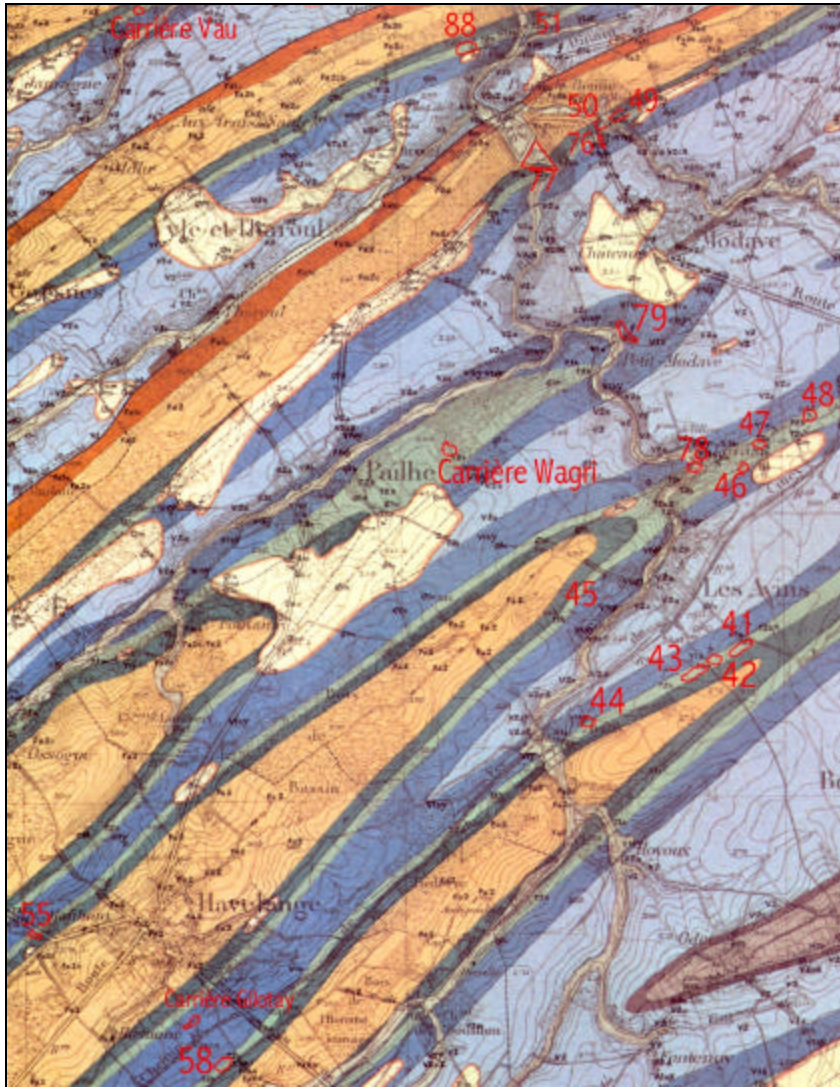


Fig. 80: Lokalisatie van de groeven op kaart 157 W.

**157 W 46: Carrière Leval (fig. 80)**

De groeve, gesitueerd in "Leval", langs de weg die gaat naar het station van Clavier, werd in 1978 niet meer uitgebaat (GROESSENS,1978). Ze maakte toen deel uit van de eigendom "Moulin de Survillers". De groeve bevat lagen van het Tn3b die 80° N hellen.

Dikte in meter	Naam van de laag	Opmerkingen
4,50	Bancs noirs	Bevat de dure croûte
1,30	Minces bancs	
6,00	Gros banc	

Tabel 38: Openvolging van de lagen in de groeve Leval (LIBERT, 1911).

De 3 groeven 157 W 46 (tabel 38), 157 W 47 (tabel 39) en 157 W 48 bevatten dezelfde banken en kregen alle 3 de naam carrière Leval.

**157 W 47: Carrière Leval (fig. 80)**

Deze groeve bevat lagen van het Tn3b die 57° N hellen. Boven de bancs noirs vond men nog blauwe hardsteen die niet voor uitbating geschikt was.

Dikte in meter	Naam van de laag
4,00	Bancs noirs
8,00	Gros banc
4,00	Gris bec

Tabel 39: Openvolging van de lagen in de groeve Leval (LIBERT, 1911).



### 157 W 48: Carrière Leval of Val Clavia (fig. 80)

In deze groeve baatte men in 1911 enkel de gros banc (7 m dik) en de bancs noirs (4 m) uit. De groeve bevat lagen van het Tn3b, die 12° N hellen. De lage helling in deze groeve is te wijten aan het feit dat men hier dicht bij de zuidelijke helling van de anticlinale zit.

### 157 W 49: Carrière Herboth (fig. 80)

De groeve, gelegen op ongeveer 750 m van het station van Modave (Pont-de-Bonne), langs de spoorweg Statte-Ciney, waarmee ze echter niet verbonden was, werd in 1855 geopend. De exploitatie is gestopt van 1868 tot in 1904, waarna de firma Louis Goffin ze heropende. In 1905 nam de firma Louis Herboth de groeve over. In 1911 ontgon men er de blauwe hardsteen van het Tn3b (LIBERT, 1911). De helling van de lagen bedraagt hier 80° S, terwijl deze in een naburige verlaten groeve 75°S bedraagt.

Dikte in m	Naam van de laag	Opmerkingen
5,50	Bancs bleus	
9,00	Gros banc	Van superieure kwaliteit, makkelijk te bewerken, met een minimum aan stylolieten.
3,00	1 <sup>ste</sup> Gris bec	Zelfde kleur als de Gros banc, maar harder en met meer stylolieten..
1,70	2 <sup>de</sup> Gris bec	

Tabel 40: Openvolging van de lagen in de groeve Herboth (LIBERT, 1911).

De schematische voorstelling van de groeven 157 W 41, 157 W 45, 157 W 46 en 157 W 49 vinden we terug in fig. 80.

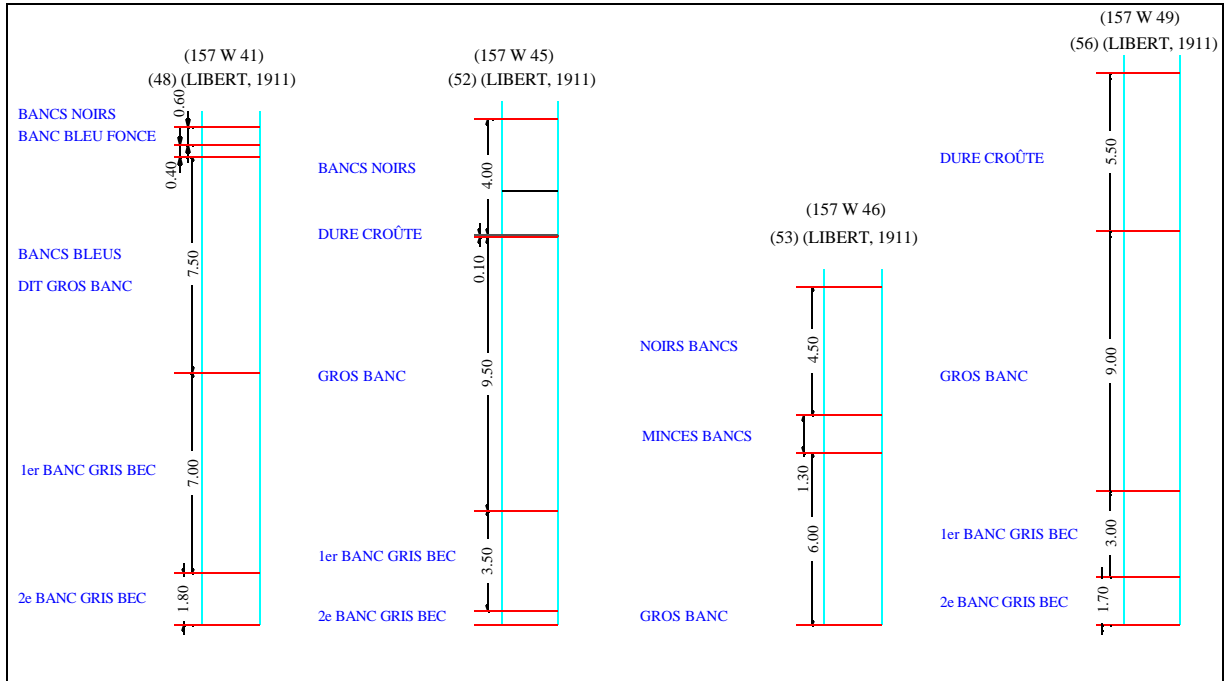


Fig. 80 : Schematische voorstelling van verschillende groeven van het kaartblad 157 W.

### 157 W 50: Carrière "La Roche aux Corneilles" of Pont-de-Bonne (fig. 80)

Deze groeve, gelegen in Modave, was in 1978 eigendom van het C.I.B.E (GROESSENS, 1978). De lagen behoren tot het Tn3b en hellen 75° S.

### 157 W 51: Carrière Intercommunale of Beaufayi (fig. 80)

Deze groeve, gelegen in Vierset-Barse (Modave), werd oorspronkelijk uitgebaat door "la Société Coopérative: L'alliance des Carrieres de Vierset". Ze was verbonden met een spoorweg, gelegen tussen de stations van Modave en Barse, langs het station Vyle-Tharoul. De lagen behoren tot het Tn3b en hellen 60° S.

De totale dikte van de lagen bedraagt 38,05 m, te beginnen bij de bovenliggende dolomietmassa (tabel 41 en fig. 81).

Dikte in meter	Naam van de laag	Opmerkingen
	Dolomiet	
0,60		
1,00	Flori-banc	
1,50	Banc de desserrage	Vanaf hier baatte men in 1911 uit (LIBERT, 1911)
2,80	Bleus-bancs	
2,20		
0,20	Dure Croute(?)	
1,80	Banc de VI Pieds	
7,00	Gros banc	
4,40	Gris bec	
6,40		
0,80		
2,40		
3,60		
1,65		

Tabel 41: Opeenvolging van de lagen in de groeve Intercommunale (LIBERT, 1911).

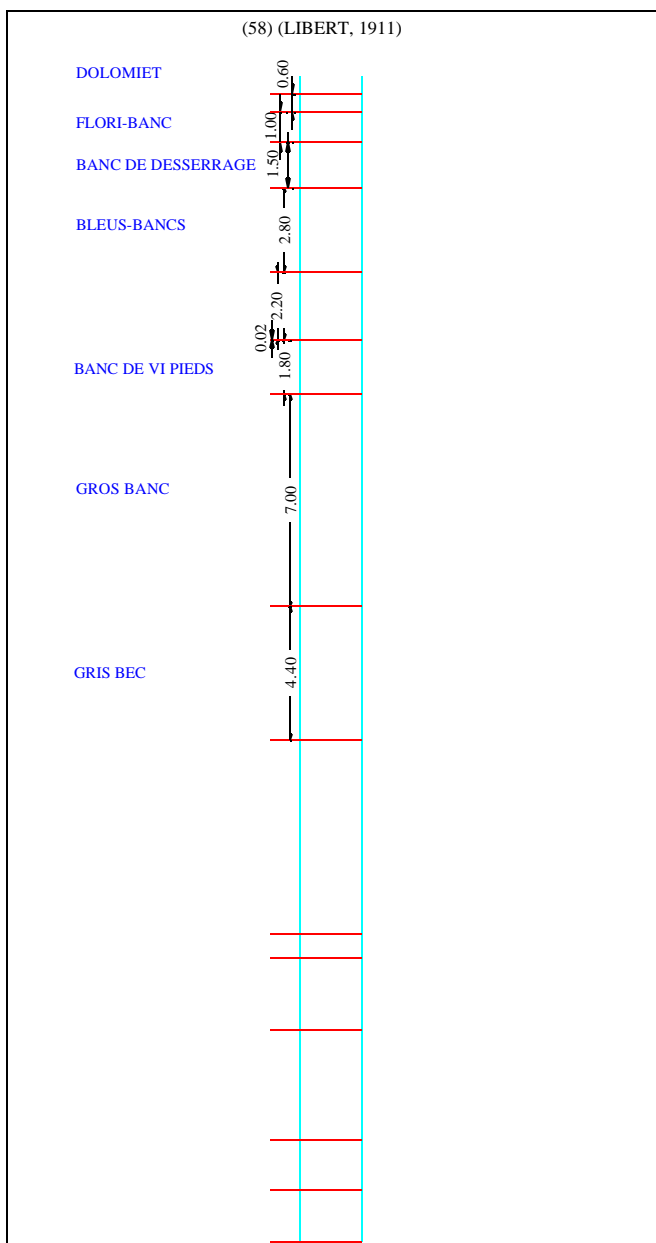


Fig. 81: Schematische voorstelling van de groeve Intercommunale.

### **157 W 54: Carrière Gilotay (fig. 80)**

In deze groeve, gelegen in het centrum van Havelange, op ongeveer 500 m van het station van Havelange, baatte men lagen van het Tn3b uit, die 64° S hellen.

### **157 W 55: Carrière Malihoux (fig. 80)**

In deze groeve, gelegen in Havelange langs de weg Andenne-Maffe, baatte men lagen van het Tn3b uit, die 62° SE hellen.

### **157 W 58: Carrière Jadot (fig. 80)**

De groeve is gelegen in Havelange ten SW van het station van Havelange. De groeve was op 29 juni 1929 eigendom van MM. Jadot frères en werd naar het SW uitgebreid. In 1929 lag de groeve er verlaten bij. De lagen, behorend tot het Tn3b, hebben een strekking van N 50° E en een helling van 73° NW (tabel 42).

Dikte in m	Naam van de laag	Beschrijving
	Noir banc	In het noorden; harde laag
14	Petit granit	Bevat meer crinoïden in het SE; de laag bevat enkele stylolietniveau's en werd volledig uitgebaat;
2 à 3	Petit granit	Laag die men uitbaatte

**Tabel 42: Opeenvolging van de lagen in de groeve Jadot (BGD, 1929).**

### **157 W : Carrière Wagri of Carrière de Pailhe (fig. 80)**

De groeve, gelegen in Pailhe (Clavier), is momenteel eigendom van de firma Jullien (foto 55). De steengroeven Jullien zijn een filiaal van de groep "Steengroeven van de Condroz" en liggen in het hart van de Condroz, in het dorpje Les Avins (Clavier). Zij bekleeden een vooraanstaande plaats in de natuursteenindustrie daar zij 30 % van de productie van bewerkte blauwe hardsteen in het bekken van de Condroz (de provincies Luik en Namen) voor hun rekening nemen ([www.carrieres-jullien.be](http://www.carrieres-jullien.be)). De N.V. Carrières Jullien ontgint in Pailhe een blauwe hardsteen van het Tn3b (Formatie van Crinoïdenkalksteen van de Ourthe) die zij verhandelen onder de naam "BLAUWE STEEN VAN DE CONDROZ". De ontginning gebeurt in open lucht; de banken hebben een strekking van ongeveer N56°E en een helling van 9°NE.

De totale ontginbare dikte aan één stuk bedraagt ongeveer 19 m, gelegen boven de grisou en van onder naar boven verdeeld in "gris-bec", "gros banc" en "bancs noirs" (tabel 43 en fig 82). In het zuidwesten van deze groeve liggen nog twee kleine groeven, waar men enkel delen van de minces bancs met chert heeft uitgebaat, die waarschijnlijk behoorden tot de Formatie van Yvoir onder de Crinoïdenkalksteen van de Ourthe. De lagen met de blauwe hardsteen strekken zich verder uit naar het westen en het oosten van de groeve en komen tevoorschijn op de noordflank van een anticlinale in het zuiden.

De steengroeven Jullien ontginnen in totaal 2 groeven, met een bezetting van een 10-tal arbeiders. 25 personen, waaronder zagers, marmarbewerkers en steenkappers, werken in de modern uitgeruste verwerkingsateliers. 15 % van de ontgonnen stenen dient als blokken voor beeldhouwwerken, platen en afgekorte blokken voor marmarbewerkers en steenhouwers. Er wordt 70 % afgewerkte producten geproduceerd voor gebouwen, stads- of privé-aanleg, meubilair, grafzerken enz. en 10 % dient voor bevoering. De rest van de ontgonnen steen wordt gebruikt voor meerdere doeleinden.



**Foto 55: De groeve Wagri in augustus 2000 (foto V. CNUDE).**

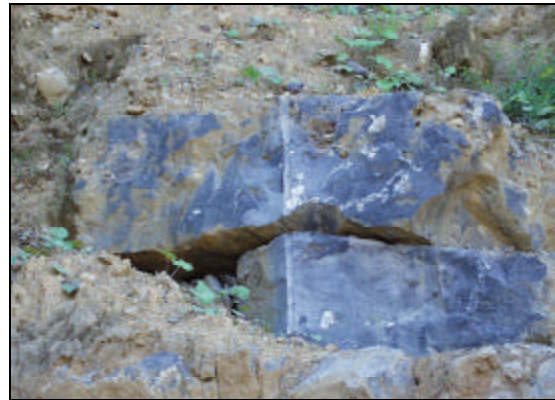


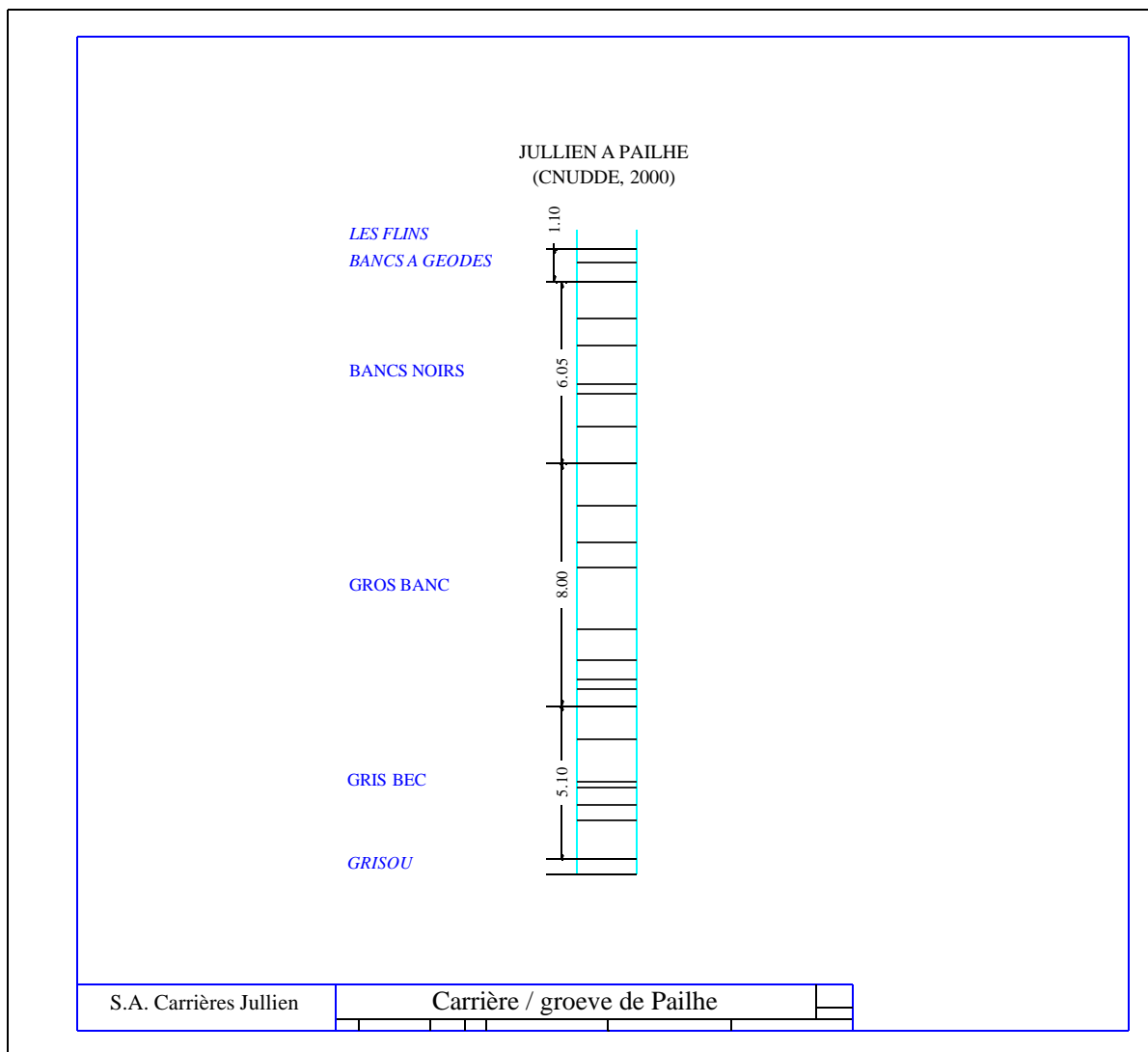
Foto 56: Banc noir met daarboven de bank met de geodes (links), met detail van de bank (rechts) (foto's V. CNUDE)

Dikte in m	Naam van de laag	Beschrijving	Opmerkingen
	flint		
1,10	Bank met geodes	0,50 m 0,60 m	Zie foto 56
6,05	Banc noir	1,25 m 0,85 m 1,25 m 0,35 m 1,05 m 1,30 m	De bovenste laag wordt soms wel en soms niet uitgebaat. De laag die 0,85m dik is, bevat soms veel geodes.
6,95	Gros banc	1,40 m 1,20 m 0,85 m 2,00 m 0,65 m 0,30 m 0,55 m	
5,10-5,40	Gris bec	1,10-1,40m 1,40 m 0,20 m 0,60 m 0,50 m 1,30 m	De gris bec helt 8,4° NE. De kwaliteit van de bovenste laag, 1,10-140 m is gelijkaardig met die van de gros banc.
± 6,00	Grisou		Naar het schijnt zou de bovenste 4 m van een goede kwaliteit zijn, maar ze werd hier nooit uitgebaat.

Tabel 43: Opeenvolging van de lagen in de groeve Wagri.

De top van de grisou helt 1° meer dan die van de gris bec. De grisou helt 9,5°NE, terwijl de gris bec 8,4° NE helt. Hierdoor zijn de diktes van de lagen afhankelijk van de plaats waar men meet. Op een bepaald punt is de dikte van de bovenste laag van de gris bec 1,10 m, terwijl ze een beetje verder 1,40 m bedraagt. De bovenste 4 m zou van een goede kwaliteit zijn, maar ze is hier nooit uitgebaat. In het totaal zou de grisou ongeveer 6 m dik zijn. De kwaliteit van de bovenste 1,10-1,40 m van de gris bec is gelijkaardig met die van de gros banc.





**Fig. 82:** Schematische voorstelling van de groeve van Pailhe.

**157 W : Carrière Vau (fig. 80)**

In deze groeve, gelegen in Marchin, baatte men blauwe hardsteen van het Tn3b uit.

**157 W 88: Carrière (fig. 80)**

In deze groeve, gelegen in Vyle-Tharoul (Marchin), baatte men blauwe hardsteen van het Tn3b uit.

## Geologische kaart 157 E (topografische kaart 48/8): Clavier

### 157 E 24: Carrière Petit Brin (fig. 84)

In deze groeve, gelegen in Clavier, baatte men in het totaal 24,4 m blauwe hardsteen van het Tn3b uit (fig. 85). De helling van deze lagen bedraagt 85° S.

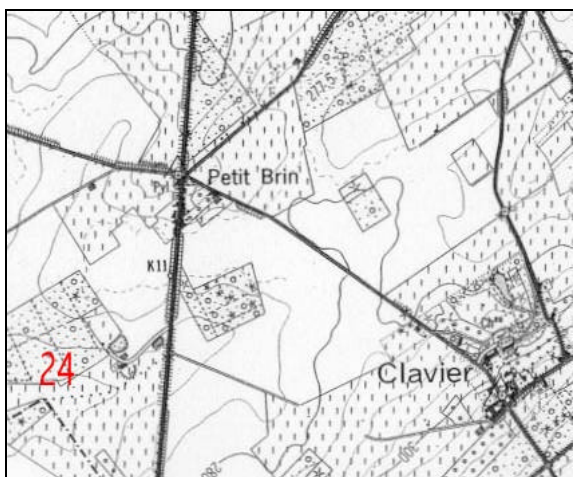


Fig. 84: Lokalisatie van de groeve Petit Brin op kaart 48/8.

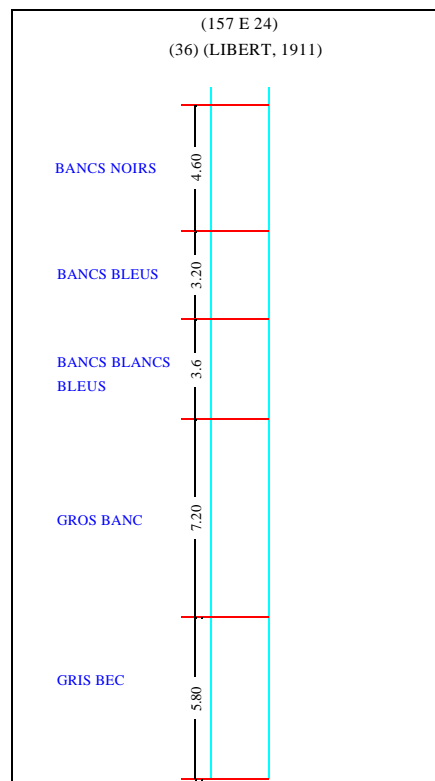


Fig. 85: Schematische voorstelling van de groeve Petit Brin.

### 157 E 43: (fig. 86)

Op deze plaats vindt men aan de oppervlakte 2 m kleihoudende, bruine silt, met aan de basis kalksteenblokken (Quartair). Hieronder bevindt zich een 6 m dikke laag, bestaande uit grijszwarte kalksteen (Tournaisiaan) met kleine crinoïden. Lager treft men een 12 m dikke laag van schisteuse kalksteen aan, met kleine crinoïden. Daaronder heeft een 6 m zwarte, massieve kalksteenlaag met grote crinoïden en enkele kleine calcietegodes.

### 157 E 53: Carrière (fig. 86)

In deze oude groeve treft men een afwisseling aan van dikke en dunne banken bleke crinoïdenkalksteen en oölitische kalksteen. We hebben hier te maken met lagen van Tn1b (Kalksteen van Hastière).

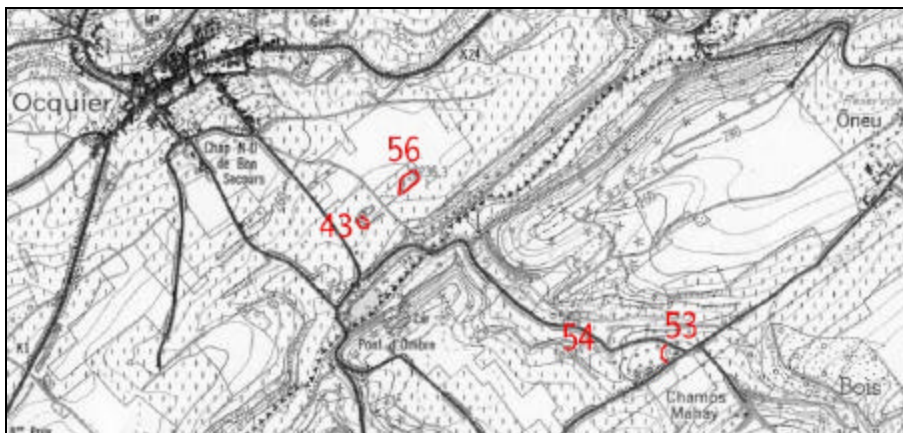


Fig. 86: Lokalisatie van de groeven op kaart 48/8.

**157 E 54: (fig. 86)**

We vinden hier een oude afvalberg met Kalksteen van Hastière.

**157 E 56: Ancienne Carrière (fig. 86)**

In deze groeve, gelegen in Clavier, heeft men vermoedelijk de crinoïdenkalksteen van het Tournaisiaan uitgebaat. De strekking van de lagen is N 50° E en de helling ongeveer 70° NW.

**157 E : Carrière de Bende (fig. 87)**

De groeve (foto 58) ligt in het zuidoostelijke deel van het Synclinorium van Dinant (provincie Luxemburg). Ze opent zich in de lagen van het Tn3b op de zuidflank van de meest zuidelijk gelegen synclinale uit de streek.

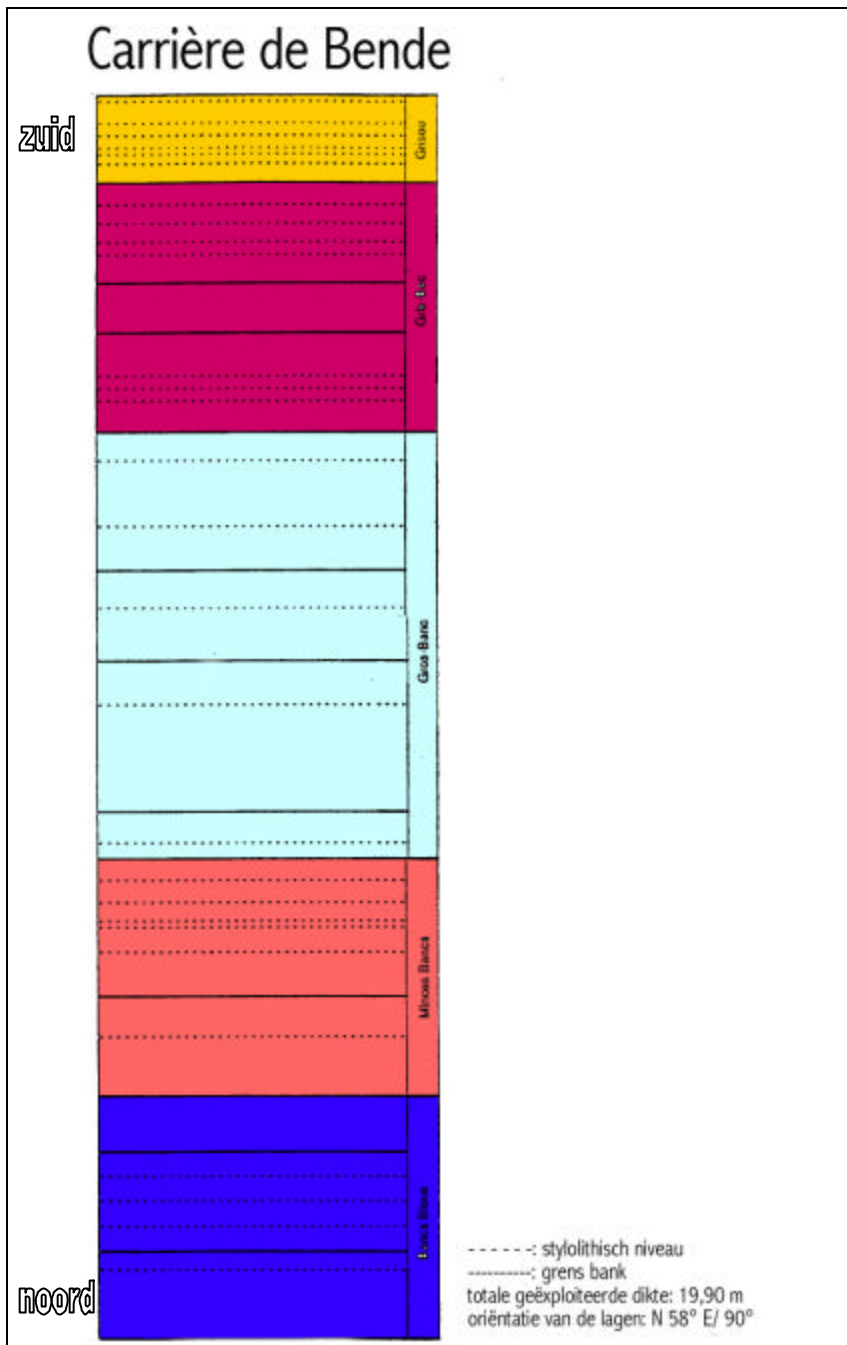


Foto: 57: Groeve van Bende.



Fig. 87: Lokalisatie van de groeve van Bende op kaart 48/8.

De groeve is momenteel eigendom van de s.p.r.l. Carrières Van Reeth-Hoefkens, die tevens eigenaar is van de groeven Baligaine (158 W 80) en Sentie Maraye (158 W 79), gelegen in Ouffet.



**Fig. 88: Voorstelling van de lagen in de groeve van Bende.**

In de groeve hebben de subvertikale lagen een strekking van N 58° E. In de omgeving van de groeve varieert de strekking van de lagen tussen N 55° E en N 65° E. De totale dikte van de geëxploiteerde banken bedraagt ongeveer 19,9 m (fig. 88). De dikte van de afzonderlijke laag varieert met de diepte. Aan de basis vinden we de grisou, met daarna de gris- bec, de gros banc, de minces bancs en de bancs bleus aan de stratigrafische top. De bovenliggende aarde is niet dik, wat een enorm voordeel heeft voor de ontginning van de groeve.

Ten westen van Seny bevindt zich een anticlinale structuur waar nooit een uitbating van blauwe hardsteen heeft plaatsgevonden. Aangezien men de lithologie en de mogelijkheid tot exploitatie van de blauwe hardsteen daar niet kende, heeft het ISSeP in 1994 daar verschillende onderzoeken op verricht. Aangezien de kans groot is dat in het centrum van de antiklinale het gesteente sterk gebroken is, zou dit niet ideaal zijn voor het ontginnen van de steen. Verder viel er op dat de lagen die ontsloten tevens sterk gebroken en verweerd waren. De lagen kwamen er wel sub-horizontaal voor, maar het is waarschijnlijk geen goede lokatie om daar een nieuwe uitbatingplaats voor blauwe hardsteen te starten.



## Geologische kaart 158 W (topografische kaart 49/5): Hamoir

### 158 W 65: Grande et Petit Carrière Maréchal (fig. 89)

Deze groeve, gelegen op de noordflank van de Antiklinale van Ouffet in "Temme" (Ouffet), ongeveer 300 m ten westen van de groeve Baligaine, werd geopend voor 1830. In 1911 was ze eigendom van de firma Maréchal et C<sup>ie</sup>. De lagen behoren tot het Tn3b (Crinoïdenkalksteen van de Ourthe) en hellen 45° N (tabel 44). Deze opgevlude groeve, waarvan de lagen niet meer zichtbaar zijn, is op dit ogenblik eigendom van de S.A. Nouvelles scieries et carrières Depauw.

Dikte in meter	Naam van de laag	Beschrijving	Opmerkingen
	Bancs noirs		Zeer harde laag
4,55	Bancs bleus	0,35 m 0,30 m 1,20 m 0,80 m 0,70 m 1,20 m	
8,00	Gros banc		
4,00	Gris bec		Het onderste deel van deze laag is veel te hard om te bewerken

Tabel 44: Opeenvolging van de lagen in de groeve Degive (LIBERT, 1911).

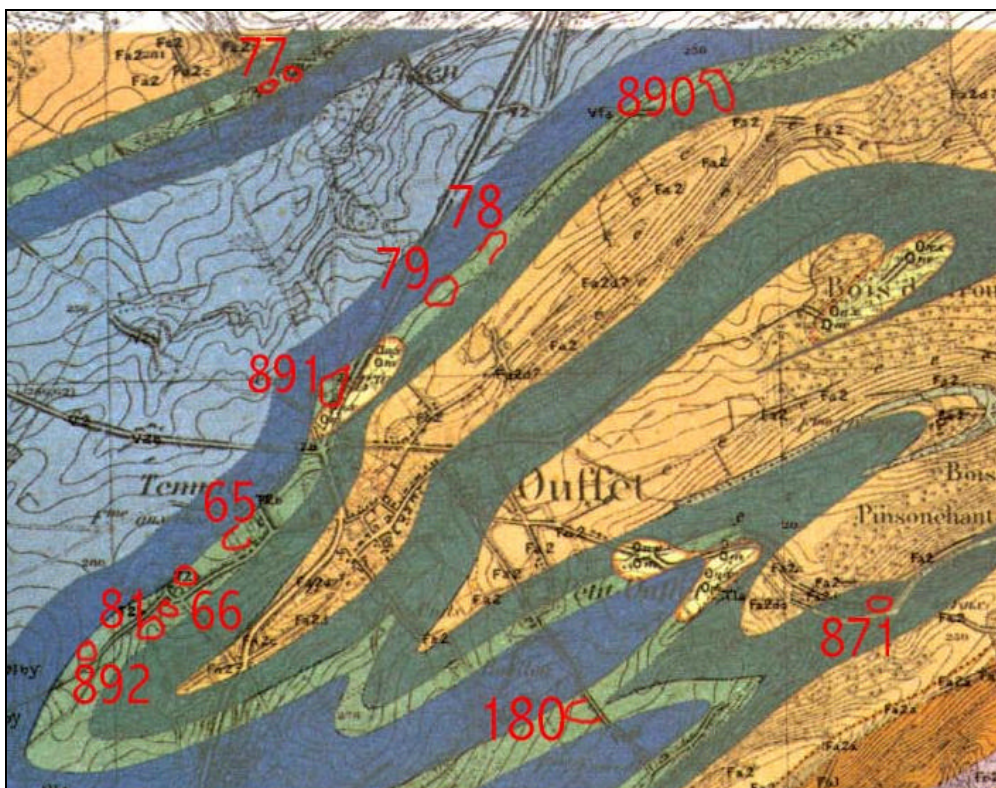


Fig. 89: Lokalisatie van de groeven op kaart 158 W.

### 158 W 66: Carrière Brahy Frères of carrière de Temme (fig. 89)

Deze groeve, gelegen ten zuidwesten van het centrum van Ouffet, aan het westelijke uiteinde van de noordflank van de Anticlinale van Ouffet, werd voor 1830 geopend (ISSeP, 1994). In 1906 werd de groeve nog volop uitgebaat (LIBERT, 1911) (tabel 45). Volgens het ISSeP (1994) heeft men de groeve in 1907 gesloten. Deze groeve is met de groeve Depauw (158 W 81), verenigd tot één grote groeve, eigendom van de S.A. Nouvelles scieries et carrières Depauw, die er de blauwe kalksteen van het Tn3b (Formatie van de Crinoïdenkalksteen van de Ourthe) uitbaat. Ze verhandelt de steen onder de naam "PETIT GRANIT D'OUFFET". De ontginning gebeurt in open lucht; de banken hebben een strekking van ongeveer N63°E en een helling van 45°N.

De totale ontginbare dikte aan één stuk bedraagt ongeveer 31 m, gelegen boven de grisou en van onder naar boven verdeeld in "gris-bec", "gros banc", "bancs bleus" en "bancs noirs" (foto 59, tabel 46 en fig. 90).












Foto 58: De groeve Brahy Frères in september 2000 (foto V. CNUDDÉ).

Dikte in meter	Naam van de laag	Beschrijving	Opmerkingen
6-7	Bancs noirs		
2,80	Bancs bleus	0,90 m 0,35 m 0,35 m 1,20 m	
7	Gros banc		
	Gris bec		Werd niet uitgebaat

Tabel 45: Opeenvolging van de lagen in de groeve Brahy Frères (LIBERT, 1911).

	Dikte in m	Naam van de laag	Beschrijving	Opmerkingen
	Min. 6,30	Flint	... 1,00 m 0,70 m 0,60 m 0,45 m 0,65 m 0,90 m 0,40 m 0,60 m 1,00 m	
	8,45	Bancs noirs	1,00 m 0,60 m 1,40 m 1,50 m 0,90 m 0,90 m 2,15 m	In deze laag komen grote geodes voor, die tot 7 cm diameter kunnen hebben.
	4,70	Bancs bleus	2,30 m 0,85 m 0,25 m 0,25 m 0,95 m	In deze laag komen kleinere geodes voor dan in de Bancs noirs. Ook vinden we er witte vlekken in terug.

	6,20	Bancs minces	0,40 m 0,40 m 0,90 m 0,20 m (hier vinden we de mauvaise croûte terug) 0,10 m 2,40 m 1,80 m	
	7,75	Gros banc	1,45 m (met van boven naar onder: 0,50 m; 0,40 m; 0,55 m) 1,70 m (met van boven naar onder: 0,60 m; 0,20 m; 0,40 m; 0,30 m, 0,20 m) 4,60 m	Geen kleurverandering in het gebied langs aders
	4,00	Gris bec		Kleurverandering in het gebied langs aders
		Grisou		

Tabel 46: Overzicht van de banken uit de groeve Brahy Frères.



Foto 59: De situering van de banken in de groeve Brahy Frères (foto V. CNUDE).







Foto 60: Situatie van de groeve Lizen in augustus 2000 (foto V. CNUDDÉ).

Dikte in meter	Naam van de laag	Beschrijving
	Banc aux Fontaines	
1,70	Banc noir	
1,70	Flori-banc	
5,25	Bancs bleus	1,50 m 0,80 m 1,10 m 0,50 m 1,35 m
0,35	Dure Croute	
5,00	Minces bancs	1,20 m 0,80 m 0,65 m 0,75 m 1,60 m
6,20	Gros banc	
0,80		
0,60		
4,00	Gris bec	
	Grisou	

Tabel 47: Opeenvolging van de lagen in de groeve Lizen (LIBERT, 1911).

Men heeft deze site verlaten, omdat er verschillende breuken en sterk gespleten stenen in de groeve aanwezig waren. De gespleten stenen zorgen in de ganse groeve voor een belangrijke verwerking.

#### **158 W 78: Carrière Brihi-Tiou of Le Gros Chêne (fig. 89)**

Deze groeve, gelegen in "BRIHI-TIOU" (gemeente Ouffet), ongeveer 3,6 km ten westen van de groeve La Rock, werd in 1911 uitgebaat door de firma Alexis Maréchal-Godet (LIBERT, 1911). De lagen boven de gros banc waren in 1911 nog niet blootgelegd (tabel 48). De lagen, behorend tot het Tn3b, hellen 30° N. Volgens het ISSeP (1994) werd de groeve in 1925 gesloten. Een kleine verlaten blauwe hardsteengroeve, ten oosten van de groeve Brihi-Tiou, werd enkele jaren actief ontgonnen door de firma Monseur et Médart.

Dikte in meter	Naam van de laag
6,60	Gros banc
0,80	
0,60	
	Gris bec

Tabel 48: Opeenvolging van de lagen in de groeve Brihi-Tiou (LIBERT, 1911).

De schematische voorstelling van verschillende groeven op kaartblad 158 W wordt weergegeven in fig. 91.



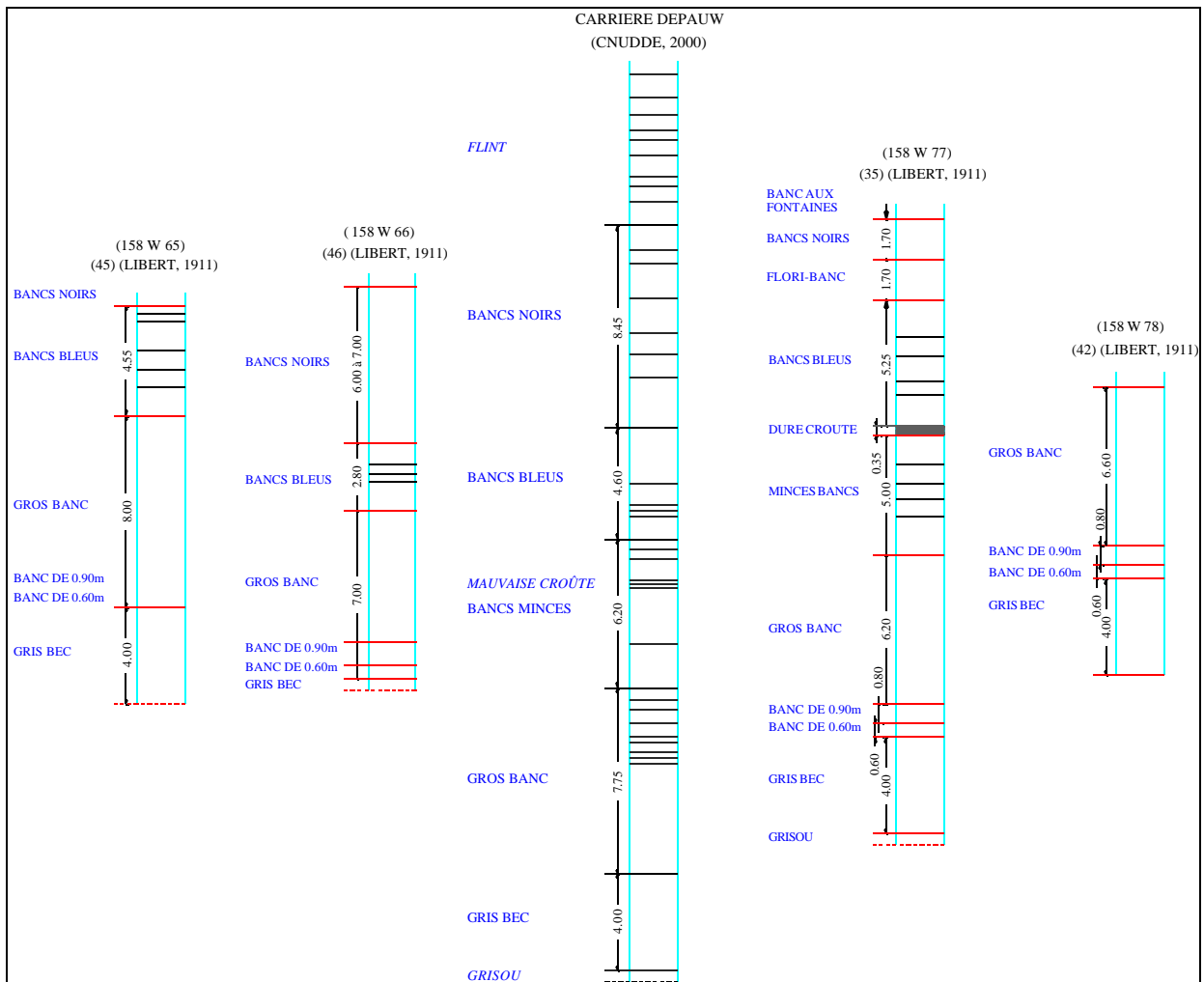


Fig 91: Schematische voorstelling van groeven van het kaartblad 158 W.

**158 W 79: Carrière Sentie Maraye (fig. 89)**

Deze groeve (foto 61), gelegen ten noordoosten van het centrum van Ouffet, in het westelijke deel van de noordflank van de Anticlinale van Ouffet, behoorde in 1911 (LIBERT, 1911) tot de firma F. Raskin, A. Cloux en J. Graillet. In die tijd lag ze er verlaten bij (tabel 49). Men baatte hier voordien blauwe hardsteen van het Tn3b (Formatie van de crinoïdenkalksteen van de Ourthe) uit, met een helling van 43° N en een strekking van ongeveer N65°E. De Banc noirs was in 1911 nog niet blootgelegd.



Foto 61: De groeve Sentie Maraye in augustus 2000 (foto V. CNUDE).

In augustus 2000, was deze groeve eigendom van de firma sprl Carrières Van Reeth – Hoefkens, die ook de groeve Baligaine (158 W 80) bezit en de groeve van Bende-Jenneret (kaartblad 157E). De totale ontginbare dikte bedraagt ongeveer 30 m, gelegen boven de grisou en van onder naar boven verdeeld in “gris-bec”, “gros banc”,

“bancs minces”, “bancs bleus” en “bancs noirs”. Op het ogenblik van ons bezoek waren de vijf grote banken zichtbaar (tabel 50 en fig. 92).

Dikte in m	Naam van de laag	Beschrijving	Opmerkingen
0,80	Deux bancs dits de 0,40 m		
1,30	Banc de la dure croute		
7,60	Bancs bleus	1,20 m 0,60 m 0,60 m 0,60 m 0,40 m 1,00 m 0,40 m 0,80 m 1,20 m 0,80 m	
7,00	Gros banc	5,40 m 0,80 m 0,60 m	
	Gris bec		Werd in 1911 niet uitgebaat

Tabel 49: Opeenvolging van de lagen in de groeve Sentie Maraye (LIBERT, 1911).

Dikte in m	Naam van de laag	Beschrijving	Opmerkingen
	flint		
	Bancs noirs	... 0,80 m 0,40 m 0,40 m 0,80 m	
5,15	Bancs bleus	1,25 m (bovenaan 0,75 m en onderaan 0,35 m) 1,00 m 0,55 m 0,95 m 1,40 m (bovenaan 0,30 m tot 0,70 m en onderaan respectievelijk 1,10 m tot 0,50 m)	
7,73	Minces bancs	0,40 m 0,45 m mauvaise croûte 1,20 m 0,45 m 2,30 m 0,70 m 1,50 m 0,73 m	De twee lagen boven de mauvaise croûte worden bij de bancs bleus gerekend.
0,17	Dure Croute	Een laag die kwarts bevat	
10,07	Gros banc	0,37 m 2,10 m 0,35 m 1,40 m 2,00 m 0,70 m 0,50 m 0,40 m 0,40 m 0,70 m 1,15 m	
0,60	Banc de 0,60 m		
4,15	Gris bec	0,30 m 0,45 m 0,50 m 0,90 m 0,40 m 0,40 m 1,20 m	
	Grisou		

Tabel 50: Opeenvolging van de lagen in de groeve Brihi-Tiou (LIBERT, 1911).

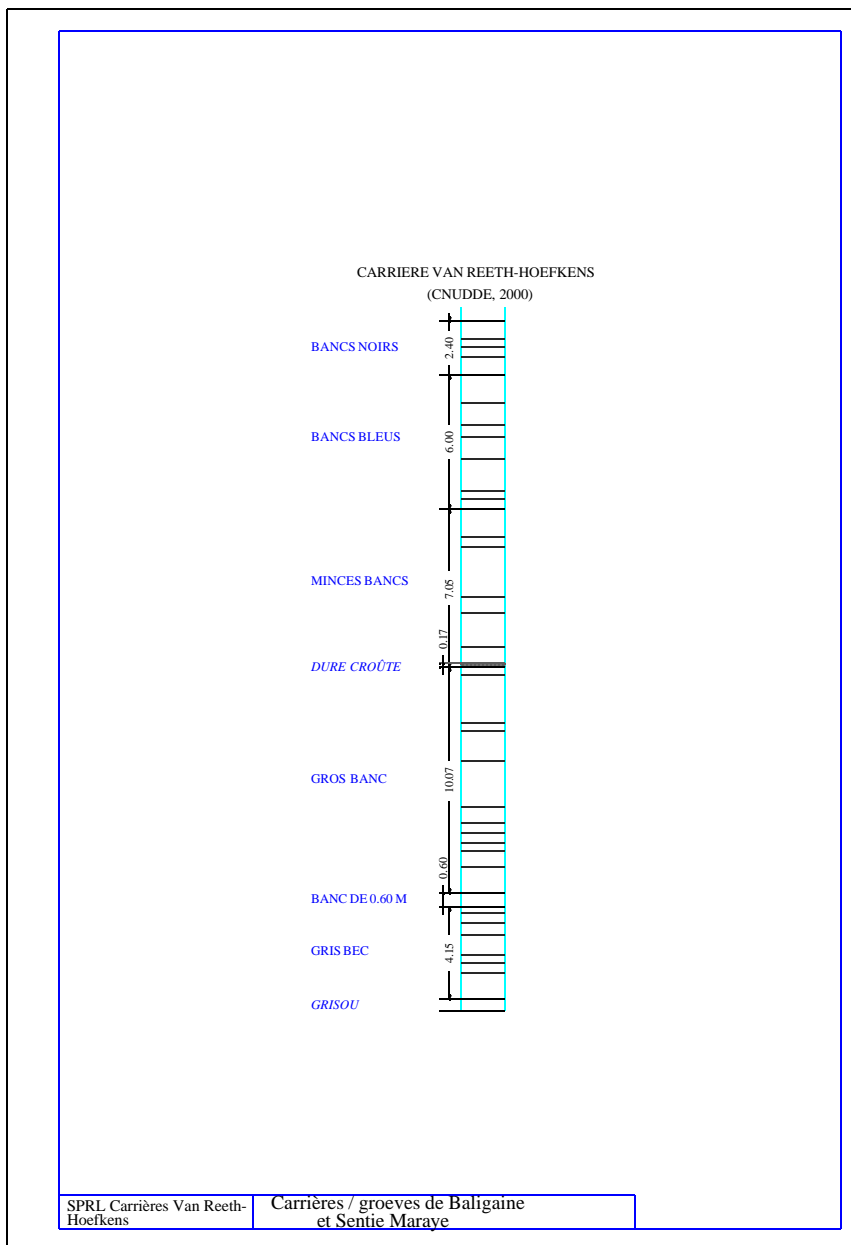


Fig. 92: Schematische voorstelling van de groeven Baligaine en Sentie Maraye.

**158 W 80-891: Carrière Baligaine (fig. 89)**

Deze groeve (foto 62), gelegen noordoostelijk van het centrum van Ouffet, in het westelijke deel van de noordflank van de Anticlinale van Ouffet, werd in 1893 geopend door de firma van Victor Monseur (LIBERT, 1911). Men baatte hier blauwe hardsteen van het Tn3b (Formatie van de crinoïdenkalksteen van de Ourthe) uit, met een strekking van N65°E en een helling van 40°N in het SW-deel van de groeve en 60°N in het NW-deel.

In augustus 2000, geeft de groeve, eigendom van de sprl Carrières Van Reeth – Hoefkens, een verlaten indruk. De totale ontginbare dikte aan één stuk bedraagt ongeveer 30 m, gelegen boven de grisou en van onder naar boven verdeeld in “gris-bec”, “gros banc”, “bancs minces”, “bancs bleus” en “bancs noirs” (tabel 51-52, fig. 92).

Dikte in m	Naam van de laag	Beschrijving	Opmerkingen
5,00	Bancs noirs	Zeer harde laag, met witte silicieuse aders	Een moeilijke laag om te bewerken.
3,80	Bancs bleus		
0,05	Dure Croûte		
5,45	Een serie van banken		
7,00	Gros banc	5,60 m 0,80 m 0,60 m	
4,60 - 7,00	Gris bec	4,00 m	

Tabel 51: Opeenvolging van de lagen in de groeve Baligaine (LIBERT, 1911).



Foto 62: De groeve Baligaine in augustus 2000 (foto V. CNUUDE).

Dikte in m	Naam van de laag	Beschrijving
	Bancs noirs	
	Bancs bleus	
	Dure Croûte	
Min. 5,10 m	Bancs minces	...? 1,60 m 0,50 m 0,50 m 0,80 m 1,70 m
5,90	Gros banc	0,60 m 5,30 m
0,75	Banc de 0,60 m	
3,50	Gris bec	1,15 m 1,00 m 1,35 m
	Grisou	

Tabel 52: Opeenvolging van de lagen in de groeve Baligaine.

### 158 W 81: Carrière Depauw of Carrière de Temme (fig. 89)

Deze groeve, gesitueerd in Ouffet op de noordflank van de Antiklinale van Ouffet, werd in 1910 geopend (ISSeP, 1994). In 1911 meldt LIBERT, dat deze groeve eigendom is van de firma Brahy, Guilmot et C<sup>c</sup>. De lagen, behorend tot het Tn3b, hellen 45° N (tabel 53 en fig. 81). Deze groeve is later verenigd met de groeve Carrière Brahy Frères (158 W 66), en wordt nu ontgonnen door de S.A. Nouvelles scieries et carrières Depauw.

Dikte in meter	Naam van de laag	Beschrijving
6,00-7,00	Bancs noirs	
2,10	Bancs bleus	
3,70		0,45 m: bevat de Dure Croûte 1,05 m 0,20 m 0,35 m 0,35 m 0,40 m 0,40 m 0,50 m
7,00	Gros banc	

Tabel 53: Opeenvolging van de lagen in de groeve Depauw (LIBERT, 1911).

De schematische voorstelling van groeven van het kaartblad 158 W wordt weergegeven in fig. 93.

### 158 W : Carrière Chemin d'Ellemelle (fig. 94)

Deze groeve, gelegen in Ouffet, werd in 1910 gesloten (ISSeP, 1994). Daar ze in de tuin van een afgesloten villa ligt, vindt men amper resten terug van de groeve, waar ooit blauwe hardsteen van het Tn3b werd uitgebraat, .



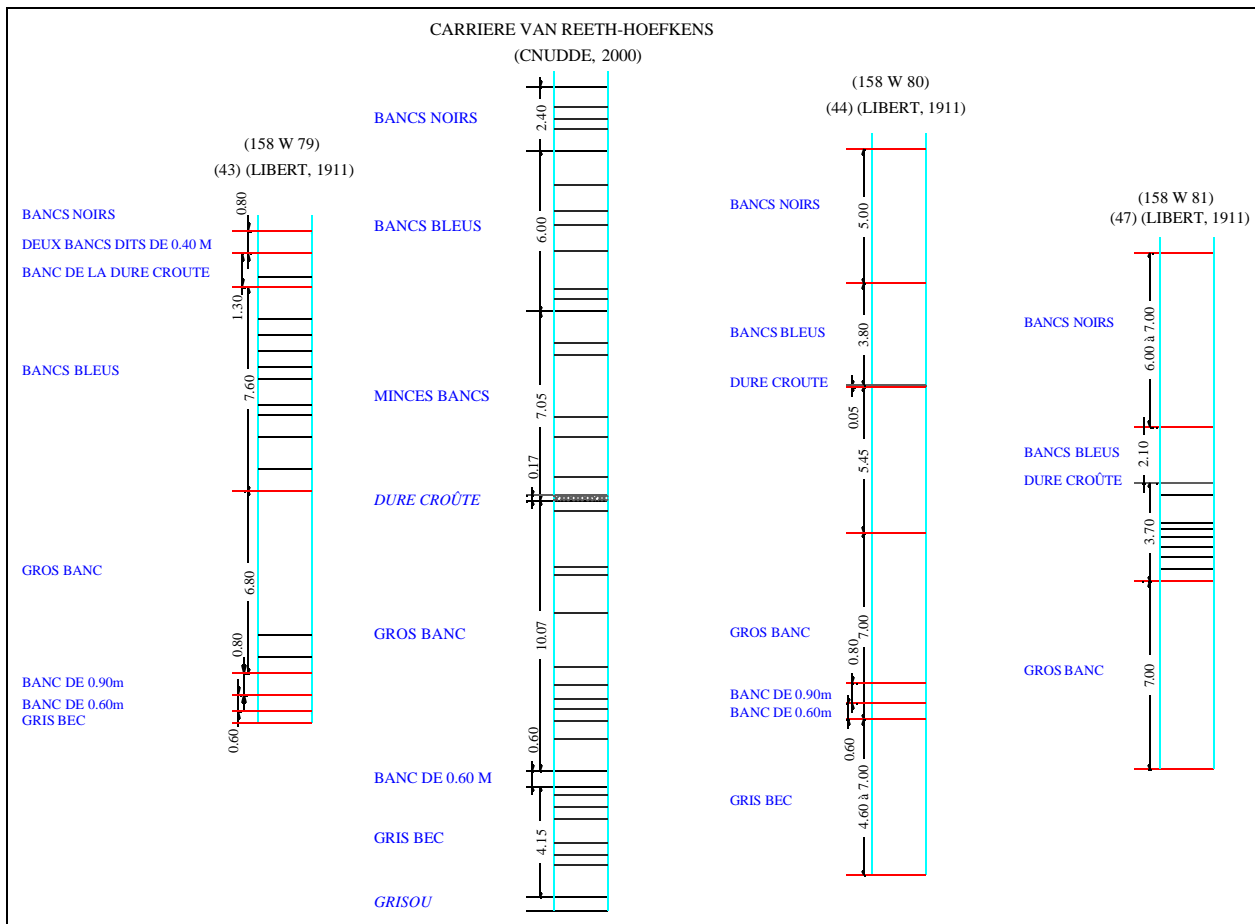


Fig. 93: Schematische voorstelling van groeven van het kaartblad 158 W.

**158 W 180: Carrière (fig. 95)**

Deze open groeve bevat paleokarsten. Men vindt er een zeer fijn wit zand in terug, met onregelmatige lagen bruin zand en klei boven een kwartsrijke kalksteen met chert.



Fig. 94: Lokalisatie van de groeven op kaart 158 W.

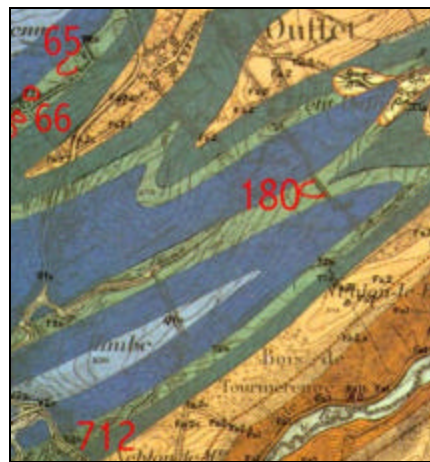


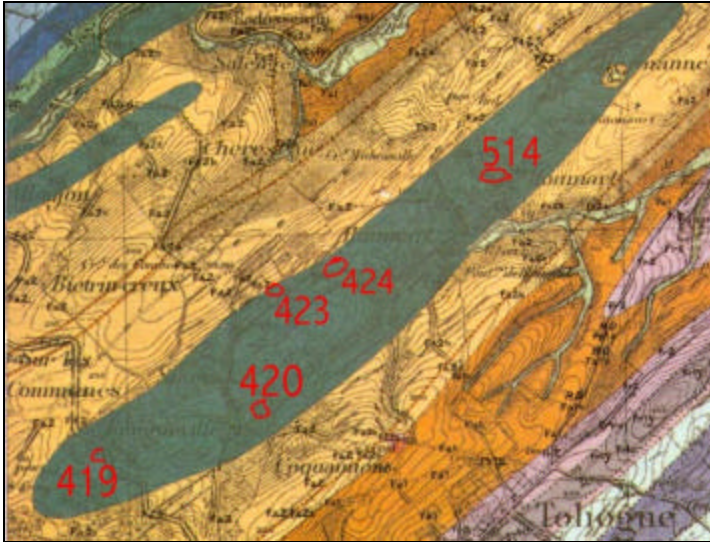
Fig. 95: Lokalisatie van de groeven op kaart 158 W.

**158 W 419: Carrière (fig. 96)**

Deze oude groeve bestond uit dunne banken, fossielrijke kalksteen behorend tot de Kalksteen van Hastière en die van Comblain-au-Pont. De golvende lagen bezitten er een strekking van ongeveer N 50° E en een helling van 30° NW.

**158 W 420: Carrière (fig. 96)**

In deze oude groeve was de kalksteen onderverdeeld in grote banken, met een strekking van N 55° E en een helling van 45° NW.



**Fig. 96:** Lokalisatie van de groeven op kaart 158 W.

**158 W 421: Trou du Renard**

In deze groeve, waarvan we weten dat ze in de buurt ligt van de groeven 158 W 419 en 420, werd er een grijze, crinoïdenkalksteen ontgonnen. De lagen bezitten er een strekking van N 50° E en een helling van 35° SE.

**158 W 423: Grotte des deux Emiles (fig. 96)**

Hier vindt men, in grote banken, een grijsblauwe crinoïdrijke kalksteen. De golvende lagen bezitten er een strekking van N 40° E en een helling van ongeveer 40° SE.

**158 W 424: Carrière (fig. 96)**

In deze oude uitbating vindt men een grijsblauwe crinoïdrijke kalksteen met brachiopoden.

**158 W 514: Carrière**

In deze oude groeve komt een grijze kalksteen voor, rijk aan grote crinoïden en grote calcietaders.

**158 W 712: Carrière (fig. 95)**

In deze groeve vond men een compacte grijze kalksteen, rijk aan grote crinoïden.

**158 W 871 : Carrière (fig. 89)**

In deze groeve had men een afwisseling van iets dikkere kalksteenlagen (50 cm) en dunne lagen van 2 cm. Soms bezaten ze zeer veel crinoïden en zeer veel aders.

**158 W 890: Carrière Troydo, Carrière Cypers (fig. 89)**

De N.V. Carrières Troydo ontgint in Ouffet een blauwe kalksteen van het Tn3b (Formatie van de Crinoïdenkalksteen van de Ourthe) in de groeve Troydo, gelegen ten noordoosten van het centrum van Ouffet, in het westelijk deel van de noordflank van de Anticlinale van Ouffet (foto 63,64 en 65).



**Foto 63:** Oude foto van de werknemers in de groeve Troydo.

De banken hebben een strekking van ongeveer N70°E en een helling van 65°N. De totale ontginbare dikte aan één stuk bedraagt ongeveer 30 m, gelegen boven de grisou en van onder naar boven verdeeld in “gris-bec”, “gros banc”, “bancs minces”, “bancs bleus” en “bancs noirs” (tabel 54 en fig. 97).

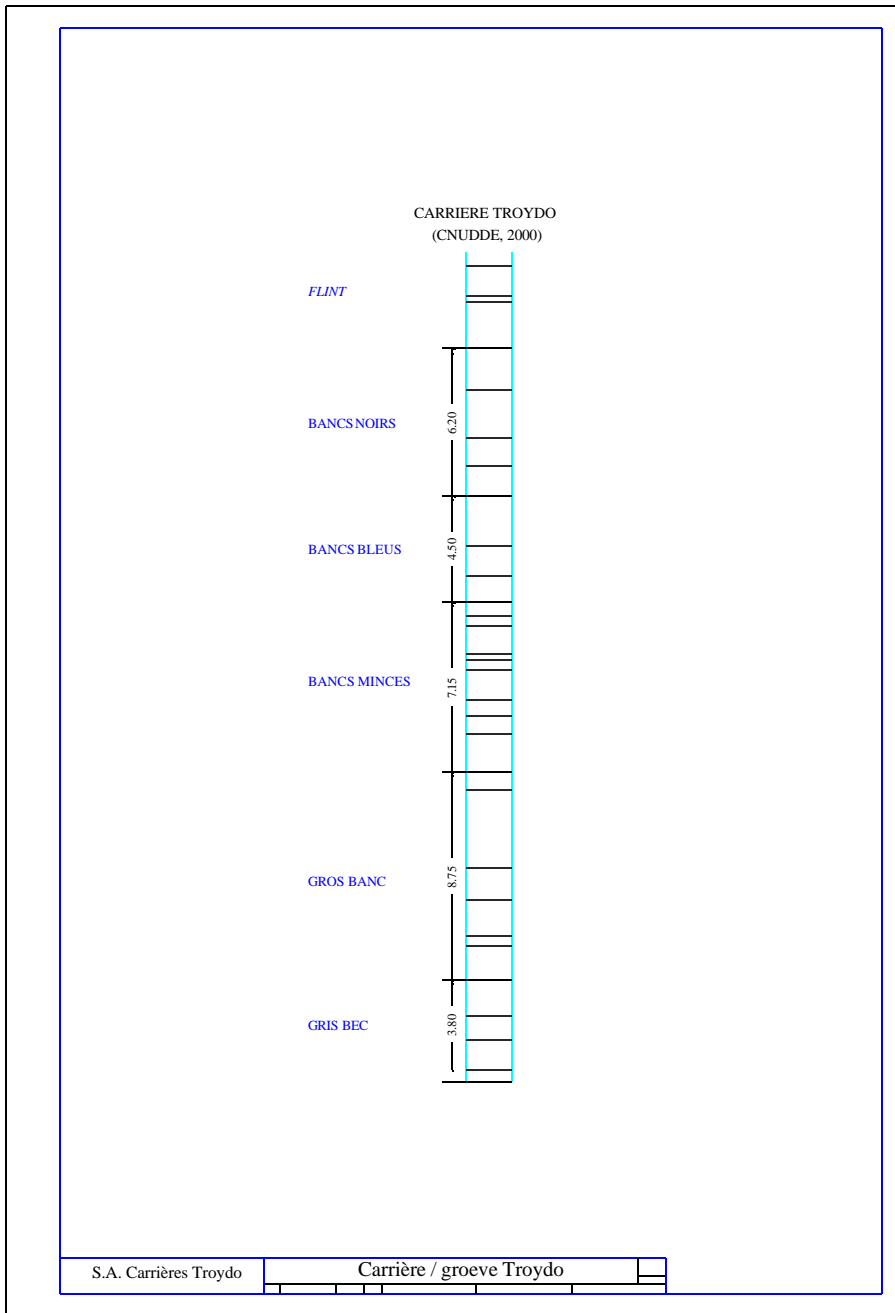
Men verkoopt enkel de ruwe blokken, die variëren van 1 tot 20 ton.

Dikte in m	Naam van de laag	Beschrijving	Opmerkingen
	Les Flints	1,30 m 0,20 m 2,00 m	
6,20	Bancs noirs	1,70 m 2,05 m 1,15 m 1,30 m	
4,50	Bancs bleus	2,15 m 1,20 m 1,15 m	Aan de top van de laag die 1,20 m dik is, vinden we duidelijke geodes, witte vlekken en veel fossielen.
7,15	Bancs minces	0,55 m 0,45 m 1,20 m 0,20 m 0,45 m 1,25 m 0,70 m 0,75 m 1,60 m	Op de grens tussen de bancs minces en de gros banc vinden we duidelijke kwartaders terug. In de groeve Sentie Maraye noemt men dit laagje de dure croûte.
8,90	Gros banc	0,80 m 3,30 m 1,30 m 1,50 m 0,45 m 1,40 m (waarschijnlijk nog onderverdeeld in 0,80 m en 0,60 m)	Het aantal fossielen dat men hier terugvindt is kleiner dan in de bancs minces
	Gris bec	1,60 m 1,00 m 1,20 m ...	

Tabel 54: Beschrijving van de lagen in de oostflank van de groeve Troydo.



Foto 64: Actieve ontginning in de zuidelijke zone van de groeve Troydo in augustus 2000 (foto V. CNUDE).



**Fig. 97: Schematische voorstelling van de groeve Troydo.**



**Foto 65: Noordelijk verlaten deel van de groeve Troydo in augustus 2000 (foto V. CNUDE).**

**158 W 892: Carrière Tige de Bende (fig. 89)**

De groeve exploiteerde blauwe hardsteen (Tn3b) uit de noordflank van de antiklinale van Ouffet. De groeve werd volgens het ISSeP in 1910 gesloten.



## Geologische kaart 164 E (topografische kaart 52/4): Nalinnes

### 164 E 541: Carrière

We vinden hier, in de bossen ten zuiden van de plaats Loverval, die terug te vinden is op de bovenliggende topografische kaart 46/8, een verlaten groeve, met bovenaan psammieten, die licht verstoord zijn, en daaronder banken van grijsblauwe crinoïdenkalksteen van het Boven-Tournaisiaan. Hieronder vindt men een compacte, grijze, crinoïdenkalksteen met witte aders. Volgens M. GOSSELET (1881) vindt men in Loverval, ten zuiden van Couillet, grote kalksteenbanken. Hij meldt dat er een oude groeve gevestigd is op de breuk, ten zuiden van het dorp. Men ontgon er een grijze compacte kalksteen van het Carboon. Afgaande op de geologische kaart van 1900, lijkt het erop dat in de groeve de Kalksteen van Yvoir werd ontgonnen. Verder vond men aan de ingang van deze groeve groene psammieten en rode schalies. Deze beschrijving komt volledig overeen met hetgeen op 164 E 541 wordt aangetroffen.

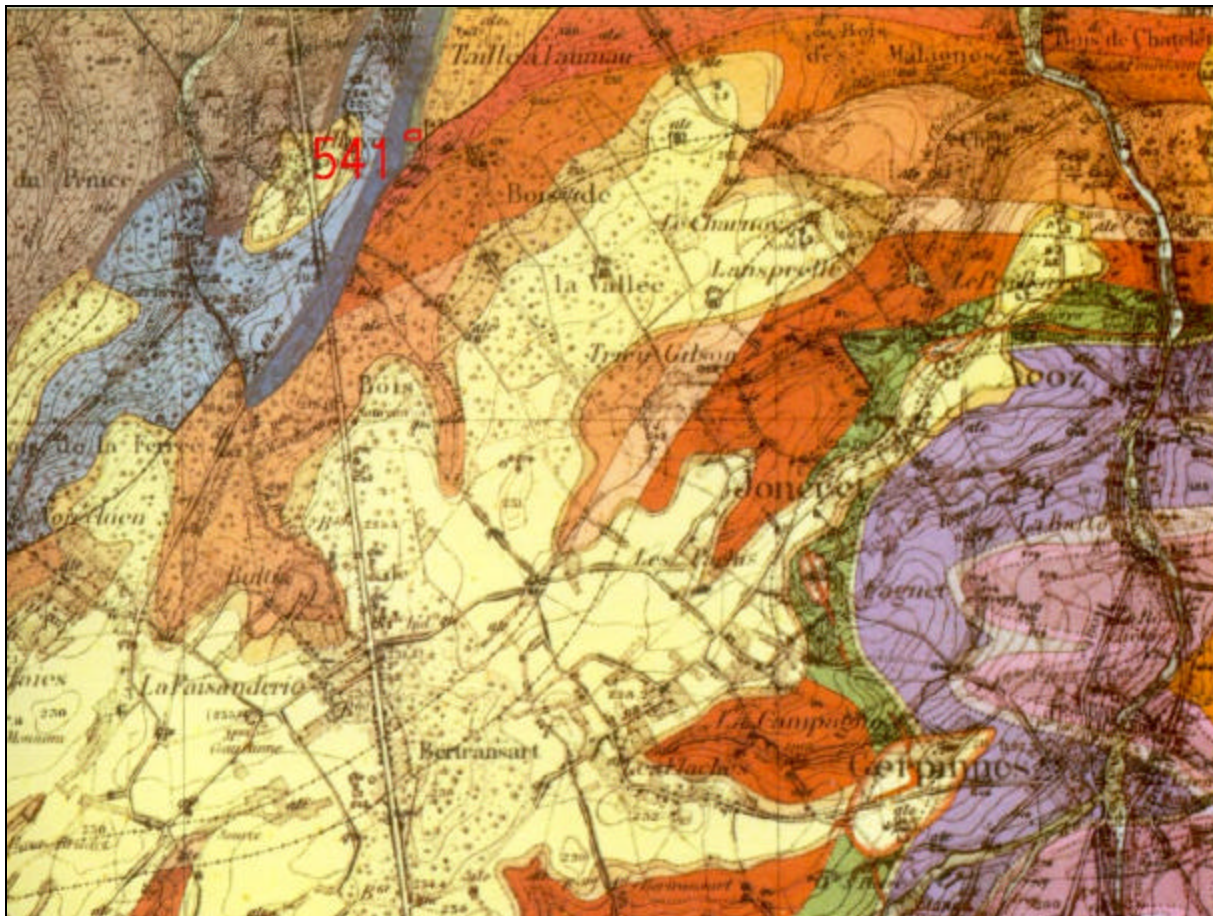


Fig. 98: Lokalisatie van de groeve 164 E 541 op kaartblad 164 E.



## Geologische kaart 165 W (topografische kaart 53/1): Biesme

### 165 W 10: Carrière

Op de plaats van deze niet te localiseren groeve bevindt zich een crinoïdenkalksteen van het Tournaisiaan, die 45° S helt. Hier vindt men talrijke kleine groeven langs de rand van de weg (BGD). Rekening houdend met de concentratie aan groeven en met de helling van de lagen is het mogelijk dat deze groeve zich bevond in de buurt van de punten 387, 388, 449 en 484, nabij de noordzuidweg die zich van Biesme.

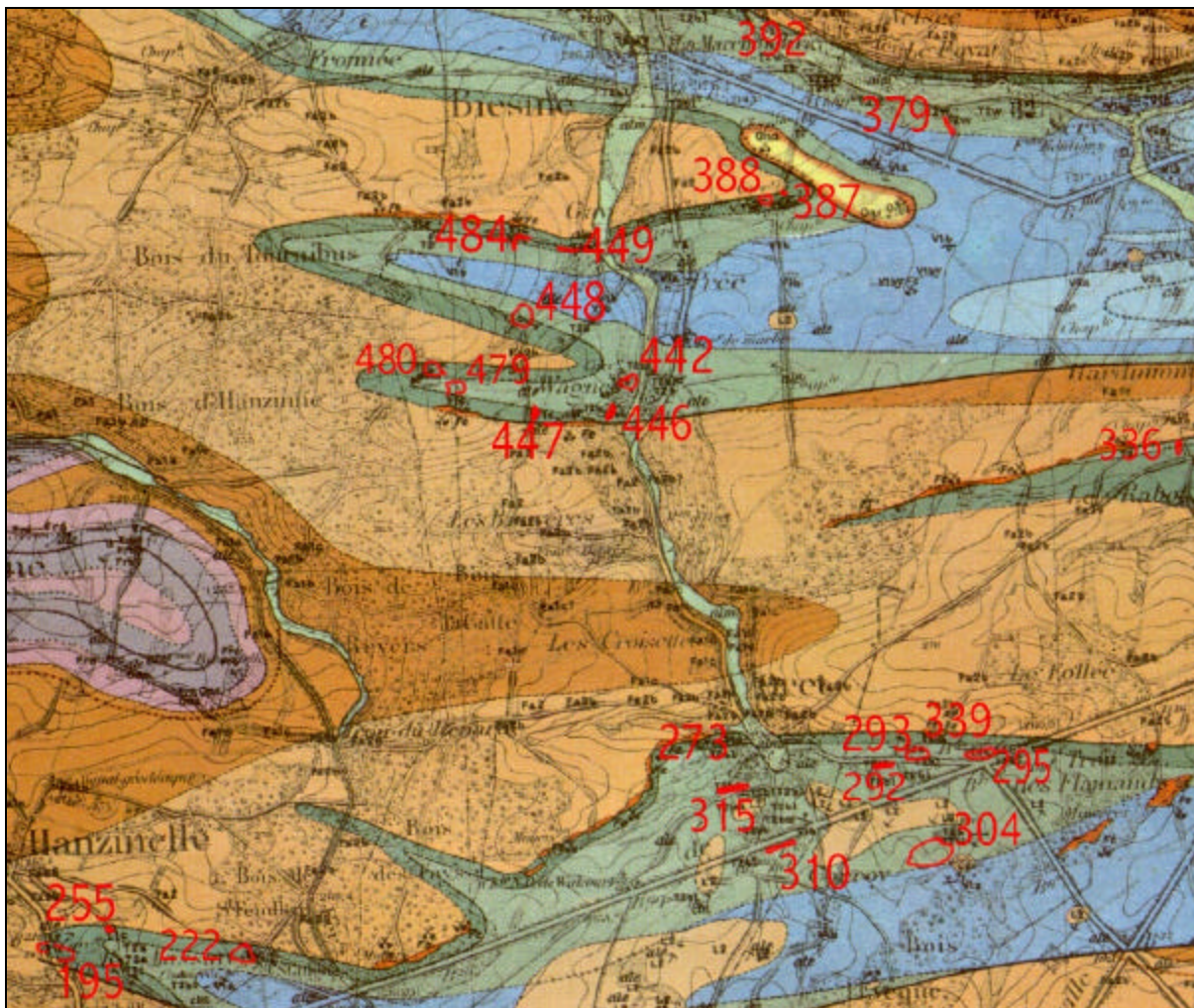


Fig. 99: Lokalisatie van de groeven op kaart 165 W.

### 165 W 195 : Carrière (fig. 99)

Ten noorden van het kasteel Ry Massart vinden we gelaagde crinoïdenkalksteen, waarschijnlijk de Kalksteen van Landelies. De banken bezitten er een strekking van N 100° E en hellen 60° N. Een tweede groeve, die er juist naast ligt, toont ons dezelfde geëxploiteerde blauwe hardsteenbanken.

### 165 W 222 : Carrière (fig. 99)

Men vindt deze groeve langs de weg naar Manzinne, ten noordwesten van het station van Oret. Ze bevat blauwe crinoïdenkalksteen, waarschijnlijk de Kalksteen van Landelies, met een strekking van N 110° E.

### 165 W 255 : Carrière (fig. 99)

Hier was ooit een uitbating van crinoïdenkalksteen, in banken met strekking N 126° E en een helling van 68° N.

### 165 W 292 : Carrière (fig. 99)

Aan de voet van de zuidelijke flank van de weg van Oret naar Stave, vinden we kalksteen van het Tournaisiaan, waarschijnlijk behorend tot de top van de Formatie van Hastière. Dezelfde kalksteen vinden we in het SSW deel van deze kalksteengroeve.

**165 W 293: Carrière (fig. 99)**

In deze groeve, gelegen ten noorden van de weg, baatte men de blauwe crinoïdenkalksteen met zwarte chert uit, behorend tot de Kalksteen van Yvoir (Tn3a). De lagen hellen 88° S en bezitten een strekking van N 107° E.

**165 W 295: Carrière (fig. 99)**

In deze verlaten groeve werd ooit blauwe hardsteen ontgonnen. Men vindt er kalksteen (a) met een strekking van N 114° E en een helling van 70° N, maar ook banken grijze, fossielhoudende crinoïdenkalksteen van het Boven-Tournaisiaan (d) en grijze, niet-gelaagde, crinoïdenkalksteen (b) (fig. 100). In het noorden van de ontsluiting vinden we zwarte kalksteen in dunne banken (c).

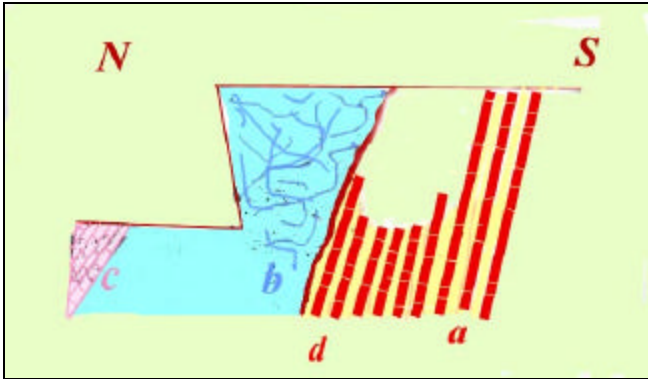


Fig. 100: Schets van de banken uit de groeve 165 W 295, naar de BGD.

**165 W 304: Carrière (fig. 99)**

Deze oude groeve, gelegen ten zuidoosten van Oret, werd herbebost. Vroeger vond men hier grijsblauwe crinoïdenkalksteen en schilferachtige, grijze kalksteen, waarbij de lagen een strekking van N 120° E bezitten en een helling van 60°N. Ten noorden van deze groeve lag er een zandgroeve.

**165 W 310: Carrière (fig. 99)**

Op 50 m ten zuiden van de weg, heeft men hier crinoïdhoudende, grijze, korrelige kalksteen ontgonnen, welke behoorde tot het Boven-Tournaisiaan.

**165 W 315: Carrière (fig. 99)**

Aan de splitsing van de twee wegen, ten zuidwesten van de kerk van Oret, vinden we een oude groeve waar kalksteen van het Boven-Tournaisiaan werd uitgebaat.

**165 W 336: Carrière (fig. 99)**

In de groeve werd een crinoïdenkalksteen uitgebaat, met een helling van 50°N en een strekking van N 100°E. Verder vindt men in de groeve ook nog kalksteen die naar het zuiden helt.

**165 W 339: Carrière (fig. 99)**

In deze groeve, gesitueerd langs een landweg naar Mettet, ontgon men crinoïdenkalksteen van het Tournaisiaan, die waarschijnlijk tot de top van de Formatie van Hastière behoorde. Ten noordoosten van de groeve vinden we zwarte schalies. Ten noorden van deze schalies vinden we sporen van een oude groeve, waar men eveneens kalksteen van het Tournaisiaan ontgon.

**165 W 379: Carrière (fig. 99)**

In deze kleine exploitatieplaats ontgon men een massieve kalksteen van het Boven-Tournaisiaan, met veel brachiopoden en Syrigopora.

**165 W 387: Carrière du Gay (fig. 99)**

Deze verlaten groeve werd geëxploiteerd door M. Taussois en lag ten oosten van een weg. Men ontgon er crinoïdenkalksteen van het Tournaisiaan, waarschijnlijk behorend tot de top van de Formatie van Hastière, waarbij de lagen een strekking van N 80° E hebben en 40° SE hellen.

**165 W 388: Carrière (fig. 99)**

In deze verlaten groeve werd een crinoïdenkalksteen van het Tournaisiaan uitgebaat, waarbij de lagen een strekking van N 90° E hebben en 50° SE hellen. De kalksteen behoorde hier waarschijnlijk tot de top van de Formatie van Hastière.

**165 W 392: Carrière (fig. 99)**

In deze groeve baatte men kalksteen van het Tournaisiaan uit. Bovenin de groeve vinden we detritische kalksteen en slib terug. Verder treft men er 6 m subvertikale banken Kalkschalies van Maredsous in aan, samen met de crinoïdenkalksteen, welke uitgebaat werd als blauwe hardsteen (fig. 101). Deze kalksteen helt 80° S en bezit een strekking van N 110° E. We vinden in de groeve een breuk, die zorgt voor een onderscheid tussen de kalksteenlagen met een helling van 80° S en de kalksteen die helt volgens de vallei. 80 m ten westen van deze groeve was er nog een uitbating (BGD).

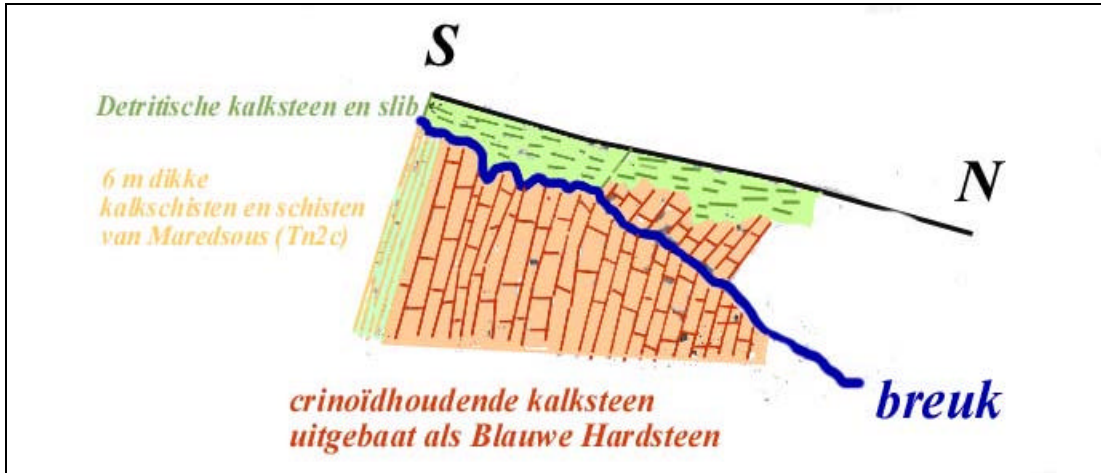


Fig. 101: Schets van de banken uit de groeve 165 W 392 naar de BGD.

**165 W 442: Carrière de Wagnée**

In deze groeve, uitgebaat door M. Devillers, ontgon men de crinoïdenkalksteen van het Boven-Tournaisiaan (de Petit-Granit s.s.). De dikke lagen kalksteen bezitten er een strekking van N 90° E en hellen 40° S.

**165 W 445: Carrière (fig. 99)**

We vinden hier sporen van een oude groeve, waarin kalksteen van het Boven-Tournaisiaan werd uitgebaat.

**165 W 446: Carrière (fig. 99)**

In deze oude groeve werd kalksteen van het Boven-Tournaisiaan uitgebaat.

**165 W 447: Carrière de Wagnée (fig. 99)**

De groeve, uitgebaat door M. Straniau, bevatte naar het zuiden hellende dikke banken crinoïdenkalksteen, waarschijnlijk behorend tot de top van de Formatie van Hastière. De banken waren in het totaal ongeveer 25 m dik.

**165 W 448: Carrière de la Roue-Fontaine (fig. 99)**

We vinden hier een sterk gebroken crinoïdenkalksteen, met een strekking van N 120° E en een helling van 80° N.

**165 W 449: Carrière (fig. 99)**

Hier heeft men ooit een uitbating van crinoïdenkalksteen willen starten. De lagen hellen er 70° S en bezitten een strekking van N 110° E.

**165 W 479: Carrière (fig. 99)**

In deze verlaten kalksteenuitbating, ontgon men ooit crinoïdenkalksteen van het Boven-Tournaisiaan (de Petit-Granit s.s.). De lagen hellen er 75° N en bezitten een strekking van N 70° W.

**165 W 480: Carrière Servais (fig. 99)**

In deze groeve vinden we een dikke, gelaagde, fossielrijke, grijsblauwe crinoïdenkalksteen, met een strekking van N 104° E en een helling van 40° S.

**165 W 484: Carrière (fig. 99)**

Ten noorden van het kruispunt vinden we een oude groeve, waar het Tournaisiaan werd uitgebaat.



## Geologische kaart 165 E (topografische kaart 53/2): Mettet

In deze streek merken we een anticlinale met lagen van het Tournaisiaan. Op beide flanken van deze min of meer oost-west georiënteerde anticlinale, kan de helling sterk variëren. We zien zeer weinig ontsluitingen op de noordflank van de anticlinale. Verschillende groeven zijn geopend op de zuidflank van de Anticlinale van Denée, waarvan echter het merendeel de “Zwarte marmer van Dinant” ontgon, gelegen aan de basis van het Viseaan. Er zijn twee andere groeven, gelegen in de lagen van het Tn3b, die blauwe hardsteen uitbaten en waarschijnlijk ook de kalksteen “Noir de Denée” (fig. 102).

De Noir de Denée is een Belgische kalksteen, die grijs tot zwart van tint is en crinoïden kan bevatten. Hij behoort stratigrafisch tot het Boven-Tournaisiaan en bevat sporadisch geodes van bleke calciet. De steen, die ontgonnen wordt in Denée (provincie Namen) is zeer sterk vergelijkbaar met de blauwe hardsteen. Zijn intense zwarte kleur wordt veroorzaakt door het hoge gehalte aan koolstof (organisch materiaal).



Fig. 102 : Gepolierde Noir de Denée.

De Noir de Denée wordt op dezelfde manier verwerkt als de blauwe hardsteen. Op de foto zien we Noir de Denée zoals hij normaal voorkomt (WTCB, TV 205). In deze steen vinden we ook vaak *Caninia* terug.

De lagen van het Tn2b zijn in deze streek slecht gekend.

Op de geologische kaart, daterend van 1904, vermeldt men voor het Tournaisiaan, de Crinoïdenkalksteen van Ecaussinnes, het Waulsortiaan-complex en de Kalksteen van Hastière.

### **165 E: Carrière Soreil (fig. 103)**

In deze groeve, gelegen in Anhée (het vroegere Sosoye), werd het Tn2b uitgebaat. De stenen uit deze groeve werden gebruikt voor de bouw van de Abdij van Maredsous.

### **165 E 198: Carrière (fig. 104)**

Aan het station van Biesmerée vinden we een groeve waar men Tournaisiaan ontgon. Sommige lagen werden gebruikt voor de productie van kalk.

### **165 E 199: Carrière du Petit-Bois (fig. 104)**

Op deze plaats, langs de weg naar het station in de buurt van Biesmerée, vinden we verschillende verlaten groeven terug. De meest noordelijk gelegen groeve lag in het Tc en is nu verlaten. De zuidelijker gelegen groeve, de groeve Petit-Bois, bevat crinoïdenkalksteen in banken van 0,25 tot 0,50 m dikte met zwarte chert (Te) en een 10 m dikke kleihoudende kalksteen, welke ontgonnen werd voor de productie van hydraulische kalk (Td).

### **165 E 244: Carrière de Evrard (fig. 103)**

In deze groeve, gelegen in Denée (Anhée) langs de grote baan die Denée verbindt met het kasteel “des Stiets”, ontgon men blauwe hardsteen uit het Tn3b, waarbij de lagen 45° S hellen en een S-W strekking hebben. De helling van de lagen neemt af in het onderste deel van de groeve. De groeve werd uitgebaat door de S.A. des Marbres et Carrières d’Annevoye (MAROTE, 1923).



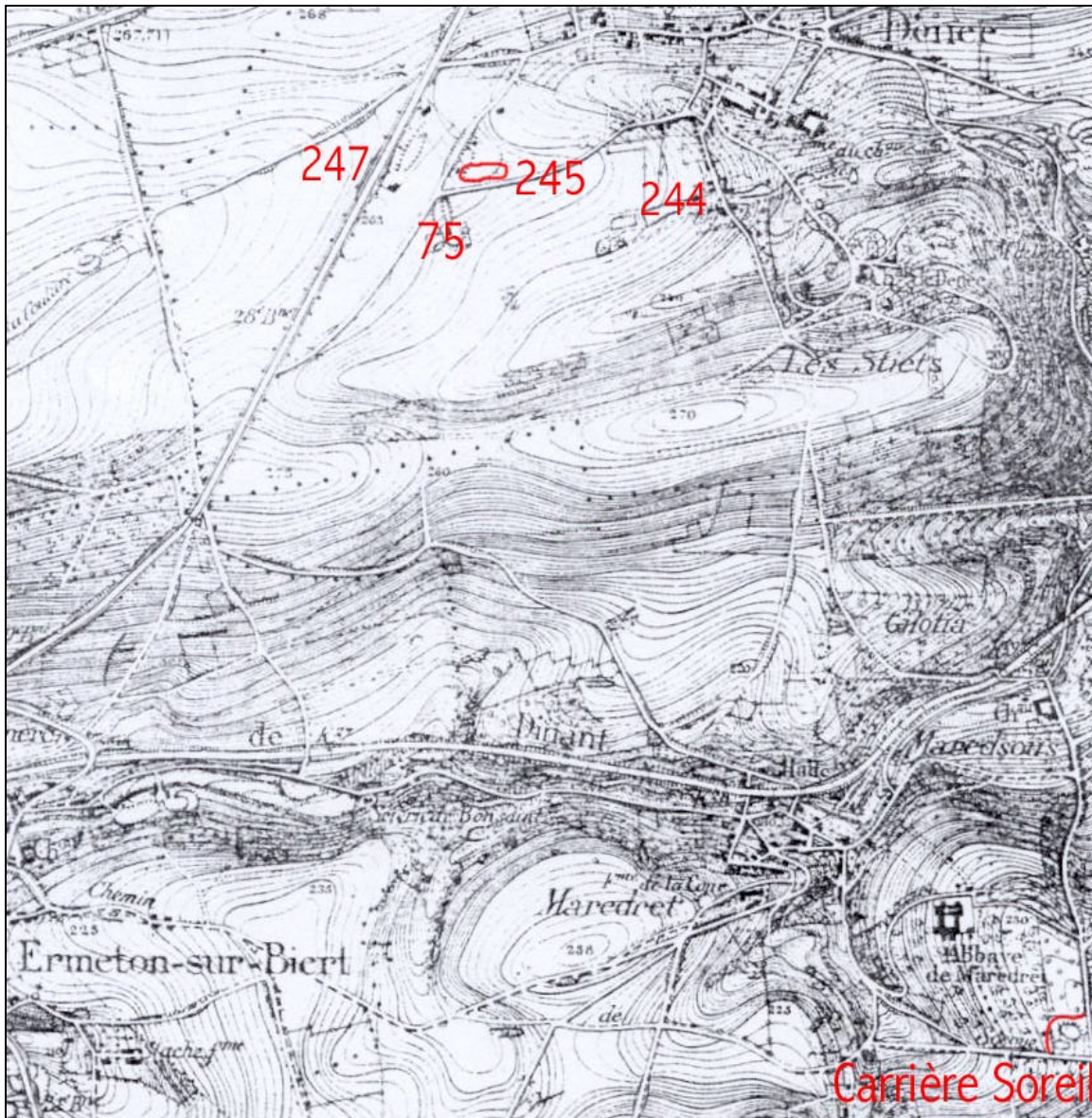


Fig. 103: Lokalisatie van de groeven op kaart 53/2.

**165 E 245: Carrière Evrard of Carrière Stocq (fig. 103)**

Deze groeve, gelegen langs de weg die Denée verbindt met Ermeton-sur-Biert, werd uitgebraat voor zijn blauwe hardsteen door de S.A. des Carrières et Marbreries d'Annevoye.

**165 E 245: Carrière du Forbot of Carrière Stocq (fig. 103)**

In 1923, meldde MAROTE, dat deze groeve uitgebraat werd door de S.A. des Carrières et Marbreries d'Annevoye. Deze groeve bevat dezelfde banken als in de groeve Evrard (165 E 245). Volgens het ISSep (1994) werd er in 1994 nog actief blauwe hardsteen uit het Tn3b uitgebraat.

**165 E 247: Carrière Petit of Carrière Stocq (fig. 103)**

In deze groeve, gelegen in Denée (Anhée), langs de weg die Saint-Gérard verbindt met Ermeton-sur-Biert, ontgon men blauwe hardsteen uit het Tn3b. De producten van deze groeve zijn uitsluitend bestemd voor de marmerindustrie (MAROTE, 1923).

De groeven 165 E 245 en 165 E 247 zijn nu verenigd tot de grote groeve Stocq of de groeve M.P.G. (Marbres, Pierres et Granit) die tot voor enkele jaren de blauwe hardsteen en de Noir de Denée verkocht. Deze groeve zou nu eigendom zijn van Baron Vaxelair (kasteelheer van Bioul).



**165 E 248: Carrière Colliche (fig. 104)**

In deze groeve, gelegen langs de spoorweg in Biesmerée (Mettet), werd het Tn2b uitgebaat. De groeve werd uitgebaat door M. Colliche (MAROTE E., 1923) waarbij de producten gebruikt werden voor allerlei doeleinden

**165 E 265: Carrière (fig. 104)**

Deze groeve was ooit een open exploitatie van kalksteen.

**165 E 266: Carrière (fig. 104)**

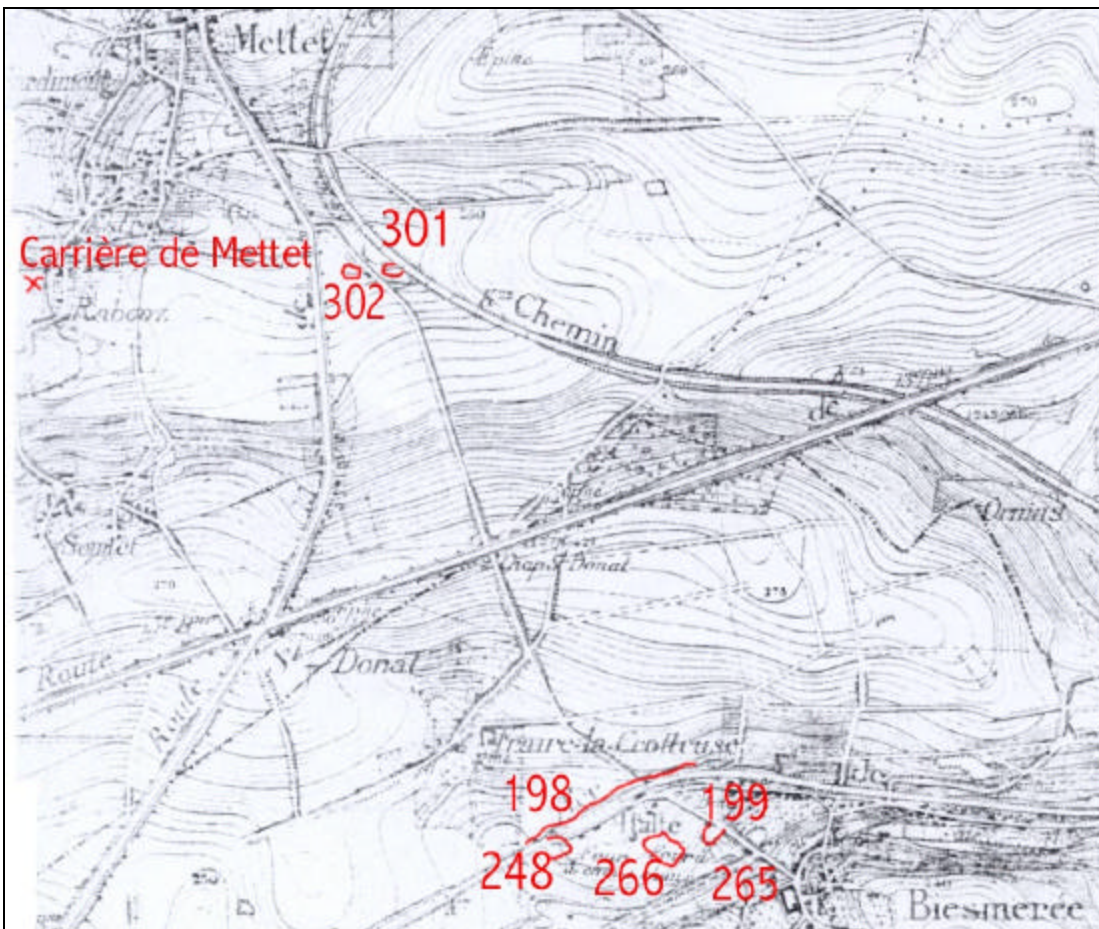
Hier heeft ooit een open exploitatie van kalksteen plaatsgevonden.

**165 E 301: Carrière (fig. 104)**

In deze verlaten groeve, gelegen tussen het Circuit van Mettet en de spoorweglijn Tamines-Dinant, werden grote banken van het Tn3c uitgebaat, met een E-W strekking en een helling van 55° N.

**165 E 302: Carrière (fig. 104)**

In deze verlaten en bijna opgevulde groeve, gelegen aan Circuitbaan van Mettet, maar aan de andere zijde ten overstaan van de groeve 165 E 301, vinden we dezelfde lithologie en tectoniek terug als in de groeve 165 E 301.



**Fig. 104: Lokalisatie van de groeven op kaart 53/2.**

**165 E: Carrière de Mettet (fig. 104)**

In deze groeve, gelegen in Mettet, werd het Boven-Tournaisiaan uitgebaat.

## Geologische kaart 166 W (topografische kaart 53/3): Bioul

### 166 W 15: Carrière (fig. 105)

Kleine verlaten groeve in de Kalksteen van Yvoir terug, met als strekking N 53° E en een 62° N helling.

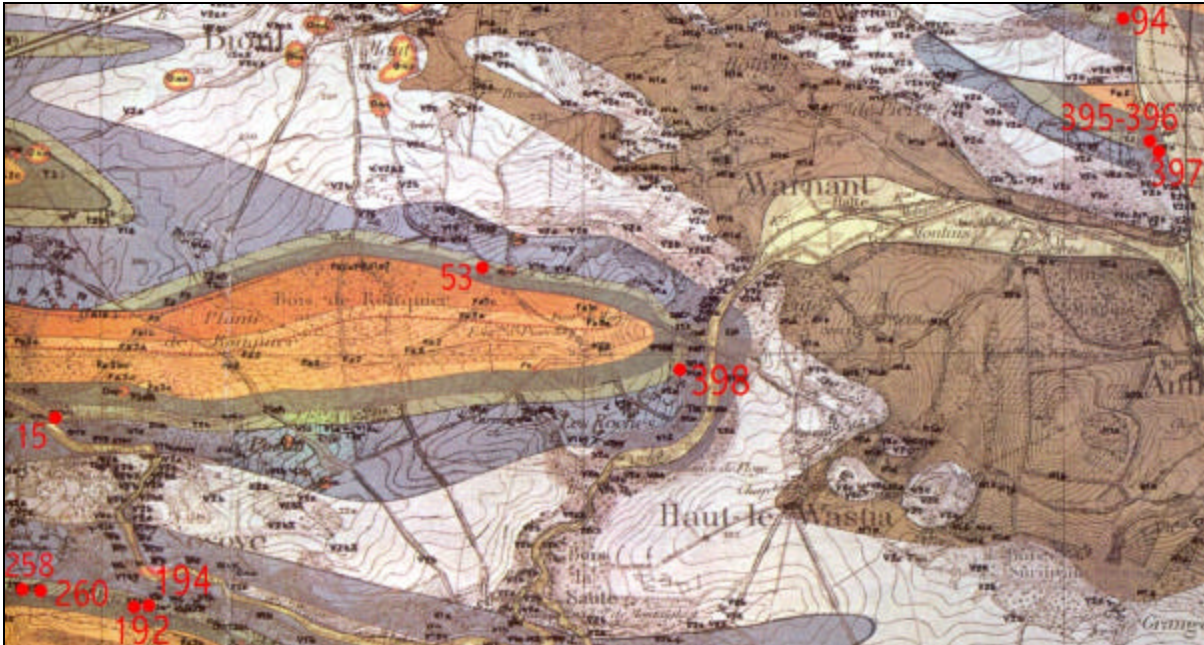


Fig. 105: Lokalisatie van de groeven op kaart 166 W.

### 166 W 53: Carrière (fig. 105)

Ten zuidwesten van Warnant vinden we langs de weg een groeve waar men de Kalksteen van Landelies ontgon. De banken hellen 75°S en bezitten een strekking van 85° E.

### 166 W 94: Carrière (fig. 105)

Oude groeve met blauwe licht gedolomitiseerd hardsteen van het Tn3b, alsook de Kalksteen van Yvoir (Tn3a).

### 166 W 115: Carrière (fig. 106)

Hier hebben we twee niet meer actieve groeven met bleke kalksteen van het Tn3c.

### 166 W 192: Carrière (fig. 105)

We vinden hier verschillende ontsluitingen terug van de Kalksteen van Landelies (Tn2b), waarbij de steen soms zwarte vlekken vertoont.

### 166 W 194: Carrière Cabu (fig. 105)

In deze groeve bevindt zich de Kalksteen van Yvoir (Tn3a). De verticale banken hebben een strekking van N 94° E. De zuidelijke en noordelijke rand van de groeve is bedekt met banken met zwarte chert. De kalksteen bevat zeer fijne witte aders van calciëtkristallen, die in onregelmatige zones voorkomen.

### 166 W 258: Carrière (fig. 105)

Het zuidelijke deel van deze groeve is samengesteld uit 7 tot 8 m gele schalies, behorend tot het Tn2a, welke bovenop een crinoïdenkalksteen rusten. In de rest van de groeve bevindt zich de Kalksteen van Landelies en de Kalkschalies van Maredsous.

### 166 W 260: Carrière (fig. 105)

Groeve in grijze crinoïdenkalksteen van het Tournaisiaan aan.

### 166 W 395-396: Carrière (fig. 105)

Oude uitbating van de Kalksteen van Landelies waarin we tevens fossielhoudende kalkschalies vinden.



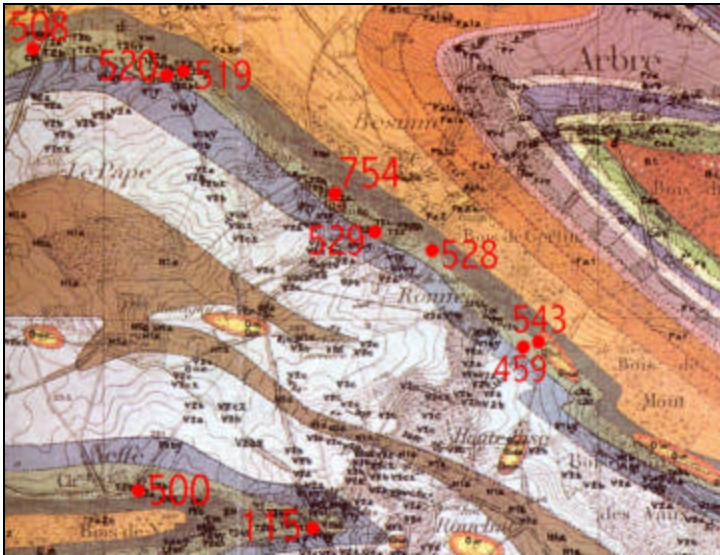


Fig. 106: Lokalisatie van de groeven op kaart 166 W.

**166 W 397: Carrière (fig. 105)**

Groeve in de Kalksteen van Yvoir met chert en crinoïden.

**166 W 398: Carrière (fig. 105)**

Verlaten blauwe hardsteengroeve, die 45 m breed is. De banken verspringen ter hoogte van een breuk die een helling van 35° S heeft. De kalksteenbanken bezitten een helling van 78° S. Ten zuiden van de groeve bevindt zich kalksteen met zwarte chert, waarbij de strekking van de lagen NW-SE is en de helling 80° NE. Het is tussen deze kalksteen en de blauwe hardsteen dat de breuk van Denée passeert.

**166 W 459: Carrière (fig. 106)**

Verlaten blauwe hardsteengroeve waar men het Tn3b ontgon, dat hier een helling van 50° S heeft. De bovenste banken zijn opgebouwd uit een blauwe kalksteen met mooie, veel fijnere korrels dan bij een gemiddelde blauwe hardsteen. In deze banken vinden we enkele *Caninia* terug. Volgens DEMANET komt deze blauwe hardsteen op alle punten overeen met de Kalksteen van Denée.

**166 W 500: Carrière (fig. 106)**

Verlaten verlaten groeve waar met het Tn3c ontgon. De lagen hellen hier 85° N en bezitten een E-W strekking.

**166 W 508: Carrière (fig. 106)**

Groeve te Lesves waar men een grijsblauwe crinoïdenkalksteen met *Caninia* en gastropoden ontgon. De lagen bezitten een strekking van N 170° W en een helling van 60° S. In deze lagen komt geen chert voor.

**166 W 519: Carrière (fig. 106)**

Verlaten groeve waar men de crinoïdenkalksteen van het Tn3a ontgon.

**166 W 520: Carrière (fig. 106)**

Deze verlaten groeve toont nog resten van gedolomitiseerde kalksteen van het Tournaisiaan (Tn3).

**166 W 528: Carrière (fig. 106)**

Verlaten groeve waar men blauwe hardsteen ontgon, behorend tot het Tn3b.

**166 W 529: Carrière (fig. 106)**

Verlaten groeve waar men blauwe hardsteen ontgon, behorend tot het Tn3b.

**166 W 543: Carrière (fig. 106)**

Verlaten groeve waarin men de Kalksteen van Landelies uitbaatte. Verder vinden we in deze groeve ook nog de Kalkschisten van Maredsous terug.

**166 W 754: Carrière (fig. 106)**

Verlaten groeve in blauwe hardsteen, waarbij de lagen 40° S hellen en een NW-SE strekking bezitten.



## Geologische kaart 166 E (topografische kaart 53/4): Yvoir

### 166 E 286: Carrière (fig. 107)

Oude exploitatie in blauwe hardsteen van het Tn3a en Tn3b. In 1924 was deze groeve al een lange tijd verlaten. De onderste laag van dit pakket bestaat uit zeer compacte blauwe kalksteen, met weinig crinoïden, behorend tot de Kalksteen van Yvoir (Tn3a).

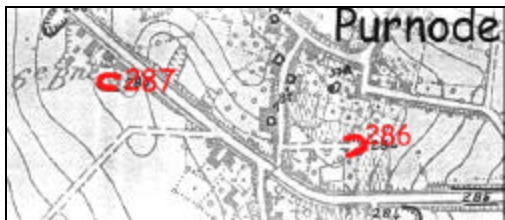


Fig. 107: Lokalisatie van de groeven 166 E 286 en 166 E 287 op kaart 53/4.

### 166 E 287: Carrière (fig. 107)

In 1924 werd er in deze groeve nog blauwe hardsteen ontgonnen. Men kon hier duidelijk "la bande d'Yvoir" zien, die hier niet gedolomitiseerd is.

### 166 E 293: Carrière (fig. 108)

In 1924 lag deze groeve, waar men ooit de Kalksteen van Landelies (Tn2b) ontgon, er verlaten bij. Deze kalksteen bevat hier veel crinoïden. In het zuidelijke deel van de groeve vond men de zeer sterk gefossiliseerde Kalkschalies van Maredsous (Tn2c). De lagen hellen er 80° S.

### 166 E 294: Carrière (fig. 108)

In 1924 was deze groeve verlaten en vond men in het noordelijk deel van de groeve de Kalksteen van Landelies (Tn2b), met veel crinoïden, maar zonder chert. De lagen hellen er 86° S. In het zuidelijke uiteinde van de groeve vond men schisteuse kalksteen die waarschijnlijk behoorde tot de Kalkschalies van Maredsous.



Fig. 108: Lokalisatie van de groeven 166 E 293 en 166 E 294 op kaart 53/4.

### 166 E 298: Carrière (fig. 109)

In 1924 was deze groeve verlaten. Men vond er gedolomitiseerde blauwe hardsteen, kalkschalies en "zwarte marmers".

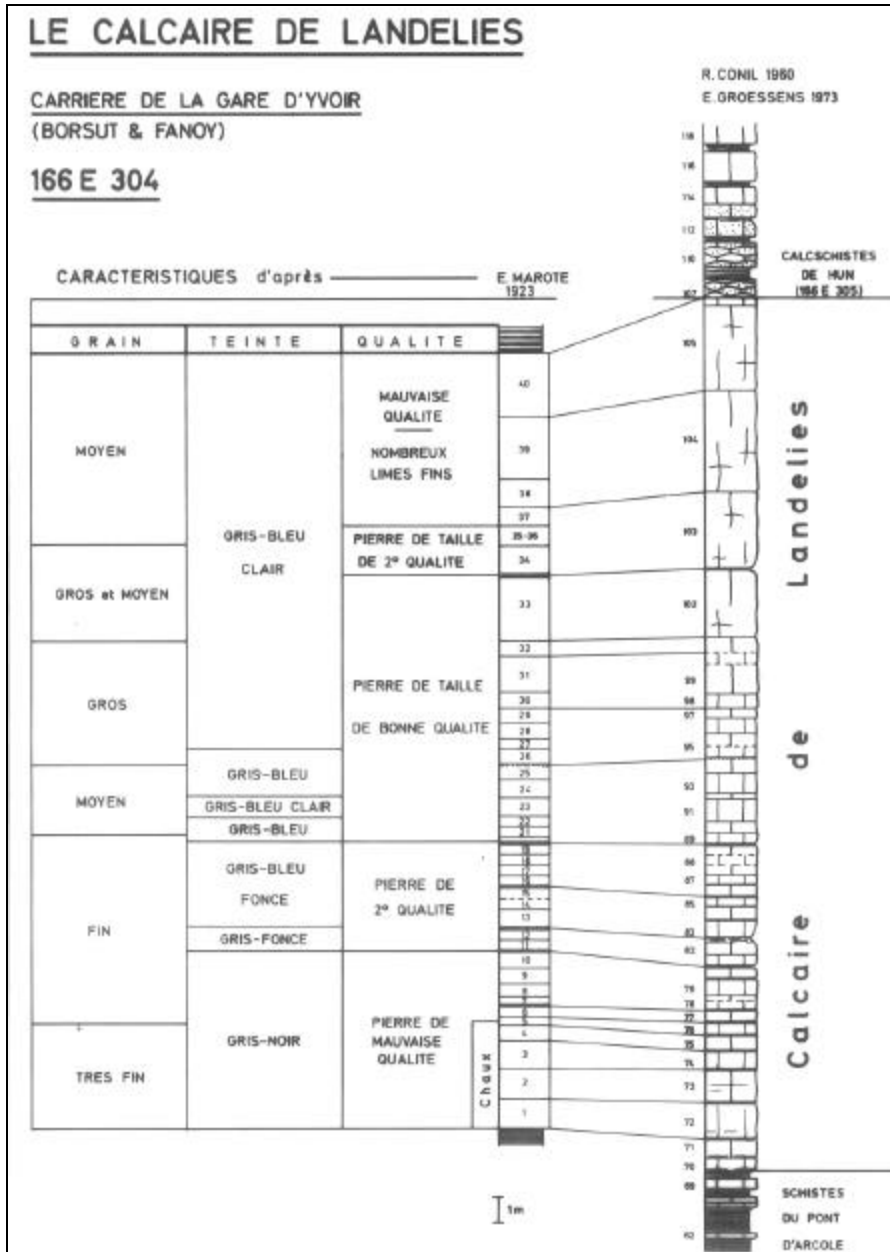


Fig. 109: Lokalisatie van de groeven op kaart 53/4.

**166 E 304: Carrière de la gare d'Yvoir of Carrière Borsut & Fanoy (fig. 109)**

Deze groeve (foto 66) bevat de Kalksteen van Landelies (Tn2b), een crinoïdhoudende, fijne en harde kalksteen, verdeeld in banken met een dikte van 0,3 tot 0,7 m. In 1924 werd deze groeve niet meer uitgebaut omdat ze te dicht bij het station lag. In het noordelijke deel van de groeve bezitten de lagen een strekking van N 110° E en een helling van 80° S. Dit deel bestaat uit schalies van het Tn2a.

GROESSENS (1978) maakte een schematisch overzicht van de opeenvolgende banken in deze groeve (fig. 110).



**Fig. 110: Bespreking van de lagen uit de groeve Borsut et Fanoy (GROESSENS, 1978).**

CONIL beschreef de coupe van deze groeve in 1960 als volgt:

- 0,30 m: Grijze kalksteenbanken, met weinig crinoïden en grote Orthotetinae. Deze bank vormt de overgang tussen de Kalksteen van Landelies (Tn2b) en de kalkschalies van het Tn2c.
- 12,80 m: Grijze kalksteen, lokaal met crinoïden. De lensvormige en onregelmatige lagen van korrelige kalksteen wisselen af met crinoïdenlagen, waardoor het gesteente een nogal onregelmatige structuur heeft. Deze formatie is in dikke banken opgedeeld.
- 9,55 m: Grijze gelaagde kalksteen, met banken van 0,25 m tot 1,15 m dikte. Op ongeveer 2 m van de basis is het gesteente zeer rijk aan crinoïden. Poliepen en brachiopoden komen hier vaak voor.



Foto 66: De groeve Borsut & Fanoy in augustus 2000 (foto V. CNUDDÉ).

**166 E 306: Carrière (fig. 109)**

De noordelijke wand van deze groeve is samengesteld uit de Kalksteen van Yvoir (Tn3a), die af en toe crinoïden en chert vertoont. Deze banken kunnen sterk in dikte verschillen en vertonen een lichte dolomitatie. In de andere helft van de groeve vindt men gedeeltelijk gedolomitiseerde blauwe hardsteen van het Tn3b.

**166 E 318: Carrière Saint-Roch (fig. 109)**

De groeve Saint-Roch, die nu eigendom is van de S.P.R.L. Marbres et Pierres d'Yvoir, ligt langs de rechteroever in de vallei van de Bocq, ten oosten van het centrum van Yvoir. Hier baat men de Formatie van de Kalksteen van Landelies (Tn2b) uit (foto's 67 en 68, fig. 112). De banken hebben een strekking van N 120° E en een helling van 43° S. De steen wordt verhandeld onder de naam "PETIT GRANIT DU BOCQ". Het bedrijf werd opgericht in 1861, waarna 5 generaties: Alfred, Adolphe, Pierre, Henry en Eric Dapsens elkaar hebben opgevolgd.

De totale dikte van de ontginbare lagen bedraagt ongeveer 24,8 m. De lagen worden verdeeld van top tot basis in de "bancs gris", "bancs bleus" en de "bancs noirs". We vinden hier aan de meest oostelijke zijde van de groeve de Kalkschalies van Maredsous (Tn2c) (tabel 55 en fig. 113).



Foto 67: Deze foto, die de groeve Saint-Roch voorstelt, is in het bezit van M. Dapsens en dateert uit 1880.

Deze groeve is op dit ogenblik de enige waar men nog de Kalksteen van Landelies ontgint. Al de andere actieve Belgische blauwe hardsteengroeven ontginnen het Boven-Tournaisiaan. De Kalksteen van Landelies is al lang als blauwe hardsteen bekend, zoals blijkt uit een brief van 1882 (fig. 111). In het kader van de homologatie van de Belgische blauwe hardsteengroeven, werd de Kalksteen van Landelies uit de groeve Saint-Roch, samen met 12 andere Belgische blauwe hardsteengroeven, uitvoerig getest. De resultaten van deze technische proeven worden in hoofdstuk 5 weergegeven, samen met de resultaten van het eigen onderzoek naar de porositeit, de schijnbare volumieke massa, de druksterkte en het CaCO<sub>3</sub>-gehalte van deze steen.

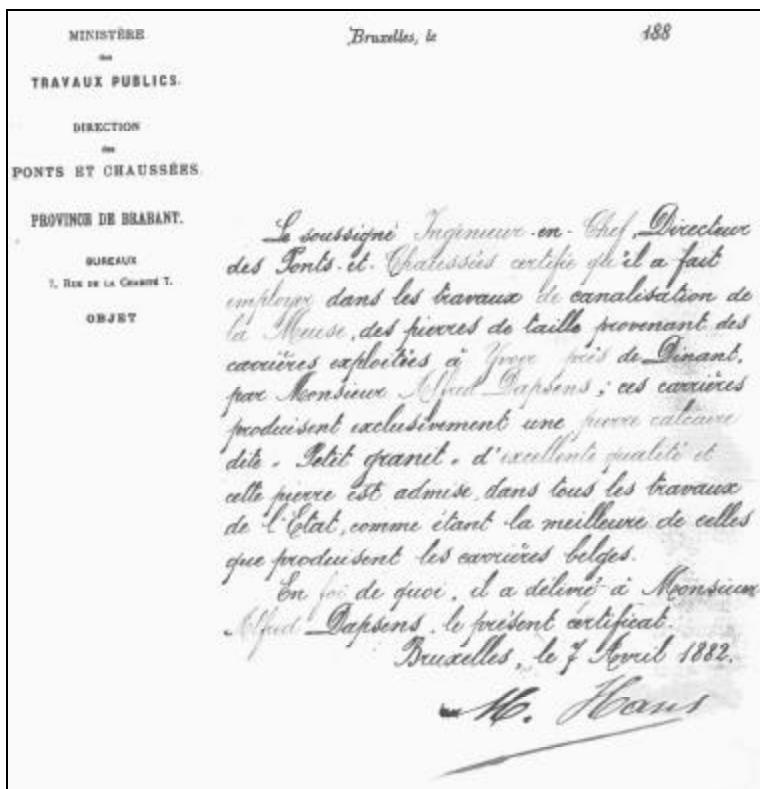


Fig. 111: Brief uit 1882, waarop vermeld wordt dat de steen uit de groeve Saint-Roch van een zeer goede kwaliteit is.

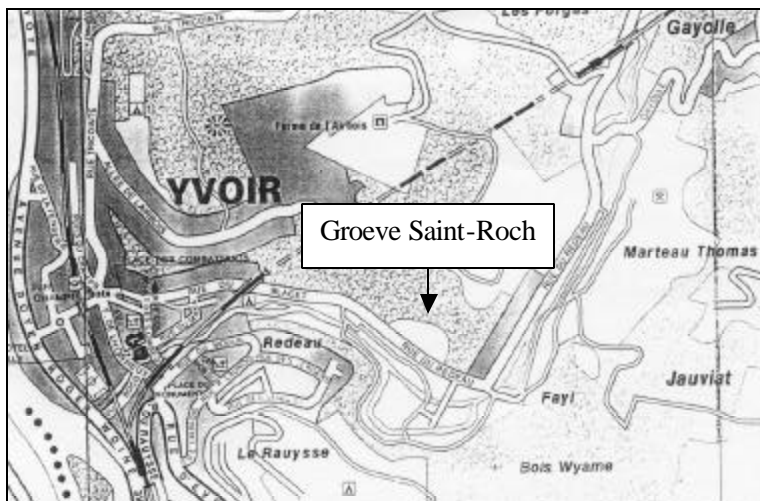





Fig. 112: Kaart van de gemeente Yvoir met de groeve Saint-Roch, Rue du Redeau.

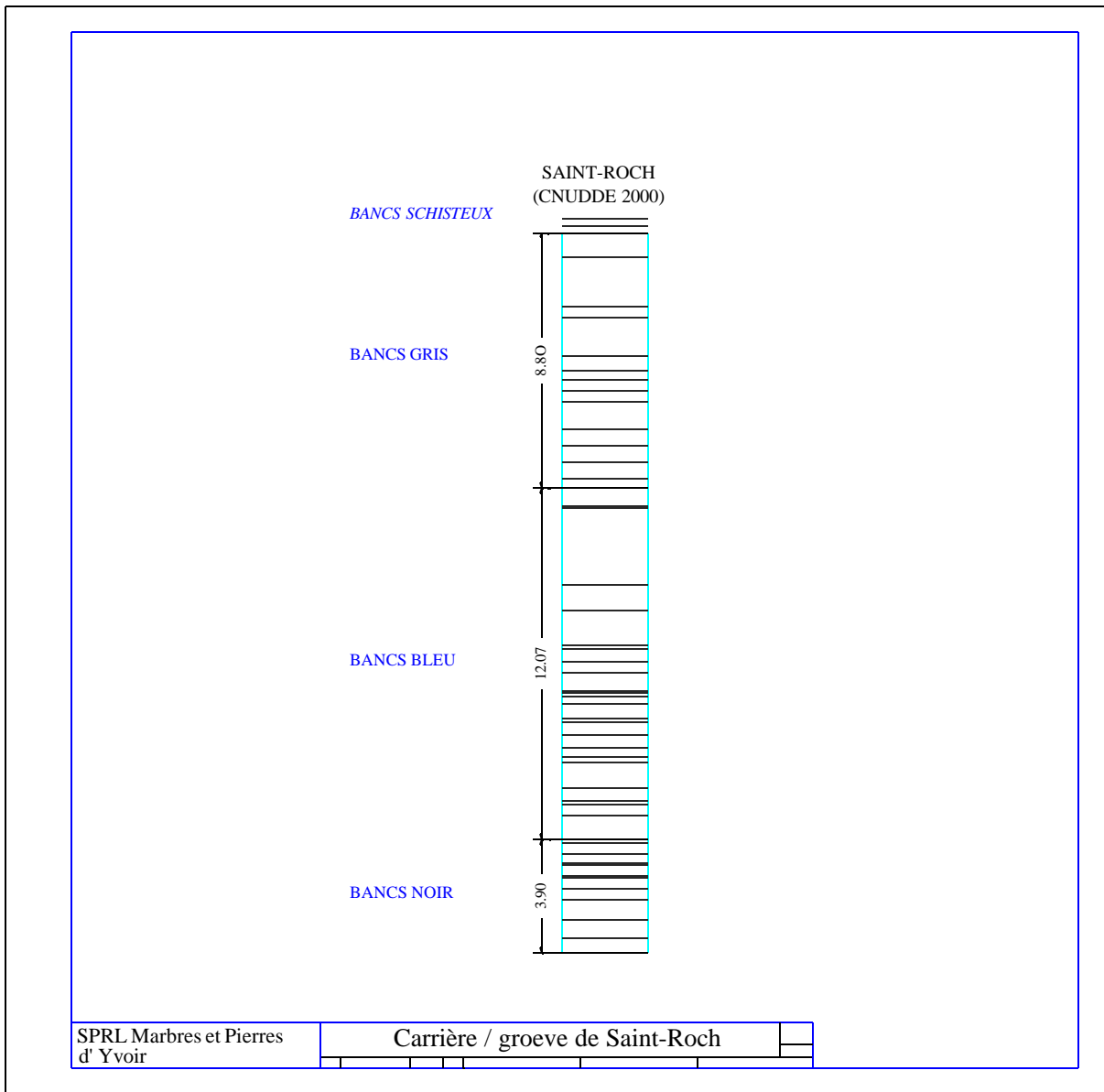


Foto 68: De linkerfoto dateert uit 1910 (ter beschikking gesteld door M. Dapsens, eigenaar van de groeve), terwijl de rechterfoto de huidige situatie voorstelt (foto V. CNUDE).



Dikte in m	Naam van de laag	Beschrijving van de laag	Foto's en opmerkingen
	Schisteus	0,25 m 0,05 m	
8,95	Gris	0,20 m 0,85 m 1,65 m 0,40 m 1,80 m -1,30 m -0,50 m 1,10 m -0,30 m -0,40 m -0,40 m 0,95 m 0,55 m 1,10 m -0,55 m -0,55 m 0,35 m	
11,98	Bleu	3,30 m -0,60 m -0,10 m -2,60 m 0,85 m 1,20 m 0,10 m 0,45 m 0,40 m 0,65 m 0,03 m 0,15 m 0,25 m 0,50 m golvend oppervlak 0,12 m 0,45 m 0,40 m 0,30 m 0,23 m 0,85 m 0,45 m 0,50 m -0,12 m -0,38 m 0,80 m	 Foto met de banken van de Noir en de onderste banken Bleu.
3,40	Noir	0,15 m 0,35 m 0,35 m 0,07 m 0,36 m 0,02 m 0,40 m 0,40 m 0,70 m 0,60 m	De onderste 0,6 m is fossielrijk en onbruikbaar voor de productie van blauwe hardsteenontginning. Daaronder liggen donkere lagen, die makkelijk te verpulveren zijn, beginnend met de bank van 0,50 m.
		0,50 m	

Tabel 55: Beschrijving van de lagen van de groeve Saint-Roch.



**Fig. 113:** Schematische voorstelling van de groeve Saint-Roch.

**166 E 323:** Carrière (fig. 114)

In deze groeve, die er in 1924 al verlaten bij lag, werd blauwe hardsteen van het Tn3b ontgonnen.



**Fig. 114:** Lokalisatie van de groeven op kaart 53/4.

### **166 E 324: Carrière Greuze (fig. 114)**

Deze groeve bestaat bovenaan uit sterk geërodeerde, compacte kalksteen met bleke chert (Faciës van Leffe, Tn3c). De bovenste dunne banken zijn van elkaar gescheiden door kleilaagjes. Daaronder bevindt zich de blauwe hardsteen die in 1924 nog volop werd uitgebaat. Hieronder bevond zich chertloze Kalksteen van Yvoir (Tn3a), die hier eveneens werd uitgebaat. Lager, meer naar de verwerkingsplaats op, ontsluiten achtereenvolgens de Kalkschalies van Maredsous (Tn2c), de Kalksteen van Landelies (Tn2b), de Schalies van het Tn3a, de Kalksteen en Schalies van Hastière (Tn1b) en uiteindelijk het Famenniaan.

### **166 E 325: Carrière la Falize-Chansin, Carrière de Durnal of Carrière Nutons (fig. 114 en fig. 115)**

Deze groeve, gelegen op een flank van de vallei van de Bocq, ten noorden van de oude spoorweg Spontin-Yvoir, ongeveer 1,5 km ten noordwesten van Spontin, 900 m ten zuiden van Durnal en 600 m ten oosten van het gehucht Chansin, is eigendom van de firma N.V. Nutons waar J.-P. Focant directeur is. Hij bezit ook nog de groeve Trou des Chats (167 W 156) en baat occasioneel de groeve Nutons (167 W 73) uit. De kleine groeve wordt door een klein beekje doorkruist. In 1924 werd in deze groeve nog Kalksteen van Landelies (Tn2b) uitgebaat. Deze groeve bevat dezelfde lagen als de groeve Greuze (166 E 324). De lagen zijn bovenaan gedolomitiseerd, hellen 20° N en bezitten een strekking van N 88° E. Ze worden doorsneden door grote diaklazen, opgevuld met klei. Verder is er hier geen enkele vorm van karstificatie zichtbaar. In 1989 is een deel van de groeve verkocht aan de firma DRANACO. De groeve ligt nogal geïsoleerd en er staat op het terrein geen enkel gebouw. Wegens een geschil tussen de verhuurders van de grond en de ontginning van de blauwe hardsteen is de ontginning sinds 1996 onderbroken.

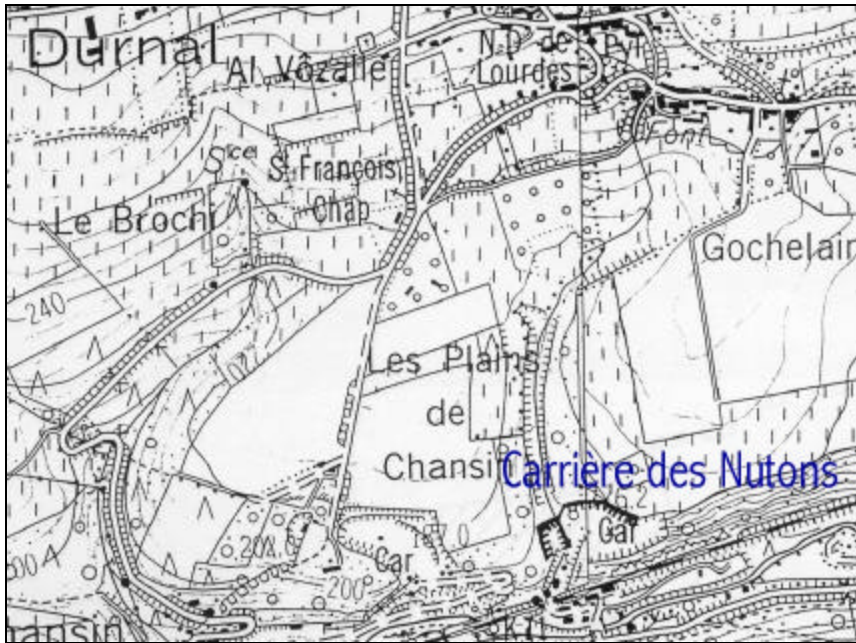


Fig. 115: Lokalisatie van de groeve Nutons op kaart 53/4.

### **166 E 326: Carrière**

In deze groeve, die in 1924 verlaten was, werd de Kalksteen van Landelies (Tn2b) ontgonnen. De lagen hebben een NE strekking en hellen 70° SE.



**Geologische kaart 167 W (topografische kaart 54/1): Natoye****167 W 73: Carrière des Nutons (fig. 116)**

Deze groeve (foto's 69 en 70), gelegen langs de Bocq in Durnal, dichtbij Chansin, werd bezocht door Halet op 24 juli 1909. Ze heeft haar naam te danken aan de legendarische grotten van Nutons, die er dichtbij liggen (GERMAIN, 1974). Men ontgon er de Kalksteen van Landelies, waarvan de lagen er 20° N hellen en er een W-E strekking bezitten. De stenen uit deze groeve waren zeer goed geschikt als bouwsteen. Officieel wordt er hier nog continu uitgebaat, maar in werkelijkheid ligt de groeve er verlaten bij. Deze plaats straalt een soort nostalgie uit van lang vervlogen succesvolle jaren, waarbij de meeste oude gebouwen door plundersaars zijn afgebroken.



**Fig. 116: Lokalisatie van de groeven op kaart 54/1.**

Vanaf het einde van de 19<sup>de</sup> eeuw baatte de familie Focant deze groeve uit. De zoon van de voormalige eigenaar, M. Focant, baat nu de groeve Trou des Chats in Dorinne uit. Hij ontgint in de groeve Nutons slechts sporadisch. Hij is niet de eigenaar van de groeve en betaalt per ontgonnen blok. GROESSENS (1978) maakte een schematisch overzicht van de banken op basis van gegevens van M. HALET uit 1908 en J. GERMAIN (1974) (fig. 117). GROESSENS beschreef de groeve en leidde daaruit af dat men er aan de basis te maken had met de Schalies van Pont d'Arcole en aan de top met de Kalksteen van Yvoir (Tn3a) (fig. 118).



**Foto 69: De groeve Nutons in augustus 2000 (foto V. CNUDDE).**



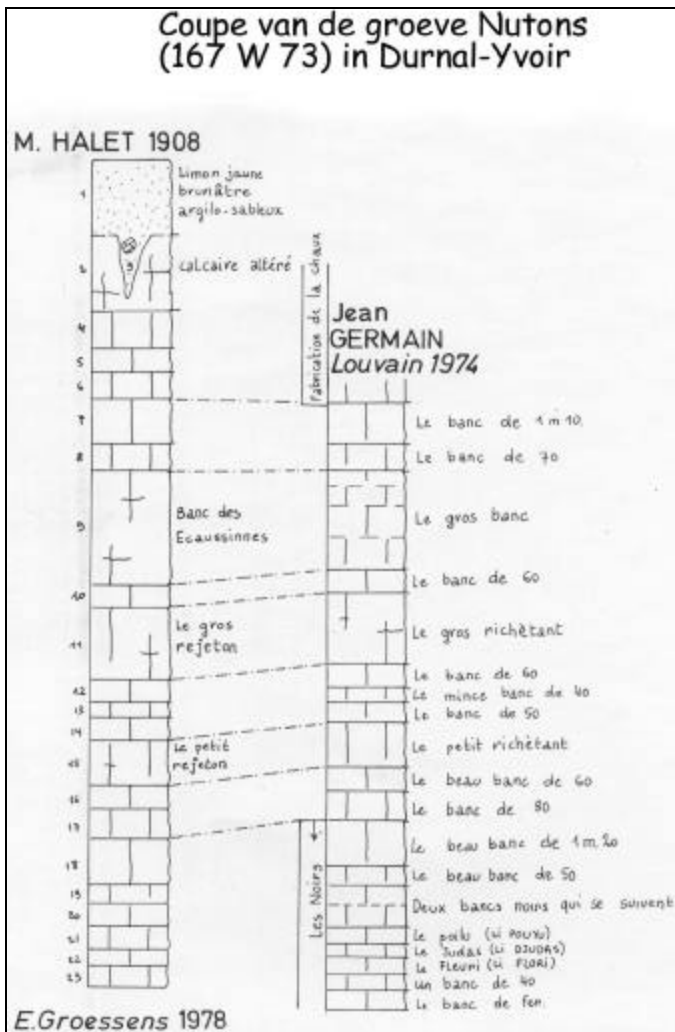


Fig. 117: Schematisch overzicht van de banken in de groeve Nutons (GROESSENS, 1978).



Fig. 118: Voorstelling van de banken in de groeve Nutons door GROESSENS (1978).



Foto 70: Impressies van de verlaten groeve Nutons in augustus 2000 (foto's V. CNUDE).

**167 W 74: Carrière (fig. 118)**

In deze groeve, gelegen in “Liène”, 2 km ten noorden van het station van Ciney, baatte men kalksteen van het Dinantiaan uit, vooral voor de productie van kalk. De banken hellen er ongeveer 75 ° N en bezitten een SE-NE strekking. In het zuidoostelijk deel van de groeve zorgde de Kalksteen van Landelies (Tn2b) laag voor een nogal magere, middelmatige kalk. De erop voorkomende Kalksteen van Yvoir (Tn3a) werd eveneens voor de productie van kalk ontgonnen. Hoger bevindt zich een grijze, sterk gedolomitiseerde crinoïdenkalksteen (Tn3b). Aan de top bevindt zich tenslotte het niveau van de Zwarte marmer van Dinant, behorend tot het Viseaan (V1a). Eerst baatte men het Tournaisiaan uit, maar later meer het Viseaan, waaruit men betere kalk kon halen.



Fig. 118: Lokalisatie van de groeve 167 W 74 op kaart 54/1.

**167 W 77: Carrière de Spontin (fig. 116 en 119)**

Deze groeve, die ook nog “de grote groeve” werd genoemd, werd in 1875 geopend door de familie Dehant-Tonglet, waarna ze in 1876 werd overgenomen door de S.A. Carrières et Scieries de Spontin (GERMAIN, 1974). De uitbating ervan stopte in 1958. De groeve ligt langs de linkeroever van de vallei van de Bocq, dichtbij het station van Spontin. Het gebied is altijd sterk beïnvloed geweest door de aanwezigheid van de vele blauwe hardsteengroeven en zandsteengroeven. Het dorp is gebouwd uit stenen van deze groeven, waardoor het een speciale sfeer uitstraalt. Op het einde van de 19<sup>de</sup> eeuw werd hier zelfs een school opgericht waar men de technieken kon leren voor het behandelen van blauwe hardsteen (GERMAIN, 1974). De huidige activiteit in de groeven van Spontin is echter sterk afgenomen. Men ontgon er de Kalksteen van Landelies (Tn2b) en volgens MAROTE (1923) hellen de lagen er 12° SW. De kalksteen was er in 30 banken verdeeld en bezat een totale dikte van ongeveer 24,4 m (tabel 56). De lagen van het Tournaisiaan zijn hier vervormd door een reeks plooiën.



Fig. 119: Lokalisatie van de groeve 167 W 77 (rode stip) naar MAROTE (1923).

Nr. bank	Dikte bank in m	Nr. bank	Dikte bank in m	Nr. bank	Dikte bank in m
1	0,90	11	0,30	21	0,30
2	3,20	12	0,40	22	0,50
3	1,00	13	0,50	23	0,45
4	0,80	14	0,80	24	0,40
5	0,60	15	0,40	25	0,50
6	1,20	16	0,60	26	0,35
7	0,70	17	0,80	27	0,55
8	2,80	18	1,20	28	0,65
9	0,60	19	0,50	29	0,59
10	1,60	20	0,70	30	0,50

Tabel 56: Dikte van de lagen in de groeve van Spontin (MAROTE, 1923).

**167 W 156: Carrière Trou des Chats (fig. 116)**

De groeve Trou des Chats (foto 71) bevindt zich in op de plaats “Trou des Chats”, in het zuidwesten van het centrum van Spontin en in het oostzuidoosten van het centrum van de Dorinne, langs de noordelijke rand van een plateau, in het Synclitorium van Dinant (noord-westelijke rand van de trog van Dinant). De N.V. Nutons ontgint in deze groeve de blauwe hardsteen uit de Formatie van de Crinoidenkalksteen van de Ourthe (Tn3b) en verhandelt ze onder de naam “PETIT GRANIT – BLAUWE STEEN”.

De totale ontginbare dikte aan één stuk bedraagt ongeveer 13,5 m en is van onder naar boven verdeeld in “bancs clairs” en “bancs noirs” (fig. 120). De lagen hebben er een strekking van N 130° E en hellen subhorizontaal tot 3-4° SW.

De naam van de groeve heeft men te danken aan het feit dat bij het bewerken van deze steen er een geur vrij komt die volgens de arbeiders naar de uitwerpselen van een kat rook (GERMAIN, 1974).

De groeve onderscheidt zich van de andere groeven in de vallei van de Bocq, ten westen van Spontin, door het feit dat zij een blauwe hardsteen produceert van de Formatie van de Ourthe, terwijl in de andere groeven de Formatie van Landelies of de blauwe hardsteen van de Bocq (Tn2b) wordt uitgebaat. De uitgebete formatie (Tn3b) is dezelfde als de formatie die worden uitgebaat in de Vallei van de Ourthe en in de streek van Les Avins. Deze formatie ligt net boven de Formatie van de Kalksteen van Yvoir en onder de Formatie van Martinrive, die hier gedolomitiseerd is.

Aan de basis heeft men hier dunne kalksteenbanken afgewisseld met koolstofhoudende laagjes.

Hierboven stoot men op de mauvaise croûte, die hier ongeveer 35 cm dik is.

Boven de mauvaise croûte heeft men verschillende naamloze banken, met van onder naar boven: 1,00 m; 1,00 m; 0,20 m; 0,65 m; 0,50 m; 1,05 m; 0,40 m; 0,60 m; 0,45 m; 1,00 m; 0,10 m en 0,15 m als dikte.

Hierboven komt “la pelotte” voor, die ongeveer 25 cm dik is. Deze laag wordt soms uitgebaat.

Hierboven vindt men een laag van ongeveer 1,32 m (0,40 m; 0,10 m; 0,30 m; 0,15 m; 0,30 m; 0,07 m), een laag van ongeveer 1,80 m (0,22 m; 0,20 m; 0,15 m; 0,25 m; 0,25 m; 0,30 m; 0,40 m), met daarboven nog een laag van 1,80 m (0,40 m; 0,25 m: gelaagd; 0,15 m: massief; 0,15 m: massief; 0,10 m: gelaagd; 0,30m: massief; 0,25 m: gelaagd; 0,20 m: massief).

Boven deze lagen ligt dan de Noir, die 1,30 m dik is en in twee lagen is opgesplitst: 0,80 m en 0,50 m.

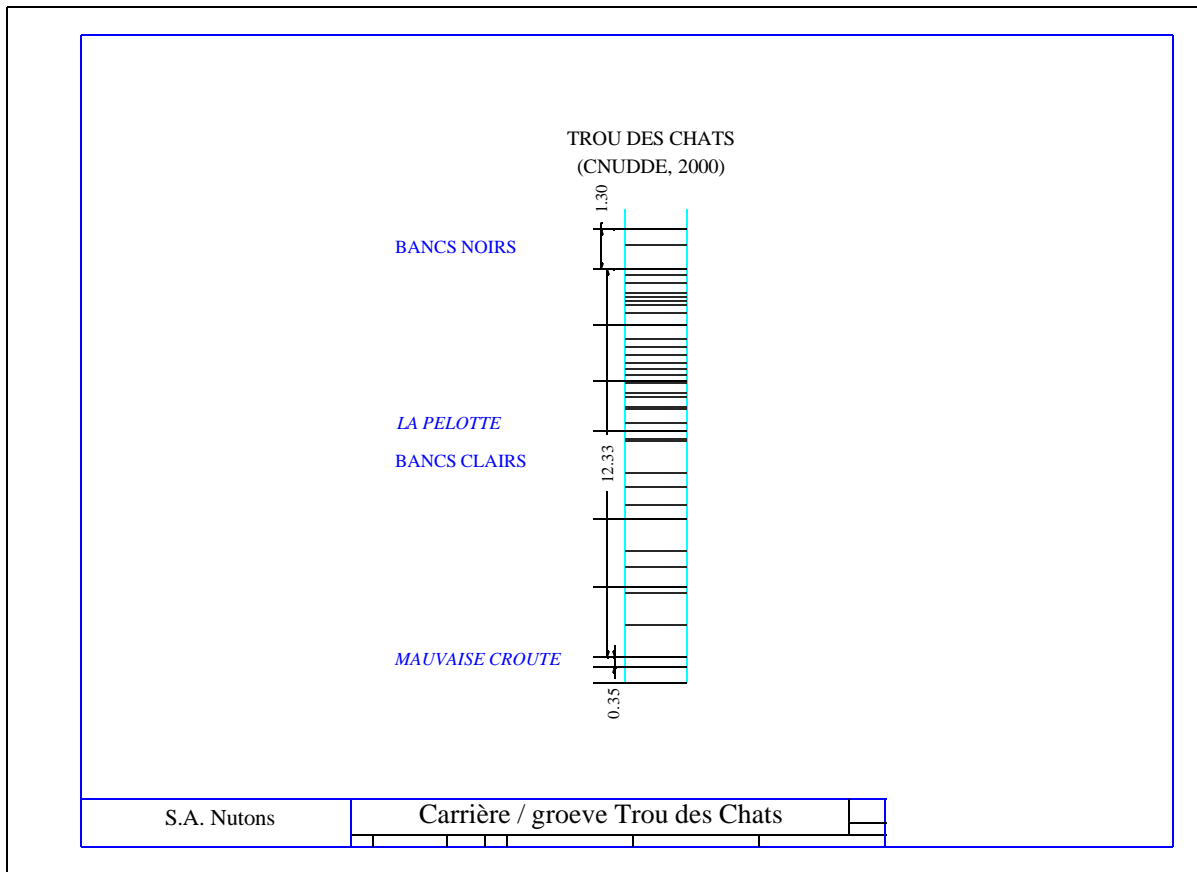
De structurele situatie van deze zone is uitzonderlijk en de huidige geologische kaart zorgt voor geen structureel aanvaardbare verklaring. Een hypothese is dat het contact Tournaisiaan-Famenniaan in het noorden van de groeve een breukcontact is. Op dezelfde manier zien we in de vallei van de Bocq Famenniaan waarbij ook kan verondersteld worden dat men in het oosten een breukcontact heeft met het Tournaisiaan. We moeten tevens opmerken dat in het noordelijke deel van de groeve de lagen enkele graden naar het noordwesten hellen, terwijl ze in het zuidelijke deel van de groeve eerder naar het zuidwesten hellen.

Twee grote diaklaassystemen doorkruisen de gesteentemassa. Deze diaklazen zijn zeer regelmatig en wijzen op een grote extensie. De diaklazen snijden voornamelijk door het bovenste deel van de geëxploiteerde banken. In deze groeve worden de diaklazen gevuld met klei afkomstig van de Formatie van Martinrive. Het netwerk van de diaklazen heeft de richtingen N 255° E ± 5° en N 160° E ± 5°, waarbij beide netwerken praktisch vertikaal staan. Het eerste netwerk is veel meer ontwikkeld, waarbij alle diaklazen gevuld zijn met calciet, aldus de typische witte aders vormend die de steen van Trou des Chats kenmerken. Ongeveer 100 m van de groeve vinden we de Schalies van Pont d’Arcole.



Foto 71: De groeve Trou des Chats in de zomer van 2000 (foto's V. CNUDE).





**Fig. 120: Schematische voorstelling van de lagen in de groeve Trou des Chats.**

Bepaalde blokken uit de groeve vertonen een bruinere verkleuring, die volgens M. Focant na plaatsing verdwijnt (foto 72). Op foto 73 ziet men een voorbeelden van afgewerkte blokken.



**Foto 72 : Blok uit Trou des Chats met bruinere verkleuring aan de randen (foto V. CNUDE).**



**Foto 73: Afgewerkte blokken (foto V. CNUDE).**



## Geologische kaart 167 E (topografische kaart 54/2): Ciney

### **167 E 70: Carrière Dapsens (fig. 121)**

De groeve is gesitueerd langs de baan van Emptinne naar Schaltin (MAROTE, 1923).

### **167 E 71: Carrière de la Creugette (fig. 121)**

Deze groeve, gelegen in Achet (MAROTE, 1923), werd uitgebaat door C. Struway uit Mohiville.

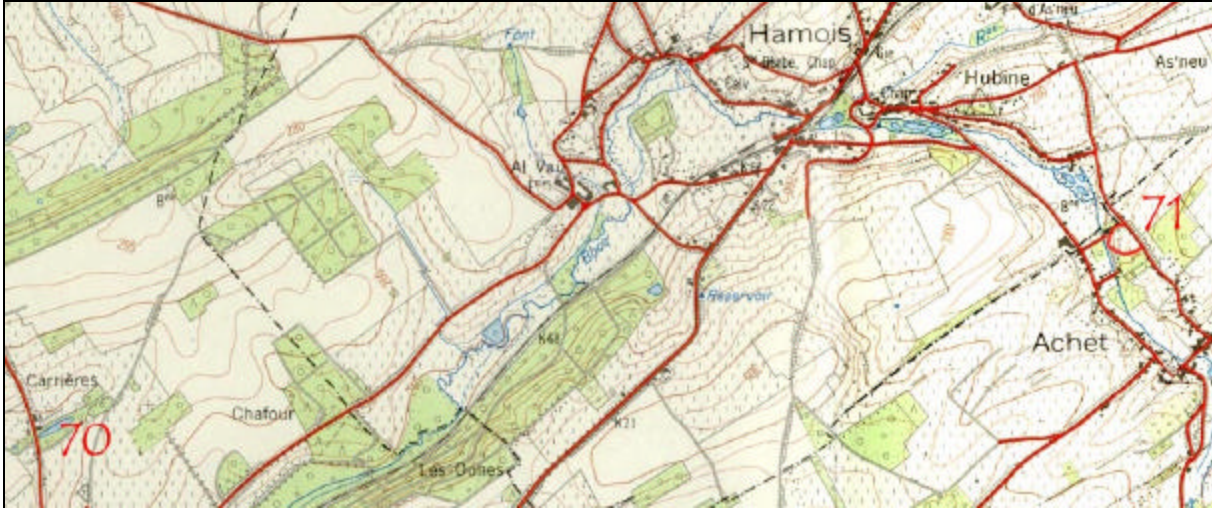


Fig. 121: Situering van de groeven 167 E 70 en 167 E 71 op kaart 54/2.

### **167 E 74: Carrière (fig. 122)**

Deze oude groeve gelegen in Emptinne was gesitueerd in de antiklinale van de crinoïdenkalksteen.



Fig. 122: Situering van de groeve 167 E 74 op kaart 54/2.

### **167 E 125: Carrière (fig. 123)**

Op deze plaats in deze buurt van Pessoux moet er zich ooit een kleine uitbating van kalksteen hebben bevonden.

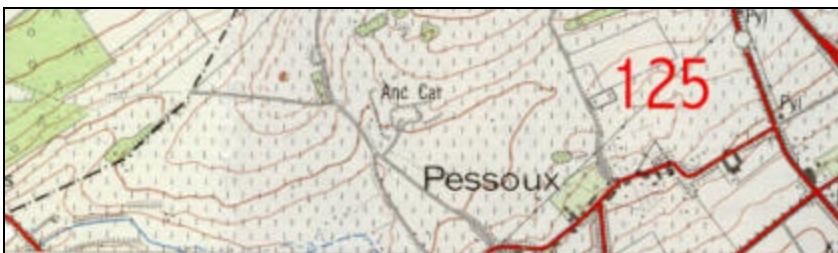


Fig. 123: Situering van de groeve 167 E 125 op kaart 54/2.

## Geologische kaart 168 W (topografische kaart 54/3): Maffe

### 168 W 200: Carrière (fig. 124)

Verlaten groeve in Verlée (Havelange), waar fijne, zwarte fossielhoudende kalksteen werd ontgonnen. De banken hellen hier ongeveer 40 tot 50° SE en bezitten een NE-SW strekking.

### 168 W 201: Carrière Godefroid (fig. 124)

In deze groeve, gelegen te Verlée (Havelange), op de noordwestelijke flank van een synclinale, baatte men de blauwe hardsteen van het Tn3b uit. De lagen hellen er 59° SE en bezitten een NE-SW strekking.

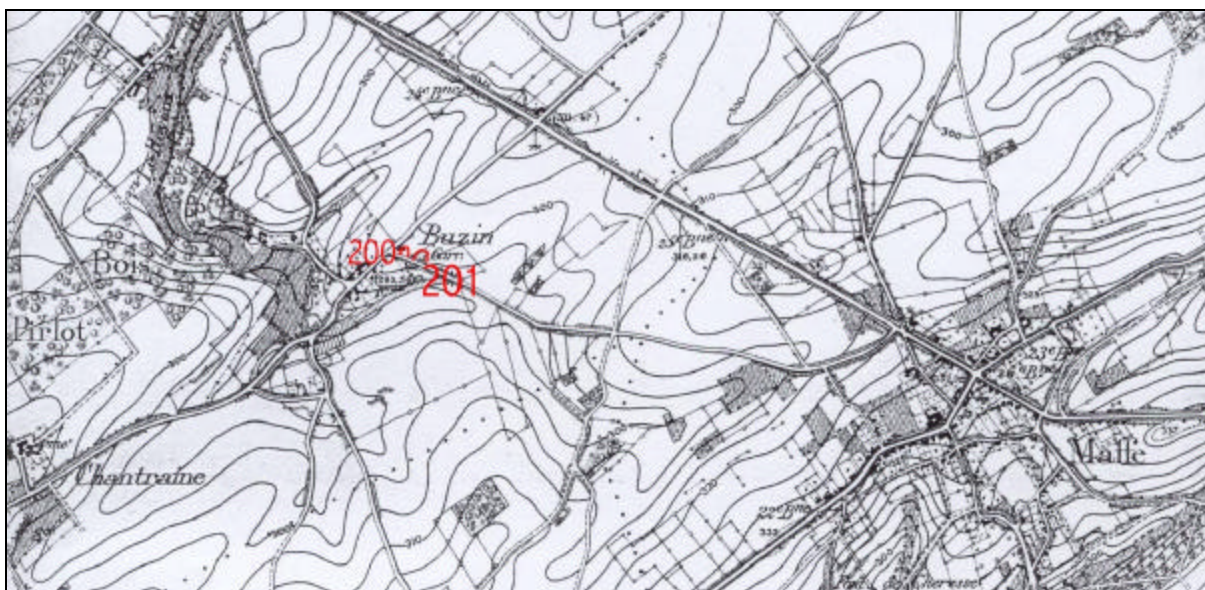


Fig. 124: Lokalisatie van de groeven 168 W 200 en 168 W 201 op kaart 45/3.

### 168 W 209: Carrière

Kleine groeve in de buurt van Jeneffe, waar een grijze kalksteen met chert wordt teruggevonden.

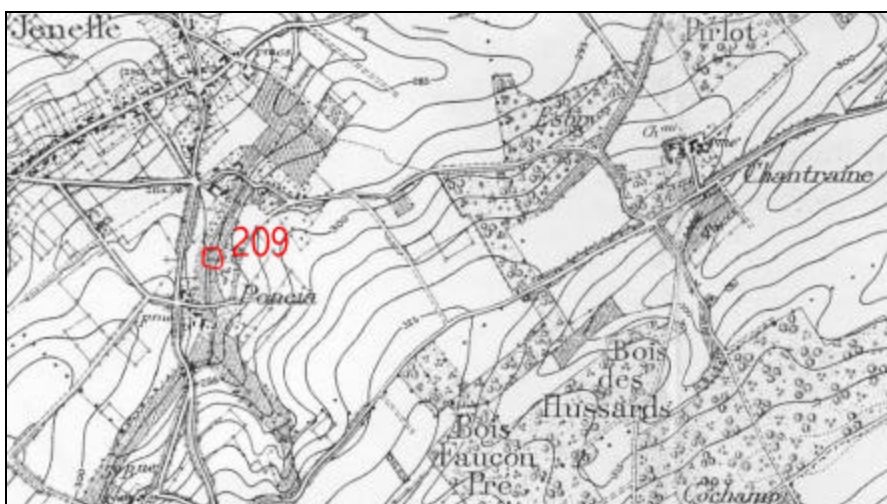


Fig. 125: Lokalisatie van de groeve 168 W 209 op kaart 54/3.



## Geologische kaart 168 E (topografische kaart 54/4): Grand-Han

### 168 E 154: Carrière de Méan (fig. 127)

In deze groeve, gelegen te Méan, in de Synclinale van Dinant, werd de Crinoïdenkalksteen van de Ourthe (Tn3b) uitgebaat (fig. 126).

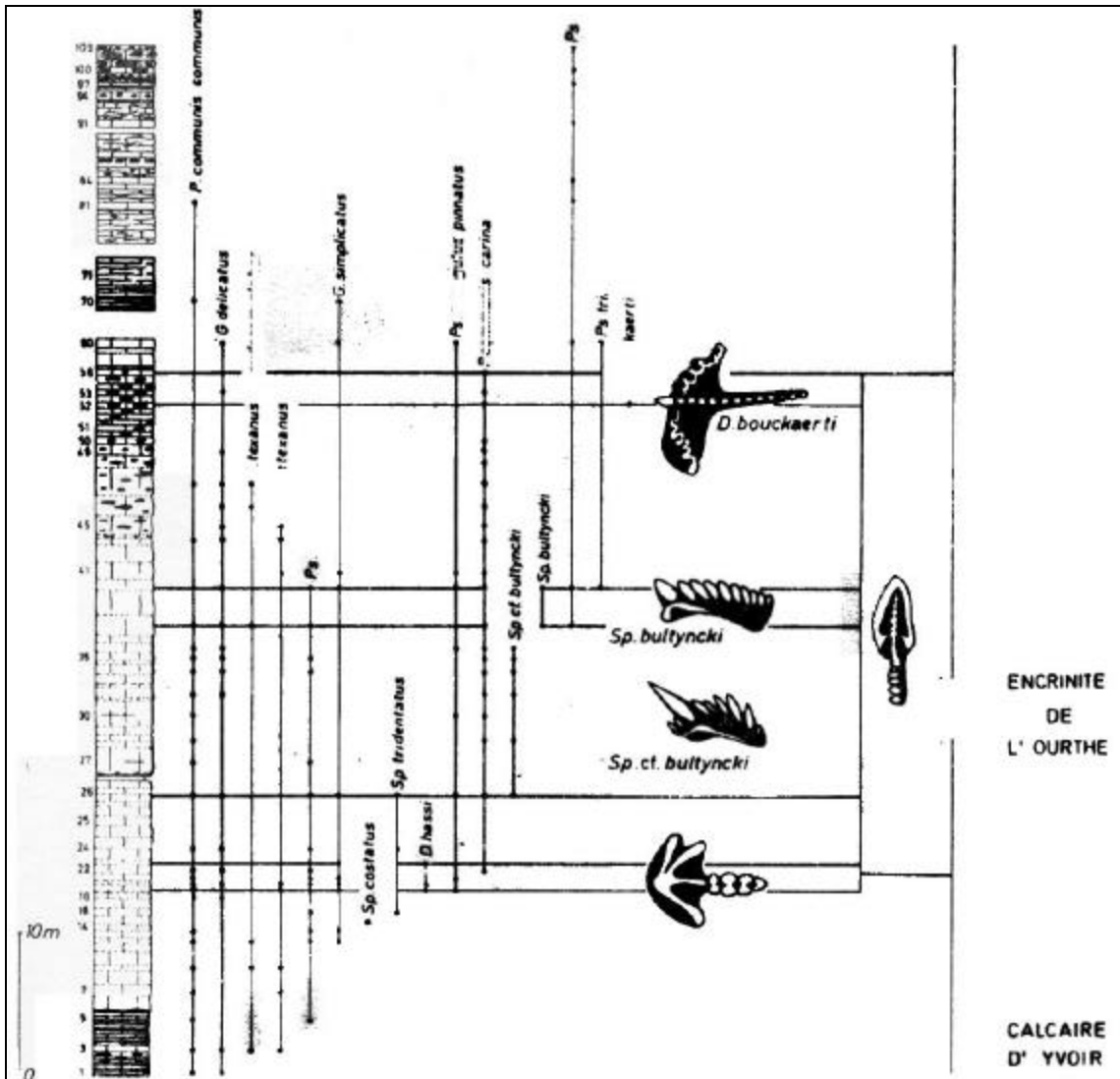


Fig. 126: Litholog van de Crinoïdenkalksteen van de Ourthe (GROESSENS, 1974).

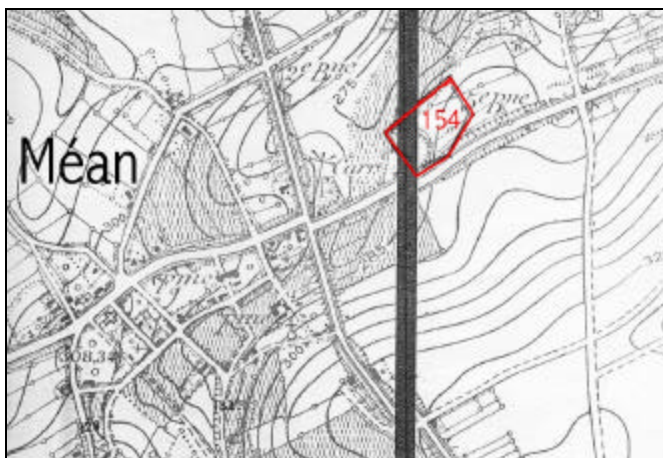


Fig. 127: Lokalisatie van de groeve van Méan op kaart 54/4.

**Geologische kaart 173 W (topografische kaart 52/7): Silenrieux**

	Etage	Formatie	Beschrijving
Carboon	Ivoriaan	Molignée (MOL) Tn3c	Deze formatie is vooral opgebouwd uit zwarte kalksteen (mudstone en wackestone) met dolomitatie en chert. Ze loopt door tot in het Viséaan.
		Leffe (LEF) Tn3c	Deze 3 carbonaatformaties zijn 3 megafaciëssen behorend tot 1 complex.
		Waulsort (WAU) Tn3b-Tn3c	De Formatie van Leffe: grijze kalksteen die soms gedolomitiseerd is en kleine resten van crinoïden bevat, met of zonder chert.
		Bayard (BAY) Tn3a-Tn3b	De Formatie van Waulsort (biohermaal faciës): lensvormige kalksteen met soms een diffuse gelaagdheid en verschillende types lithologieën. De Formatie van Bayard (peri-biohermaal faciës): goed gelaagde grijze
	Hastariaan	Maurenne (MAU) Tn2c	Deze formatie (20 m dik) bestaat uit kalksteen en sterk kleihoudende zwarte crinoïdenkalksteen met nodules.
		Landelies (LAN) Tn2t	Deze formatie is 35 tot 40 m dik en is opgebouwd uit een kleihoudende, crinoïdrijke, grijze tot zwartkleurige kalksteen met grote solitaire
		Pont d'Arcole (PDA) Tn2a	Deze formatie is 20 m dik en bestaat uit fijne schalies, met enkele gecarbonatiseerde niveaus bevat en met bryozoa, crinoïden en
		Hastière (HAS) Tn1b	Deze formatie bestaat uit een bioclastische kalksteen, soms kleihoudend en een beetje noduleus. Ze is 20 tot 30 m dik, met onderaan 16,4 m kalksteen en nodulaire zwarte tot grijze kalksteen met brachiopoden, crinoïden en koralen in dikke banken, gescheiden door kleilaagjes. Hierboven ligt een 2,3 m dikke zwarte, crinoïdhoudende kalksteen met grote solitaire koralen. Aan de top vinden we een ongeveer 3 m dikke zwarte, sterk kleihoudende kalksteen met gecarbonatiseerde schalies. Deze formatie hier weinig ontsluitingen. Het gesteente werd in kleine

Tabel 56: Bespreking van de formaties naar de legende bij de geologische kaart 173 W.

De ligging van de verschillende groeven, op dit kaartblad teruggevonden, is aangeduid op een deel van de geologische kaart (fig. 126), waarvan de legende in tabel 56 werd weergegeven.

**173 W 224: Carrière (fig. 126)**

In deze oude groeve, gelegen ten zuiden van Fontenelle, baatte men ooit een crinoïdenkalksteen uit.

**73 W 306: Carrière Bertrand (fig. 126)**

In deze groeve baatte men een blauwe crinoïdenkalksteen uit, waarschijnlijk de Kalksteen van Landelies, met banken van 0,8 tot 1,5 m. De strekking van de lagen is N 30° E en de helling bedraagt 34°E. Een beetje meer naar het oosten vinden we een tweede groeve waar dezelfde banken werden uitgebaat.

**173 W 315: Carrière de Battefer (fig. 126)**

Groeve te Silenrieux, met een blauwe crinoïdenkalksteen met aan de top zwarte chert, met banken van 0,2-0,4 m, vooral ontgonnen voor kalkproductie. Men vindt er waarschijnlijk de Formatie van Maurenne en een blauwe crinoïdenkalksteen in dikkere banken, uitgebaat als blauwe hardsteen, nu bedekt met afval.



Fig. 126: Lokalisatie van de groeven op kaart 173 W.



## Geologische kaart 173 E (topografische kaart 52/8): Walcourt

De ligging van de verschillende groeven, op dit kaartblad teruggevonden, is aangeduid op delen van de geologische kaart (fig. 127 tot 129), waarvan de legende in tabel 56 werd weergegeven.

### **173 E 60 = 167: La grande Carrière des "Querelles" (fig. 127)**

De groeve, gelegen in Walcourt, in het noordelijke deel van de Synclinale van Fraire, werd in 1893 beschreven. Ze bevat de crinoïdenkalksteen van Ecaussinnes volgens de BGD. Dit lijkt onwaarschijnlijk aangezien men hier in het Hastariaan zit en men duidelijk op de geologische kaart kan waarnemen dat de groeve eerder in de Kalksteen van Hastière, de Schalies van Pont d'Arcole en de Kalksteen van Landelies is gelegen. Volgens de beschrijving op de BGD vindt men in deze groeve verder een grijsblauwe kalksteen met chert (Tn2b?) en dolomiet. De laag, die waarschijnlijk tot het Tn2b behoort, bestaat uit een blauwe crinoïdenkalksteen met witte aders en schalielaagjes aan de basis. De strekking van de laag is N 60° E en de helling is 30° S. Er is een breuk aanwezig, die de kalksteen aan de basis doorkruist, waardoor de onderliggende kalksteenlaag (waarschijnlijk Tn2a) verdwijnt. De breuk heeft een strekking van N 106° E en helt 18° S.

Boven de Tn2b ligt de Tn2c, welke bestaat uit een schisteuse, nodulaire, zwarte crinoïdenkalksteen van 0,80 tot 1 m dikte. Hierboven ligt een blauwe crinoïdenkalksteen met chert. De bovenste lagen bestaan uit gedolomitiseerde kalksteen en massieve dolomiet.

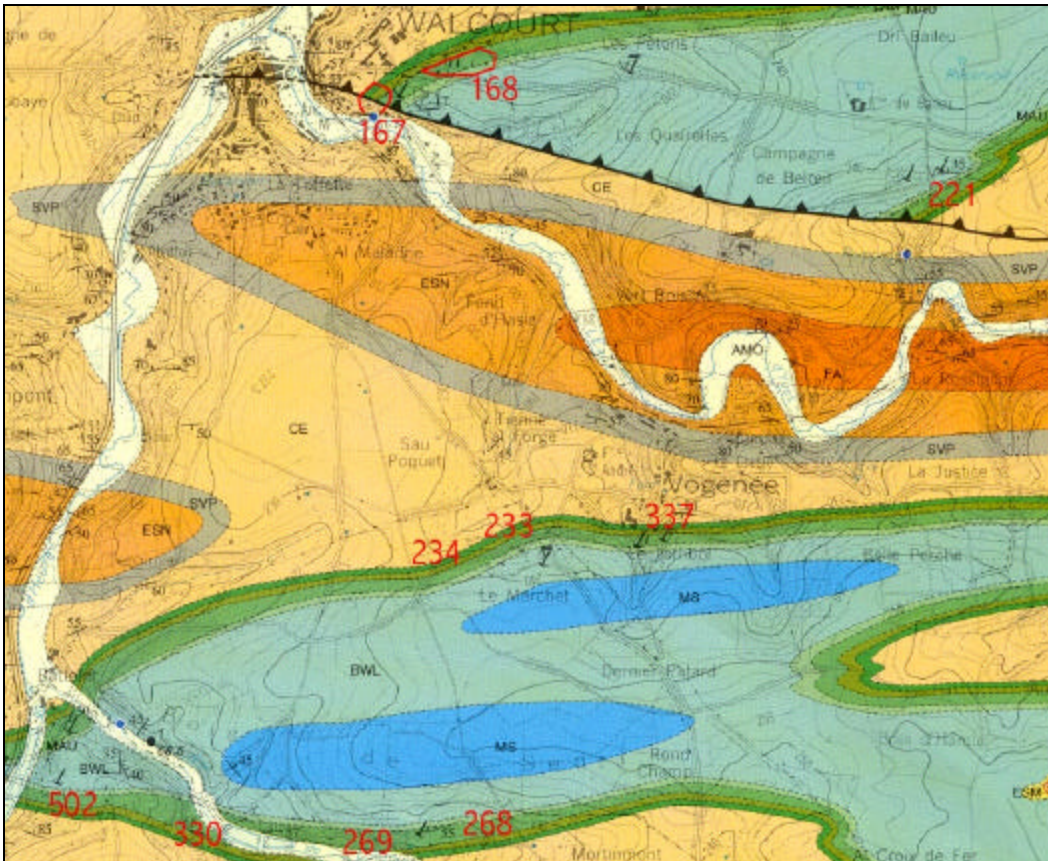


Fig. 127: Lokalisatie van de groeven op kaart 173 E.

### **173 E 61: La grande Carrière de Petit-Granit (Fairoul) (fig. 128)**

In deze groeve, ten noorden van het Kasteel van Fairoul, in het zuidelijke deel van de Synclinale van Fraire, bevinden zich de Schalies van Pont d'Arcole (Tn2a) en de Kalksteen van Landelies (Tn2b). Hierboven bevindt zich een crinoïdenkalksteen, met daarop een grijze, gedeeltelijk gedolomitiseerde kalksteen met grote crinoïden. Aan de top treft men een gedolomitiseerde gele kalksteen aan. De lagen hebben een strekking van N 105° W en hellen 55° N.

### **173 E 168: Carrière (fig. 127)**

De groeve, gelegen langs de weg Walcourt-Fairoul in het noordelijke deel van de Synclinale van Fraire, bevat lagen die behoren tot het Tn2b. De lagen, die 30° S hellen, hebben een strekking van N 110° E.

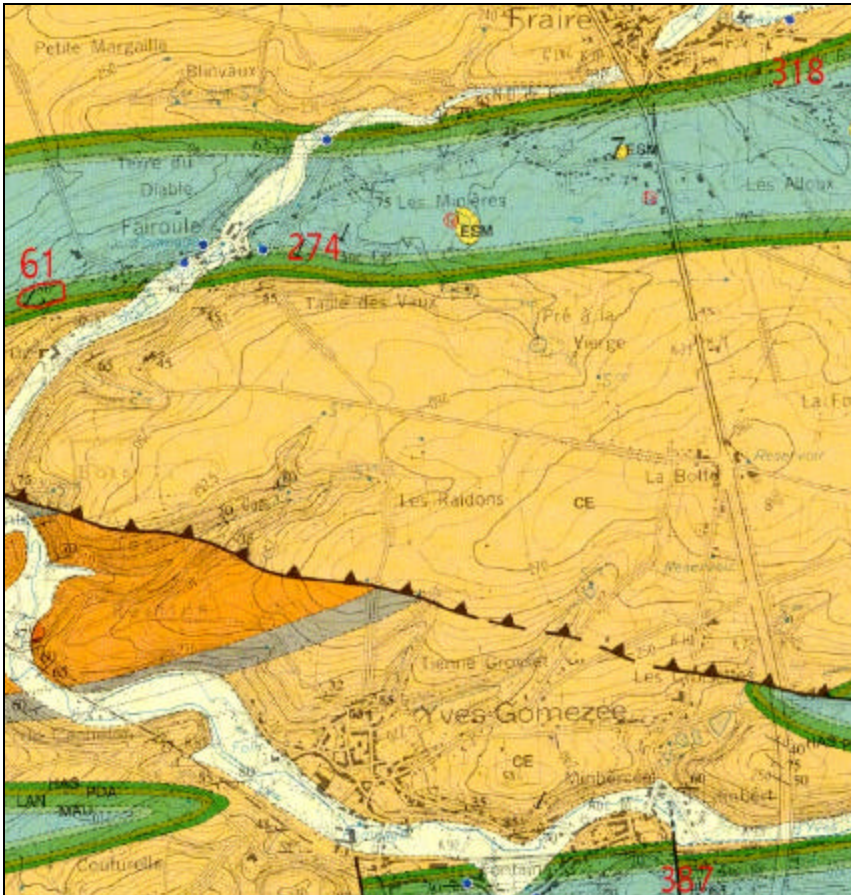


Fig. 128: Lokalisatie van de groeven op kaart 173 E.

**173 E 221: Ancienne Carrière du Rossignol (fig. 127)**

Deze groeve, ten noordoosten van Vogenée, bevat onderaan een crinoïdenkalksteen, afgewisseld met schalies. Hierboven ligt een concentratie van schalies, met daarboven een blauwe crinoïdenkalksteen, met banken van 0,30 tot 0,50 m dikte. Deze kalksteen heeft een strekking van N 105° W en helt 60° N. Daarboven vinden we nodulaire kalksteen met schalies, pyriet en zelfs een laag met vstanden. Als bovenste laag vinden we een blauwe gedeeltelijk gedolomitiseerde crinoïdenkalksteen.

**173 E 233: Carrière (fig. 127)**

Verlaten kleine groeve van crinoïdenkalksteen gelegen ten zuidwesten van Vogenée, in het noordelijke deel van de Synclinale van Florennes. De lagen hellen hier 60° S en bezitten een strekking van N 98° E.

**173 E 234: Carrière (fig. 127)**

Verlaten kleine groeve van crinoïdenkalksteen gelegen in het noordelijke deel van de Synclinale van Florennes

**173 E 268: Carrière (fig. 127)**

Verlaten groeve waar ooit de Formatie van Hastière werd ontgonnen. Deze groeve bevindt zich in het zuidelijke deel van de Synclinale van Florennes.

**173 E 269: Carrière (fig. 127)**

Deze oude groeve, gelegen in het zuidelijke deel van de Synclinale van Florennes, werd in 1882 beschreven door L. BAYET. Aan de basis lag het Ta (waarschijnlijk de Formatie van Hastière), met zijn crinoïdenkalksteen, afgewisseld met schalies. Daarboven vond men groene schalies (waarschijnlijk de Formatie van Pont d' Arcole), met aan de top blauwe crinoïdenkalksteen (Formatie van Maurenne) met een strekking N 120° W en een helling van 64° N.

**173 E 274: Carrière Henry (fig. 128)**

In deze groeve Henry, gelegen in Fairoul in het zuidelijke deel van de Synclinale van Fraise, werd de crinoïdenkalksteen van de Formatie van Maurenne uitgebaat. In het bovenste zichtbare deel, 3 tot 4 m dik, vindt men een crinoïdenkalksteen met zwarte chert.



**173 E 318: Carrière (fig. 128)**

Ten zuidoosten van Fraire, in het noordelijke deel van de Synclinale van Fraire, vinden we een kleine verlaten uitbating van de kalksteen uit de Formatie van Hastière.

**173 E 328: Carrière**

In deze kleine groeve, gelegen naast de boerderij van Mon Plaisir in Yves Gomezée, baatte men de crinoïdenkalksteen van de Formatie van Landelies uit. De strekking van de lagen bedraagt  $N 90^{\circ} E$  en de helling  $85^{\circ} S$ .

**173 E 330: Carrière Coënen (fig. 127)**

In deze groeve, in het zuidelijke deel van de Synclinale van Florennes, vindt men onderaan groene schalies van de Formatie van Pont d'Arcole, met daarboven crinoïdenkalksteen afgewisseld met schalies, behorend tot de Formatie van Landelies. De lagen hellen  $70^{\circ} N$  en hebben een strekking van  $N 70^{\circ} W$ .

**173 E 337: Carrière Cyrille (fig. 127)**

Deze groeve, gelegen in Vogenée in het noordelijke deel van de Synclinale van Florennes, bevat de kalksteen van de Formatie van Landelies. Verder vinden we er ook de Schalies van Pont d'Arcole. De lagen bezitten een strekking van  $N 90^{\circ} E$  en hellen  $80^{\circ} S$ . Meer naar het zuiden van de groeve toe worden de banken dunner. De kalksteen is er donker en meer kleihoudend. Het is mogelijk dat we in dit deel van de groeve te maken hebben met de Formatie van Maurenne, aangezien er direct daarboven crinoïdenkalksteen met chert werd gevonden.

**173 E 354: Carrière (fig. 129)**

In deze oude groeve in Jamagne, in het zuidelijke deel van de Synclinale van Florennes, werd de Formatie van Landelies ontgonnen. De lagen bezitten er een strekking van  $N 96^{\circ} W$  en hellen  $70^{\circ} N$ .

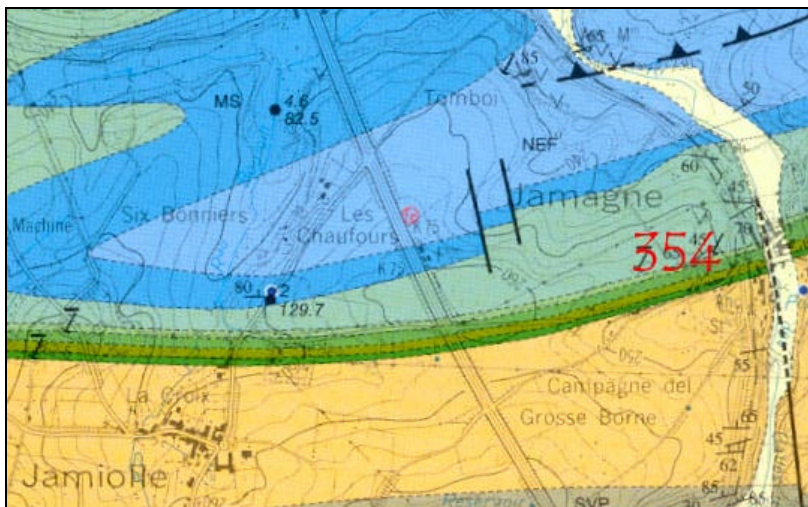


Fig. 129: Lokalisatie van de groeve 173 E 354 op kaart 173 E.

**173 E 386: Carrière**

In deze oude groeve, ten zuiden van het station van Yves, werd de Formatie van Landelies ontgonnen. De lagen vertonen er een strekking van  $N 100^{\circ} E$  en hellen  $90^{\circ} S$ . De kalkstenen zijn er bedekt met bleke chert.

**173 E 387: Carrière (fig. 128)**

In deze verlaten groeve, in het noordelijke deel van de Synclinale van Florennes, vindt men crinoïdenkalksteen afgewisseld met schalies, behorend tot de Formatie van Landelies.

**173 E 393: Carrière**

In deze verlaten groeve, gelegen langs de weg naar de boerderij van Mon Plaisir, vindt men crinoïdenkalksteen afgewisseld met schalies, behorend tot de Formatie van Landelies. De lagen hellen er  $60^{\circ} N$  en bezitten een strekking van  $N 70^{\circ} W$ .

**173 E 502: Carrière (fig. 127)**

In deze verlaten groeve, in het zuidelijke deel van de Synclinale van Florennes, vindt men crinoïdenkalksteen afgewisseld met schalies, behorend tot de Formatie van Landelies. De lagen hellen er  $45^{\circ} N$ . Aan de ingang van het bos vindt men de groene schalies van de Formatie van Pont d'Arcole.

**Geologische kaart 174 W (topografische kaart 53/5): Philippeville**

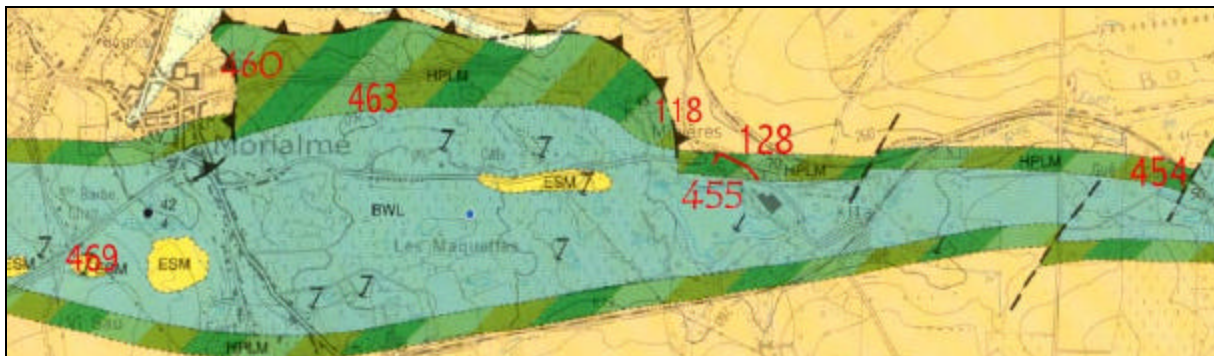
Systeem	Etage	Formatie	Beschrijving
Carboon	Ivoriaan	<b>Molignée (MOL) Tn3c</b>	Deze formatie is vooral opgebouwd uit zwarte, gelaagde kalksteen (mudstone en wackestone) in dunne banken (< 1 m), afgewisseld met grijze kalksteenbanken van grotere dikte. De kalksteen kan bovenaan veel chert bevatten. Deze formatie loopt door tot in het Onder-Viseaan.
		<b>Lefte (LEF) Tn3c</b>	Deze 3 carbonaatformaties zijn 3 megafaciësen behorend tot 1 complex. De Formatie van Lefte: grijze kalksteen die soms gedolomitiseerd is en kleine resten van crinoïden bevat, met of zonder chert.
		<b>Waulsort (WAU) Tn3b-Tn3c</b>	De Formatie van Waulsort (biohermaal faciës): lensvormige kalksteen met soms een diffuse gelaagdheid en verschillende types lithologieën.
		<b>Bayard (BAY) Tn3a-Tn3b</b>	De Formatie van Bayard (peri-biohermaal faciës): goed gelaagde grijze kalksteen (packstones), soms met chert, lokaal gedolomitiseerd. Max. 200 m. Enkele artisanale ontginningsplaatsen waar men de steen als bouw materiaal ontgon, zijn nog herkenbaar.
	Hastariaan	<b>Maurenne (MAU) Tn2c</b>	De Formatie van Maurenne en deze van Landelies worden hier samen in kaart gebracht omdat men hier geen ontsluitingen aantreft van de zwarte kleihoudende kalksteen van de Formatie van Maurenne. Deze vormt normaal een eenheid die 20 m dik is en in zijn bovenste gedeelte wat zwarte chert bevat. De Formatie van Landelies is zeer sterk carbonaathoudend en ontsluit in sommige punten langs de flank van de Synclinale van Florennes-Anthée en langs de Synclinale van Stave. Ze is ongeveer 25 m dik en is opgebouwd uit kleihoudende, crinoïdrijke, grijze tot zwartkleurige kalksteen met grote solitaire koralen. Ze is sterk gelaagd in het onderste gedeelte, terwijl ze naar de top toe meer massief wordt en lokaal gedolomitiseerd is. De naam van deze formatie is afkomstig van een dorp gelegen langs de Samber, SW van Charleroi (DE DORDELOT, 1895).
		<b>Landelies (LAN) Tn2b</b>	
		<b>Pont d'Arcole (PDA) Tn2a</b>	Deze formatie is 20 m dik en bestaat uit fijne schalies, met enkele gecarbonateerde niveaus met bryozoa, crinoïden, fenestellen en brachiopoden ( <i>Spiriferina peracuta</i> ). Ze wordt momenteel niet als bouw materiaal ontgonnen.
		<b>Hastière (HAS) Tn1b</b>	Deze formatie ontsluit op de noord- en zuidflank van de Synclinale van Florennes-Anthée en van de Synclinale van Stave, maar ook op de noordflank van de kleine gebroken Synclinale van Weillen. Ze is 20 tot 30 m dik, met onderaan 16,4 m kalksteen en nodulaire zwarte tot grijze bioclastische kalksteen met brachiopoden, crinoïden en koralen in dikke banken, gescheiden door kleilaagjes. Hierboven ligt 2,3 m zwarte, crinoïdenkalksteen met grote solitaire koralen. Aan de top vinden we ongeveer 3 m zwarte, sterk kleihoudende kalksteen met gecarbonateerde schalies. Deze formatie heeft in dit gebied weinig ontsluitingen. Het gesteente werd in kleine groeven ontgonnen voor lokaal gebruik.

**Tabel 57: Bespreking van de formaties, naar de legende bij de geologische kaart 174 W.**

De ligging van de verschillende groeven, op dit kaartblad teruggevonden, is aangeduid op delen van de geologische kaart (fig. 130, 133 en 135), waarvan de legende in tabel 57 werd weergegeven.

**174 W 118: Carrière (fig. 130)**

Deze groeve van de noordelijke flank van de Synclinale van Morialmé bevat van boven naar onder kalkschalies van de Formatie van Maurenne (Tn2c), de Schalies van Pont d'Arcole (Tn2a) en de Kalksteen van Landelies (Tn2b). De schalies hebben een strekking van N 145° E en hellen 45° E. De Kalksteen van Landelies, die onderaan de groeve zit, wordt begrensd door een breuk, vandaar de ongeordende opeenvolging. Meer naar het noorden vinden we een gelaagde crinoïdenkalksteen met een strekking van N 110° E en een helling van 50° NE.



**Fig. 130: Lokalisatie van de groeven op kaart 174 W.**



**174 W 128: Carrière (fig. 130)**

Deze groeve, gelegen in de noordelijke flank van de Synclinale van Morialmé, bevat de Kalksteen van Landelies (Tn2b), met een strekking van N 110° E en een helling van 70° S. Daaronder vinden we de Schalies van Pont d'Arcole (Tn2a). Op fig. 131 staat A voor het Tn2b en B voor het Tn2a.

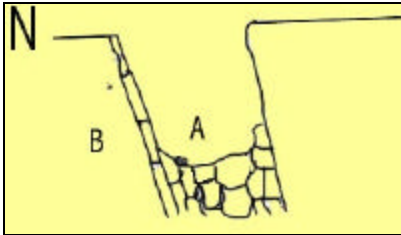


Fig. 131: Schets van de banken uit de groeve 174 W 128.

**174 W 136: Carrière (fig. 133)**

In deze verlaten groeve bevindt zich bovenaan een niet uitgebate grijze kalksteen boven een uitgebate grijze crinoïdenkalksteen. Volgens de gegevens van de Belgische Geologische Dienst (BGD) behoren deze lagen tot het Wealdiaan, Volgens de huidige stratigrafische indeling hbehooren deze tot het Viseaan of tot de top van het Tournaisiaan. Onder deze laag vinden we, volgens de BGD, dunne banken blauwe kalksteen van het Tournaisiaan, met onderaan een schieferige laag van 0,40 m en tenslotte een crinoïdenkalksteen, soms met witte aders, in banken van 0,50 tot 0,80 m. De strekking van de lagen bedraagt N 90° W en de helling 40° N.

**174 W 190: Carrière de Saint-Aubin (fig. 133)**

Deze groeve bevat gelaagde kalksteen van het Boven-Tournaisiaan, die in dunne banken is verdeeld. Soms komen er phanieten in voor. In de ongeveer 12 m brede groeve heeft men de lagen over een lengte van zowat 100 m ontgonnen. Op fig. 132 wordt een schets van de lagen weergegeven waarbij:

a'': Grijsblauwe kalksteen met bleke chert, met een strekking van N 80° E , behorend tot het Onder-Viseaan.

a': Grijze dolomiet, voorkomend ten noorden van a'', langs de helling van de heuvel.

a: Gelaagde kalksteen met phtaniet van het Tn2b, met een heling van 77° S en een strekking van N 80° E.

b: Grijsblauwe crinoïdenkalksteen, soms met witte aders en bovenaan met zwarte chert.

c: Crinoïdenkalksteen.

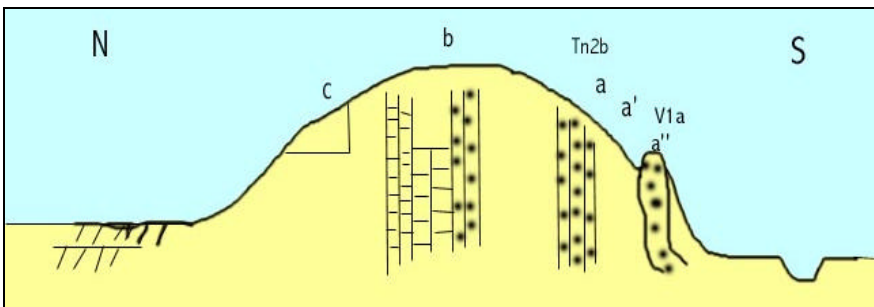


Fig. 132: Schets van de situatie in de groeve van Saint-Aubin.

**174 W 268: Carrière (fig. 133)**

In deze in 1896 verlaten groeve gelegen langs de weg van Saint-Aubin naar Florennes werd een blauwe crinoïdenkalksteen uitgebaat, waarvan de lagen een strekking hebben van N 80° E en een helling van 65° S.

**174 W 280: Carrière (fig. 133)**

In deze verlaten groeve werd een blauwe crinoïdenkalksteen uitgebaat, waarvan de lagen er een strekking hebben van N 80° E en een helling van 70° N. In de groeve bevinden zich ook keien van crinoïdenkalksteen met zwarte chert.

**174 W 309: Carrière (fig. 133)**

Rechtover een kerkhof is men 2 uitbatingen begonnen in de Kalksteen van Landelies (Tn2b). De lagen hebben een strekking van N 80° E en hellen 50° N.

**174 W 311: Carrière (fig. 133)**

Kleine verlaten ontginning, ten noorden van het gemeenteplein van Saint-Aubin, met blauwe crinoïdenkalksteen.

**174 W 313: Chapelle St. Aubin (fig. 133)**

Verlaten groeve in Florennes waar men blauwe crinoïdenkalksteen heeft ontgonnen.

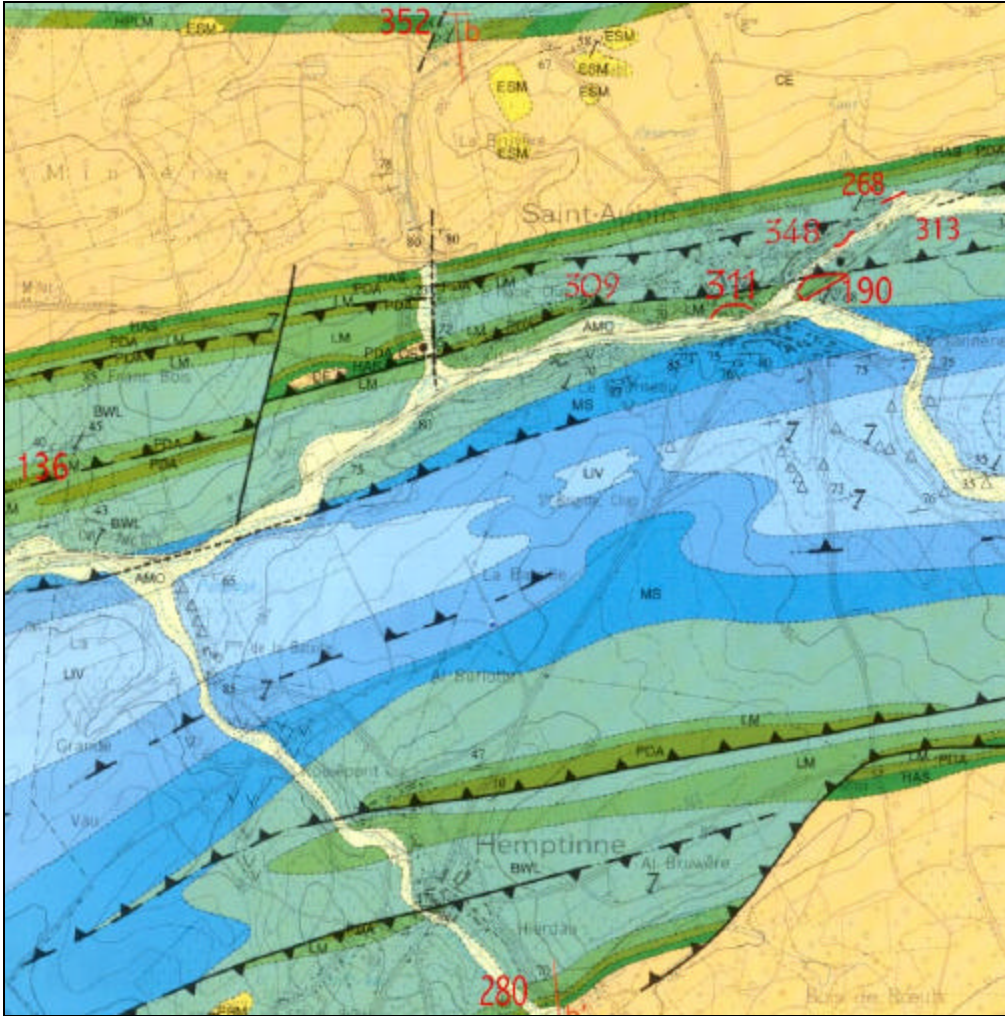
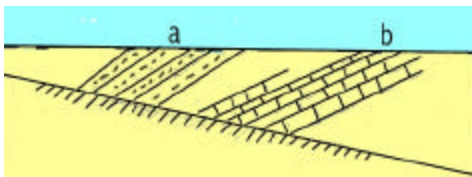


Fig. 133: Lokalisatie van de groeven op kaart 174 W.

**174 W 314: Carrière de St. Roch (fig. 135)**

Groeve bestaande uit 2 delen, gelegen ten zuidwesten van het station van Florennes

De groeve in het zuiden (fig.134) bevat:



a : Blauwgrijze kalksteen met zwarte chert. De lagen hellen 38° N en bezitten een strekking van N 100° E.  
 b: Uitgebate blauwgrijze kalksteen (Kalksteen van Landelies)

In het meer noordelijk gelegen groevedeel werd dezelfde crinoïdenkalksteen ontgonnen.

Fig. 134: Schets van de groeve St. Roch.

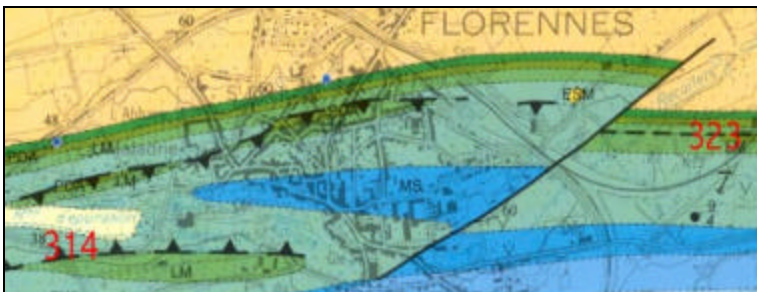


Fig. 135: Lokalisatie van de groeven op kaart 174 W.

**174 W 323: Carrière (fig. 135)**

Op ongeveer 25 m van de spoorweg bevindt zich deze kleine groeve, waar men de Kalksteen van Landelies (Tn2b) ontgon. De lagen hebben een strekking van N 90° E en hellen 80° N.

**174 W 348: Carrière (fig. 133)**

Verlaten groeve waar men grijsblauwe crinoïdenkalksteen ontgon.

**174 W 352: Carrière (fig. 133)**

Verlaten groeve waar men grijsblauwe crinoïdenkalksteen met bleke chert ontgon (Kalksteen van Landelies).

**174 W 454: Carrière (fig. 130)**

Verlaten groeve, gelegen in de noordelijke flank van de Synclinale van Morialmé, 30 m ten zuidwesten van de spoorweg van Givet. Ze bevat de Kalksteen van Landelies met een strekking van N 110° E en een helling van 50°S. Aan de spoorweg zelf vinden we de schalies van het Tn2a.

**174 W 455: Ancienne minière de Moriamé (fig. 130)**

De groeve, gelegen in de noordelijke flank van de Synclinale van Morialmé, bevat onder meer ontsluitingen van grijze crinoïdenkalksteen en dolomiet.

**174 W 460: Carrière (fig. 130)**

Groeve in blauwe crinoïdenkalksteen, gelegen in de noordelijke flank van de Synclinale van Morialmé.

**174 W 463: Carrière (fig. 130)**

In het noordelijke deel van deze groeve, gelegen in de noordelijke flank van de Synclinale van Morialmé, ontgon men de Kalksteen van Landelies.

**174 W 469: Carrière (fig. 130)**

In het noordelijke deel van deze groeve, gelegen in de zuidelijke flank van de Synclinale van Morialmé, aan het kruispunt van de Kapel van St. Barbe, vinden we een grijze crinoïdenkalksteen verstoord door kleilagen.



## Geologische kaart 174 E (topografische kaart 53/6): Rosée

De ligging van de verschillende, op dit kaartblad teruggevonden, groeven is aangeduid op delen van de geologische kaart (fig. 136, 139 en 140), waarvan de legende in tabel 57 werd weergegeven.

### **174 E 120: Carrière (fig. 136)**

In deze groeve, ten zuiden van de weg, in de Synclinale van Florennes-Anthée, baatte men de Kalksteen van Landelies. Deze heeft als strekking N 102° en een helling van 60° S.

### **174 E 147: Carrière (fig. 136)**

In deze groeve, gelegen in de Synclinale van Florennes-Anthée, ontgon men de Kalksteen van Landelies. De lagen hellen er 70° N en hebben een strekking van N 110° E. Ten zuiden van deze groeve vinden we nog enkele andere oude uitbatingen van de Kalksteen van Landelies. Tussen deze ontginningsplaatsen komen de Kalkschalies van Maredsous (Tn2c) voor.

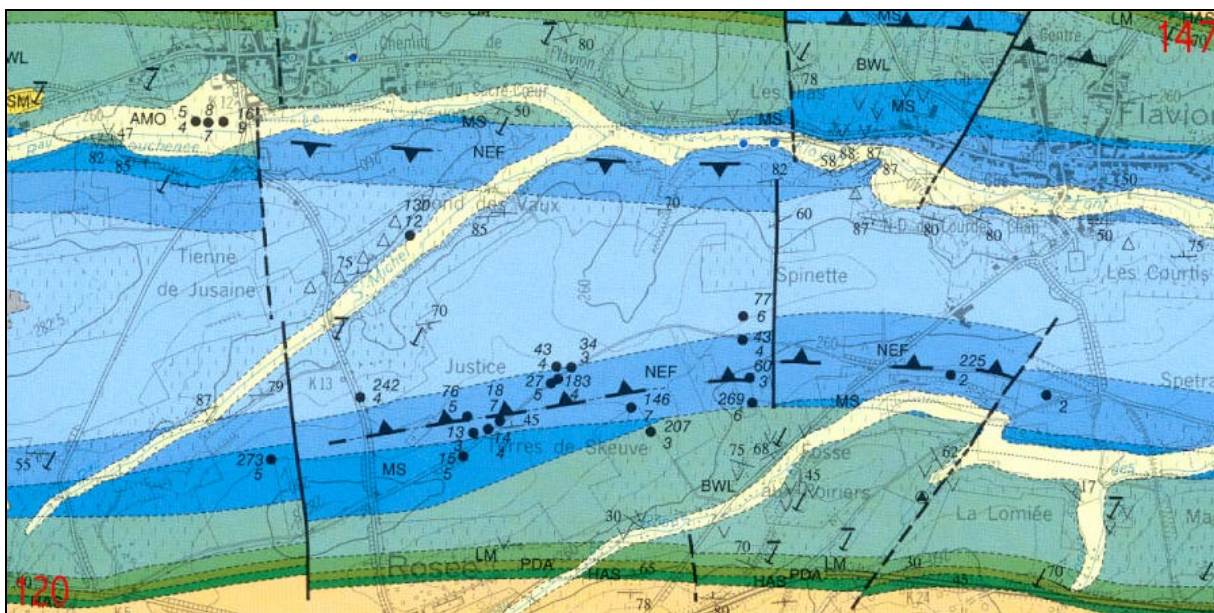


Fig. 136: Lokalisatie van de groeven op kaart 174 E.

### **174 E 193: Carrière (fig. 139)**

In deze verlaten groeve, nabij een bos (fig. 137), ontgon men een blauwe crinoïdenkalksteen met een strekking van N 110° E en een helling van 85° S. Noordelijk vindt men sporen van kalkrijke schalies en van een gelaagde crinoïdenkalksteenbanken (banken van 0,20 m).

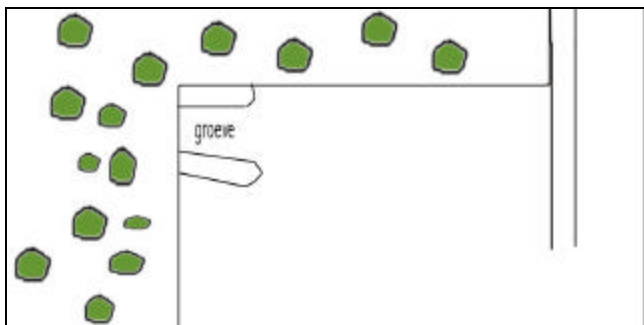


Fig. 137: Schets van de lokalisatie van de groeve 174 E 193.

### **174 E 217: Carrière (fig. 139)**

Kleine oude groeve in de Kalksteen van Landelies, waarvan de laagindeling op fig. 138 werd weergegeven, met "a" een blauwe crinoïdenkalksteen, "b" een gebroken blauwe kalksteen met witte aders en "c" een mooi gelaagde crinoïdenkalksteen.



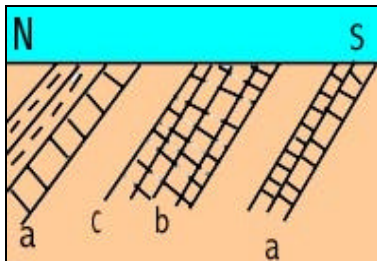


Fig. 138: Schets van de banken in groeve 174 E 217.

**174 E 255: Carrière (fig. 139)**

Oude groeve in de Kalksteen van Landelies (Tn2b), gelegen in de Synclinale van Florennes-Anthée.



Fig. 139: Lokalisatie van de groeven op kaart 174 E.

**174 E 256: Carrière (fig. 139)**

Verlaten groeve, langs de oostelijke flank van de vallei, in de Synclinale van Florennes-Anthée, waar men de Kalksteen van Landelies ontgon. De lagen hebben er een strekking van N 115° E en een helling van 70° N.

**174 E 257: Carrière (fig. 139)**

Verlaten groeve, gelegen in de Synclinale van Florennes-Anthée ten noordoosten van de vorige (174 E 256), waar men een gelaagde, blauwe crinoïdenkalksteen van het Tournaisiaan ontgon.

**174 E 266: Carrière (fig. 139)**

Verlaten kleine groeve, gelegen op het uiteinde van een klein heuveltje in de Synclinale van Florennes-Anthée, waar men een gelaagde, blauwgrijze crinoïdenkalksteen (Tn2b) heeft uitgbaat, waarvan de lagen 60° N hellen.

**174 E 332: Carrière (fig. 139)**

Reeds in 1896 verlaten groeve, gelegen in de Synclinale van Florennes-Anthée. Men ontgon er banken van 0,20 tot 0,30 m van een blauwgrijze crinoïdenkalksteen, met een strekking van N 110° E en een helling van 70° N.

**174 E 333: Carrière (fig. 139)**

Ten noorden van de boomgaard van het Kasteel van Rosée, in de Synclinale van Florennes-Anthée, vinden we gedeeltelijk opgevulde oude groeven. In één van deze groeven ontgon men de Kalksteen van Landelies.

**174 E 334: Carrière (fig. 139)**

Verlaten groeve in de Kalksteen van Landelies.

**174 E 335: Carrière (fig. 139)**

Verlaten groeve in de Kalksteen van Landelies.

**174 E 352: Carrière (fig. 140)**

Verlaten groeve in een crinoïdenkalksteen, waarbij de lagen een strekking hebben van N 110° E en een helling van 70° S. Ten noorden van de weg ontgon men dezelfde lagen en men vond er zelfs de schalies van het Tn2a.

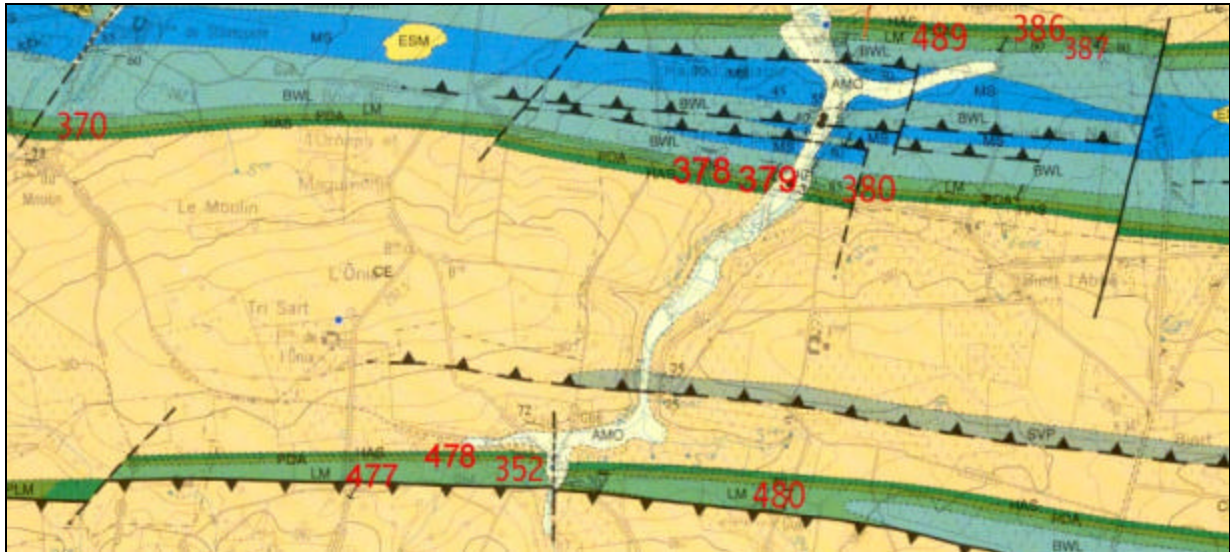


Fig. 140: Lokalisatie van de groeven op kaart 174 E.

**174 E 370: Carrière (fig. 140)**

Oude ontginningen in een grijze crinoïdenkalksteen.

**174 E 378: Carrière (fig. 140)**

Oude ontginning in de Kalksteen van Landelies.

**174 E 379: Carrière (fig. 140)**

In deze groeve, die ten noorden van de weg ligt, baatte men de Kalksteen van Landelies uit. De banken hebben er een strekking van N 115° E en een helling van 80° N.

**174 E 380: Carrière (fig. 140)**

Op de oostelijke flank van de vallei van de beek van Cerfontaine, in de Synclinale van Stave-Falaën, ontgon men de Kalksteen van Landelies. De helling van de lagen bedraagt 80° N en de strekking N 110° E.

**174 E 386: Carrière (fig. 140)**

Oude exploitatie van de Kalksteen van Landelies, gelegen in de Synclinale van Stave-Falaën.

**174 E 387: Carrière (fig. 140)**

In deze groeve, in de Synclinale van Stave-Falaën, ontgon men de Kalksteen van Landelies met een strekking van N 105° E en een helling van 80° S.

**174 E 477: Carrière (fig. 140)**

Ten noorden van het bos van Corenne vinden we een oude groeve met crinoïdenkalksteen van het Onder-Tournaisiaan.

**174 E 478: Carrière Cerfontaine (fig. 140)**

Ten noorden van het bos van Corenne vinden we deze oude groeve met blauwgrijze crinoïdenkalksteen, in banken van 0,10 tot 0,2 m.

**174 E 480: Carrière (fig. 140)**

Verlaten groeve in een blauwe crinoïdenkalksteen.

**174 E 489: Carrière (fig. 140)**

In deze groeve, gelegen in de Synclinale van Stave-Falaën, is men ooit begonnen met de ontginning van blauwe crinoïdenkalksteen (Tn2b).

**Geologische kaart 175 W (topografische kaart 53/7): Hastière**

Stelsel	Etage	Formatie	Beschrijving
Carboon	Ivorianaan	<b>Bayard (BAY) Tn3a-Tn3b</b>	De formatie van Bayard (peri-biohermaal faciës): goed gelaagde grijze kalksteen (packstones) met crinoïden, soms met chert, lokaal gedolomitiseerd. Deze formatie, is 5 tot 30 m dik en werd op veel plaatsen uitgebaat voor de hardsteen in de streek van Dinant, langs de Lesse, langs de Maas, langs de baan van Hastière naar Dinant en ten noorden van Dinant.
		<b>Maurenne (MAU) Tn2c</b>	Deze formatie is ongeveer 15 tot 40 m dik en bestaat uit kalkschalies en sterk kleihoudende grijze kalksteen, met banken met resten van brachiopoden, koralen en kleine crinoïden. In het bovenste deel komt zwarte chert voor.
		<b>Landelies (LAN) Tn2b</b>	De formatie is ongeveer 35 tot 40 m dik en is opgebouwd uit een kleihoudende, crinoïdrijke grijze tot zwartkleurige kalksteen met grote solitaire koralen. De formatie is sterk gelaagd in het onderste gedeelte, terwijl ze naar de top toe meer massief wordt. Men vindt er lagen rijk aan resten van een macrofauna, o.a. koralen ( <i>Siphonophyllia</i> sp.) en brachiopoden. De breuken zijn vaak roestkleurig, waarschijnlijk het gevolg van de oxidatie van pyriet dat verspreid in het gesteente voorkomt.
		<b>Pont d'Arcole (PDA) Tn2a</b>	De formatie bestaat vooral uit goed splijtbaar, licht groenachtige schalies met een oxydatiepatine van bruine oker. In de schalies zitten er lagen rijk aan gedecalcificeerde bioclastica, met fenestellen, crinoïden en brachiopoden ( <i>Spiriferina peracuta</i> ). De formatie is 15 tot 20 m dik en bevat aan de top enkele banken crinoïdenkalksteen.
	Hastariaaan	<b>Hastière (HAS) Tn1b</b>	De type-locus van deze formatie bevindt zich in de groeve Demanet (175 W 334)(DE DORLODOT, 1895). Ze bestaat uit een crinoïdenkalksteen met schisteuse lagen en kalkschalies, die verdeeld zijn in drie eenheden: a: Gelaagde crinoïdenkalksteen, afgewisseld met kalkschalies met aan de basis grote banken oölieten. β: Dikke banken, zeer weerstandbiedende, grijze crinoïdenkalksteen met fijne crinoïdfragmenten. ?: Afwisseling van grijze schisteuse kalksteen en crinoïdenkalksteen in banken van een 10-tal cm. De formatie is ongeveer 20 tot 35 m dik en ze werd vroeger uitgebaat als hardsteen in de streek van Hastière (eenheid β). Het stratotype van de Formatie van Hastière is spijtig genoeg moeilijk te bereiken, aangezien de groeve Demanet voor een groot deel opgevuld is. Andere goede coupes vindt men in nabij gelegen groeven, o.a. in de groeve ten oosten van het gehucht Maurenne, op de westelijke flank van de vallei, en in de groeve in Hastière-Lavaux langs de vallei van de Maas, in de buurt van het gehucht Insemont.

**Tabel 58: Bespreking van de formaties naar de legende bij de geologische kaart 175 W.**

De ligging van de verschillende groeven wordt weergegeven op delen van de geologische kaart (fig. 141, 142, 145, 158 en 159) waarvan de legende in tabel 58 is terug te vinden.

**175 W 17: Carrière**

In 1991 vond men niets meer van deze groeve in de Kalksteen van Hastière terug. Ook de lokalisatie is bij de BGD onbekend.

**175 W 30: Carrière (fig. 141)**

Groeve die reeds in 1877 verlaten was. In 1991 vonden men deze groeve in de Kalksteen van Hastière niet meer terug.

**175 W 33: Carrière (fig. 141)**

Verlaten groeve in kalksteen van het Onder-Hastariaan.

**175 W 102: Carrière (fig. 141)**

Groeve waar men in 1877 de Formatie van Hastière ontgon. Er kwamen enkele nodulaire banken in voor en ook enkele totaal verweerde aardeachtige banken. In 1991 vond men deze groeve niet meer terug.

**175 W 187: Carrière (fig. 142)**

In de groeve, die al in 1877 verlaten was, werd een blauwe, sterk gebroken, crinoïdenkalksteen ontgonnen van het Onder-Tournaaisaan, waarschijnlijk de Kalksteen van Hastière.

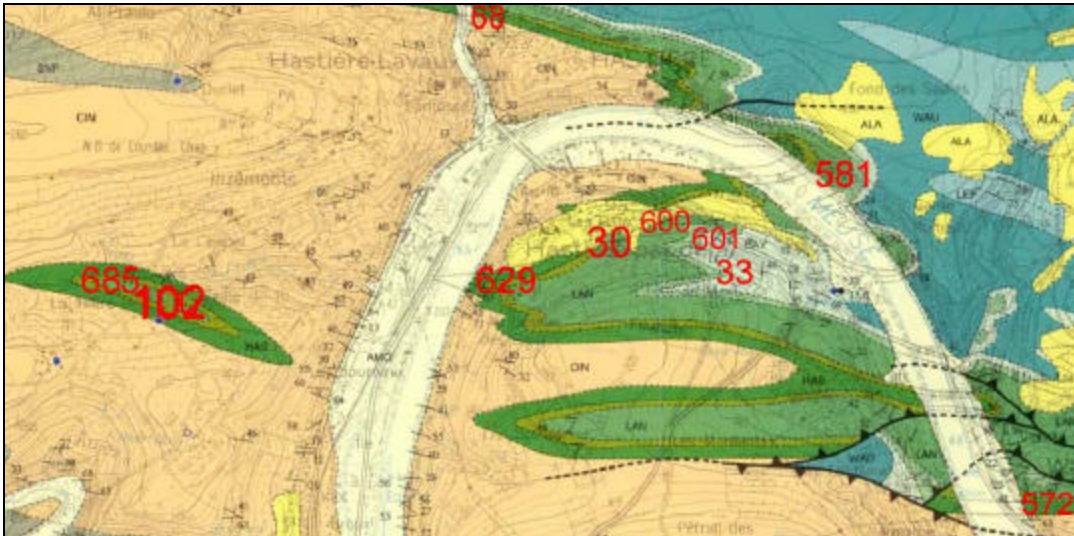


Fig. 141 : Lokalisatie van de groeven op kaart 175 W.

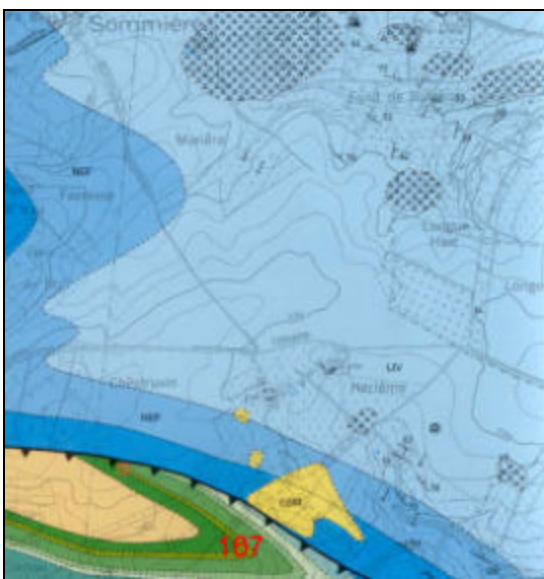


Fig. 142 : Lokalisatie van de groeve 175 W 187 op kaart 175 W.

**175 W 230: Carrière (fig. 145)**

In 1877 maakt Murlon melding van een verlaten groeve in crinoidenkalksteen van het Carboon met naar het zuiden hellende lagen in een kleine synclinale.

**175 W 231: Carrière (fig. 145)**

In 1877 maakt Murlon melding van een verlaten groeve, die een beetje meer naar het zuidoosten ligt dan de vorige groeve (175 W 230), met psammieten en Schalies van Pont d'Arcole. In 1944 meldt Meyer dat het hier om een oude groeve gaat waar men de Kalksteen van Hastière ontgon.

**175 W 334-352: Carrière Demanet (fig. 145 en 151)**

Deze groeve, gelegen in Insémont, werd in 1895 door FORIR, H., SOREIL, G. en LOHEST, M., (1898) uitgekozen als type-voorbeeld voor de blauwe crinoïdhoudende kalksteen van de Formatie van Hastière, die ze dan ook in detail beschreven. Ze merkten op dat deze formatie onmiddellijk volgde op de Formatie van Comblain-au-Pont. De lagen bezaten er een strekking van N 117° E en een helling van 75° N. De totale dikte van de lagen bedroeg er 13,77 m. In 1923 beschreef MAROTE deze groeve (tabel 58, fig. 144) en meldde dat ze maar weinig belang had. Ze lag er in 1929 verlaten bij. In 1964 bestudeerde Conil deze groeve opnieuw. GROESSENS (1978) maakte een vergelijking van de resultaten van CONIL met deze van FORIR, SOREIL en LOHEST (fig. 143).



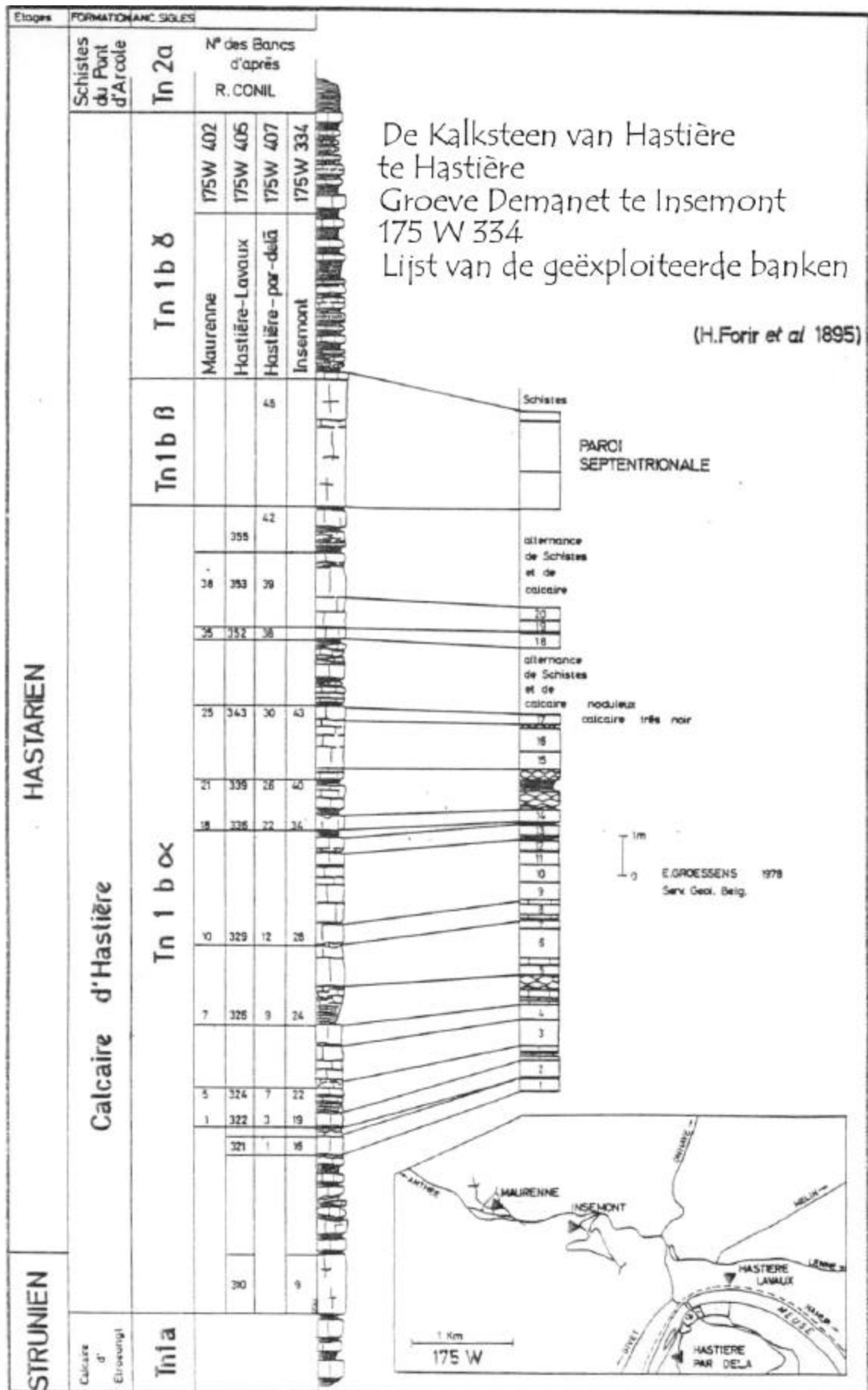


Fig. 143: Schets van de Kalksteen van Hastière in de groeve Demanet (GROESSENS, 1978).

Beschrijving laag	Dikte in m	Beschrijving laag	Dikte in m
Afwisseling van schalie en kalksteen	2,34	Bank nr. 9: uitgebate kalksteen	0,40
Bank nr. 20	0,30	Kalksteen	0,12
Bank nr. 19 : uitgebate kalksteen	0,28	Bank nr. 8: uitgebate kalksteen	0,22
Schalie	0,04	Kalksteen	0,13
Bank nr. 18: uitgebate kalksteen	0,33	Schisteuse laag	0,01
Afwisseling van schalie en van nodulaire of lensvormige kalksteen	1,58	Bank nr. 7: uitgebate kalksteen	0,21
Bank nr. 17: zwarte uitgebate kalksteen	0,22	Bank nr. 6: uitgebate kalksteen	0,70
Schalie met nodulaire kalksteen	0,10	Kalksteen	0,16
Bank nr. 16: uitgebate kalksteen	0,54	Bank nr. 5: uitgebate kalksteen	0,25
Bank nr. 15: uitgebate kalksteen	0,44	Kalksteen verdeeld in bollen	0,34
Onzuivere, nodulaire kalksteen	0,24	Kalksteen	0,18
Schalie	0,30	Kalksteen	0,07
Zeer kleirijke, onzuivere kalksteen	0,33	Kalksteen	0,10
Schalie	0,10	Bank nr. 4: uitgebate kalksteen	0,34
Bank nr. 14: uitgebate kalksteen	0,28	Bank nr. 3: uitgebate kalksteen	0,64
Schalie	0,08	Kalksteen	0,12
Bank nr. 13: uitgebate kalksteen	0,23	Schalie	0,01
kalksteen	0,06	Kalksteen	0,07
Schalie	0,06	Schalie	0,03
Bank nr. 12: kalksteenbank	0,23	Kalksteen	0,11
Schalie	0,02	Bank nr. 2: uitgebate kalksteen	0,40
Bank nr. 11: uitgebate kalksteen	0,30	Schisteuse laag	0,04
Bank nr. 10: uitgebate kalksteen	0,42	Bank nr. 1: zwart, blauwe uitgebate kalksteen	0,30

Tabel 58: Beschrijving van de lagen uit de groeve Demanet (MAROTE, 1923).

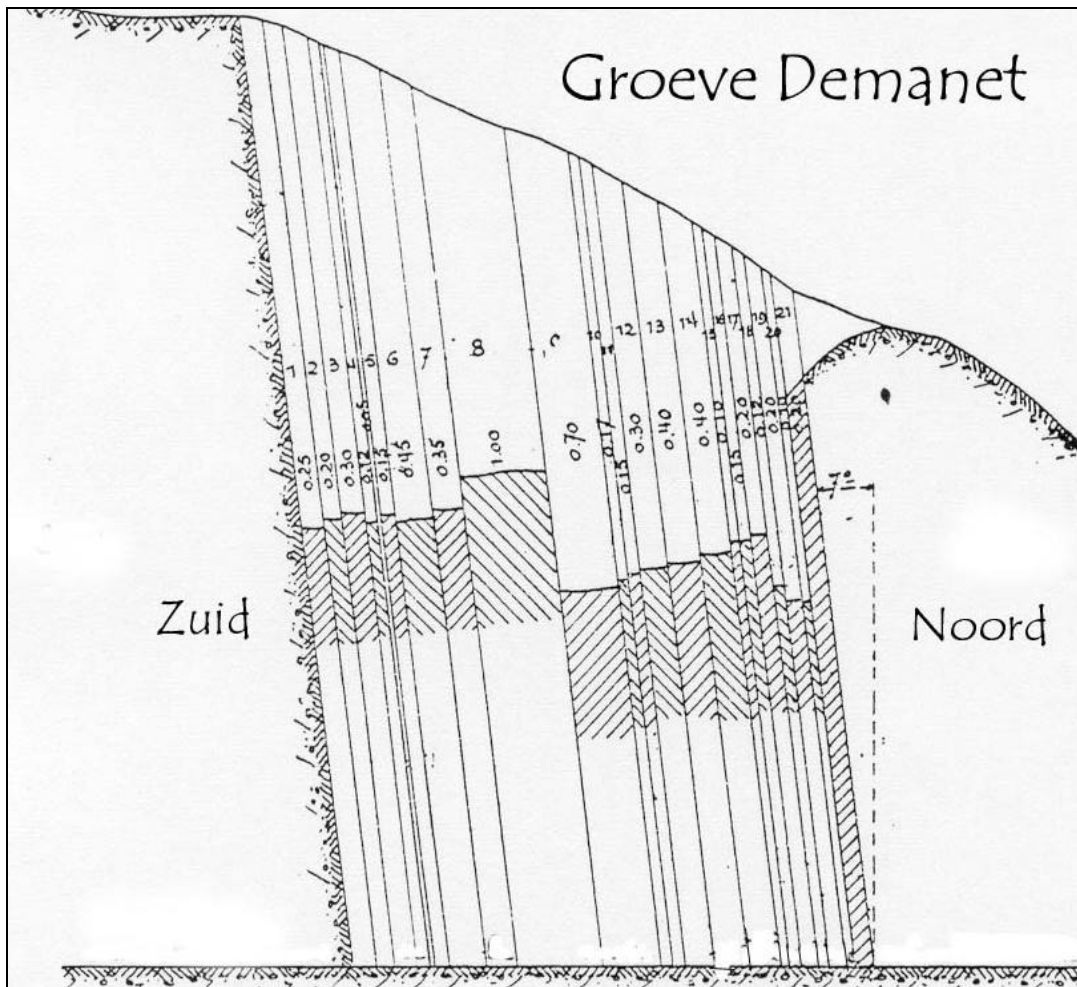


Fig. 144: Schets van de banken uit de groeve Demanet (MAROTE, 1923).

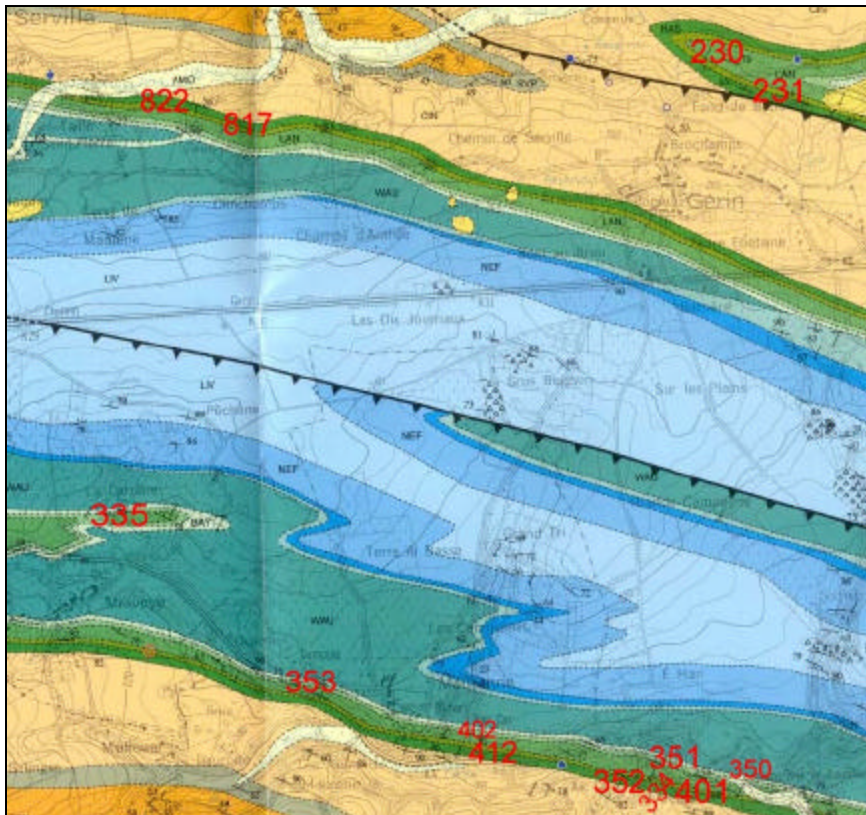


Fig. 145 : Lokalisatie van de groeven op kaart 175 W.

**175 W 335: Carrière Tinant (fig. 145)**

Deze groeve, gelegen in Meavoye-Anthée, werd in 1923 door MAROTE in detail beschreven (fig. 146). Hij meldt dat de groeve de belangrijkste was van al de groeven langs de baan van Hastière. Zoals in de groeve Toussaint ontgon men hier blauwe banken en grijsgele banken. De groeve bevond zich aan de zuidwestelijke rand van een bos, gelegen ten zuiden van de N-S georiënteerde depressie met de naam "La Carrière". We vinden op deze plaats de Kalkschalies van Maurenne, de Formatie Bayard en het Waulsortiaan.

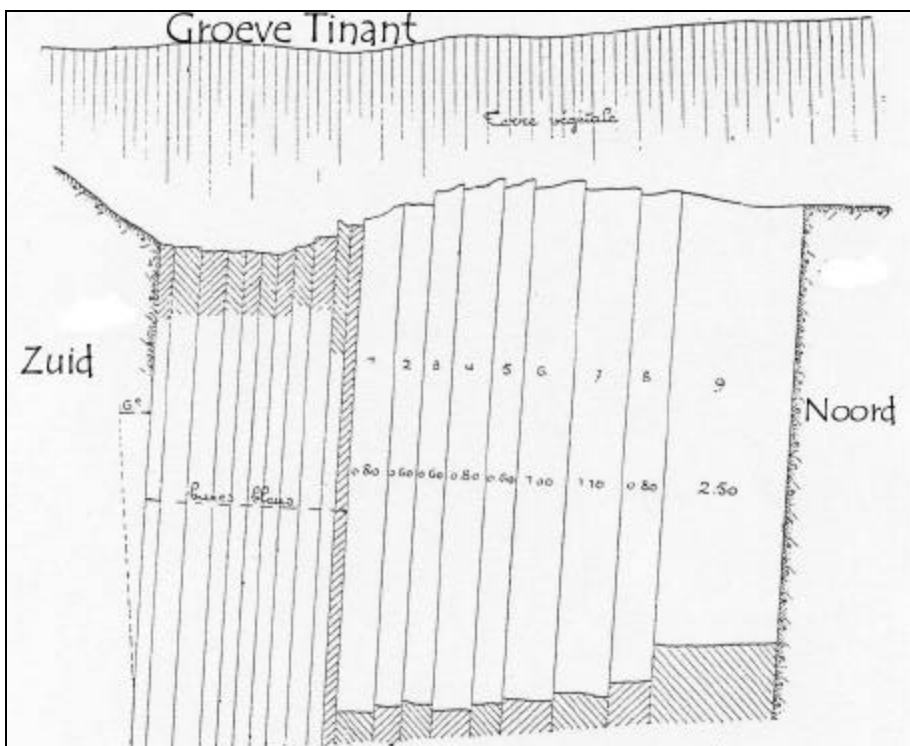


Fig. 146: Schets van de groeve Tinant 175 W 335 (MAROTE, 1923).

**175 W 350-719: Carrière Fivet (fig. 145)**

Deze groeve ligt achter de garage Elf, langs de baan Hastière-Anthée, ongeveer 1 km van de Maas. MAROTE (1923) beschreef de toen verlaten groeve als een geheel van kalksteenbanken met schalie ertussen (fig. 147). Hij bemerkte 16 banken kalksteen, waarvan er 8 banken gebruikt werden als mooi bouwmetaal. Delcambre en Pingot bezochten de groeve in 1990 en beschreven de steen als de Kalksteen van Landelies.

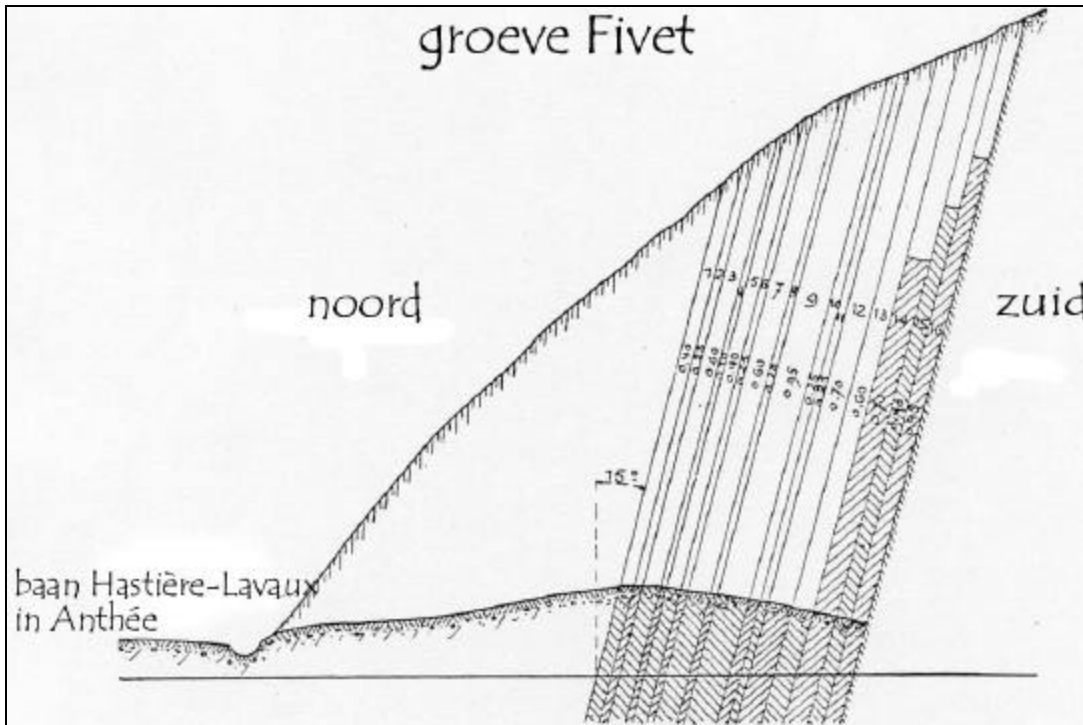


Fig. 147: Schets van de groeve Fivet (MAROTE, 1923).

**175 W 351-717-792: Carrière Tinant (dite du Pont d'Arcole) (fig. 145)**

De groeve Tinant (dite du Pont d'Arcole), gelegen tussen de baan Hastière-Lavaux en de weg naar Insémont, werd in 1923 door MAROTE in detail beschreven (fig. 148). Ze bestond uit 14 banken, waarvan er 7 gebruikt werden als bouwsteen. In 1990 bezochten DELCAMBRE en PINGOT deze groeve. Zij merkten op dat de groeve gelegen was in de Formatie van Bayard en de Formatie van Landelies. Ten zuiden van de groeve 175 W 351 bevinden zich andere plaatsen waar men de Kalksteen van Landelies heeft ontgonnen (175 W 717).

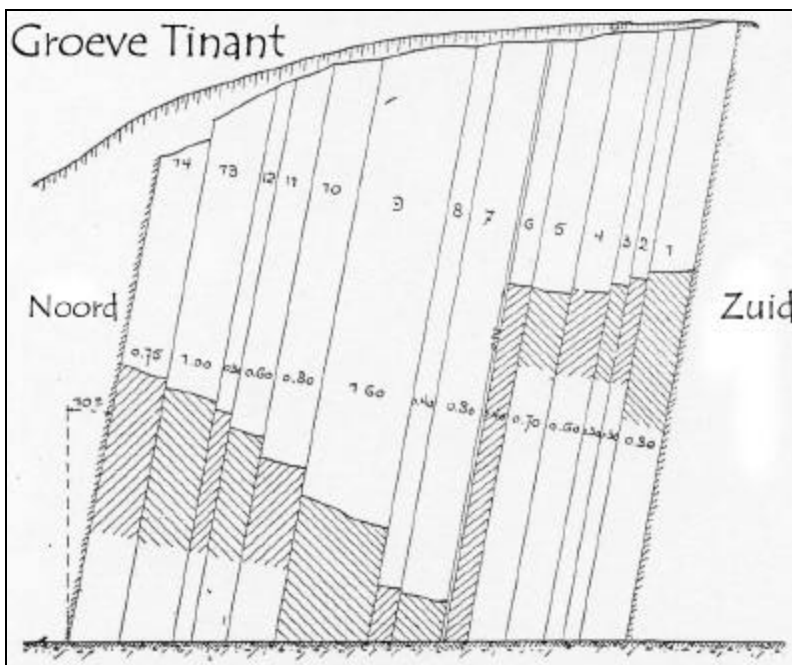


Fig. 148: Schets van de groeve Tinant (dite du Pont d'Arcole) 175 W 351-717(MAROTE, 1923).



**175 W 353: Carrière Toussaint frères (fig. 145 en 150)**

De groeve is gelegen langs de weg Hastière-Lavaux. MAROTE meldt in 1923 dat de groeve kalksteenbanken bevat, geïntercalaerd tussen dolomiet en schisteuse lagen. De geëxploiteerde 20 banken bereikten samen een dikte van 8 m en ze werden verdeeld in blauwe banken en grijs-gele banken (fig. 149). De coupe toont ons de opeenvolging van de lagen. De banken 1 tot en met 8 hebben een grijsblauwe tint, een korrelige textuur en een rechte breuk. De stenen uit deze lagen beschouwt men als tweede keus, behalve de banken 1 en 2, die als slechte kwaliteit werden beschouwd. De bovenste banken zijn grijsgeel van tint en zijn korrelig van textuur. Behalve de banken 13 en 14, die vol met gaten zitten en enkel maar materiaal van slechte kwaliteit leveren, worden de bovenste banken als bouw materiaal gebruikt.

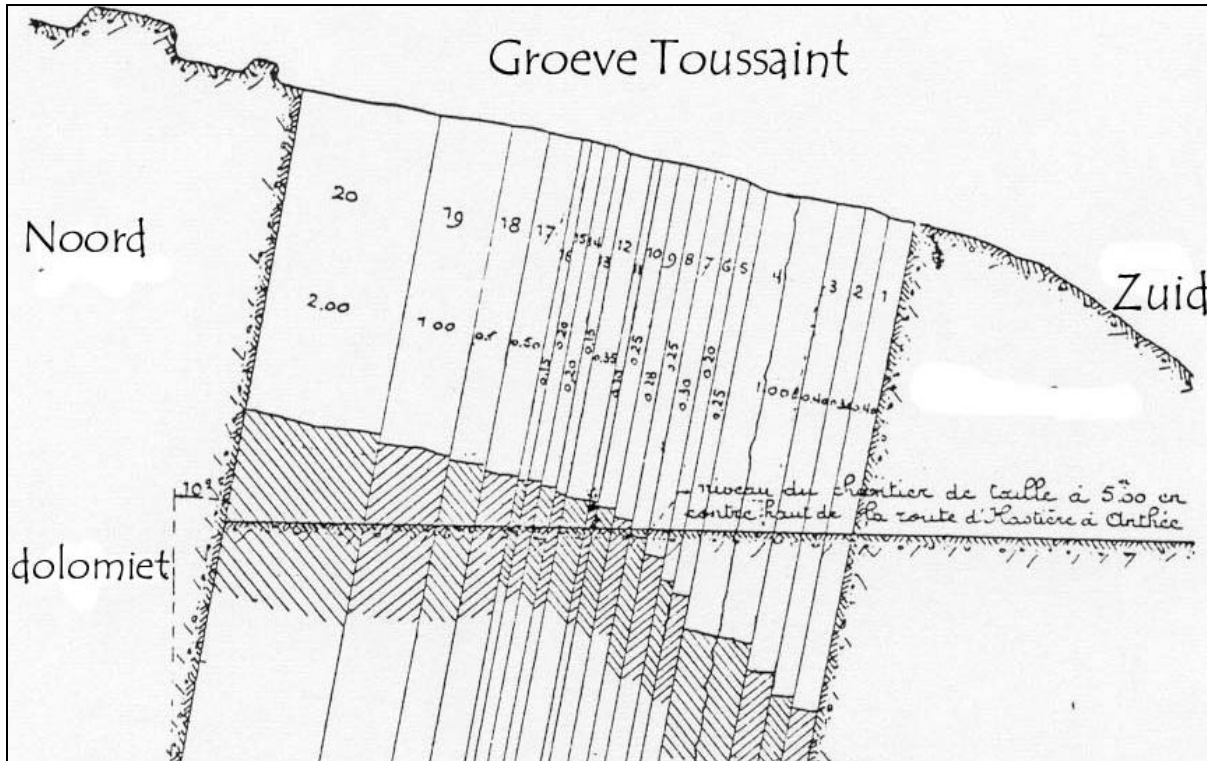


Fig. 149: Schets van de groeve Toussaint (MAROTE, 1923).

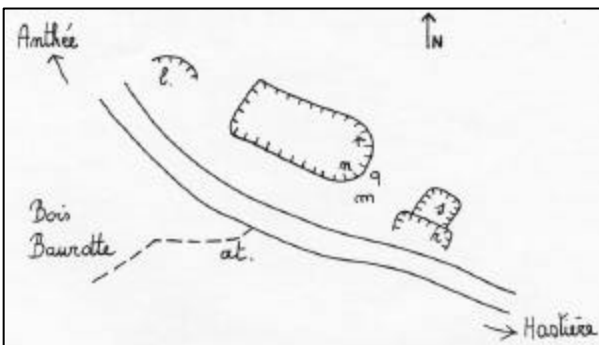


Fig. 150: Schets van de lokalisatie van de banken van de groeve Toussaint.

l: Aan de voet van een ravijn bevondt er zich een kleine uitbating van grijze crinoïdenkalksteen, met een beetje dolomiet. Faciës van Bayard

m: Kalksteen van Landelies

n: Deze groeve in de Kalkschalies van Maurenne heeft een diepte van ongeveer 20 m en was niet meer toegankelijk

r, s: Kleine uitbatingen van de Formatie van Landelies

at: Schalies van Pont d'Arcole

**175 W 401: Carrière (fig. 145)**

Oude groeve gelegen in Hastière-Lavaux, waar men de Kalksteen van Landelies ontgon.

**175 W 402: Carrière de Maurenne (fig. 145 en 151)**

Oude groeve op een honderdtal meter ten noorden van de weg Hastière-Anthée in Hastière-Lavaux, waar men de Kalksteen van Landelies ontgon. GROESSENS (1974) heeft hier onderzoek uitgevoerd naar de aanwezigheid van conodonten. Hij vond er tevens een oplossingsholte die de groeve van oost naar west doorkruist. In de BGD was er een mooie N-S coupe van de Formatie van Maurenne, waarbij de lagen E-W georiënteerd zijn.

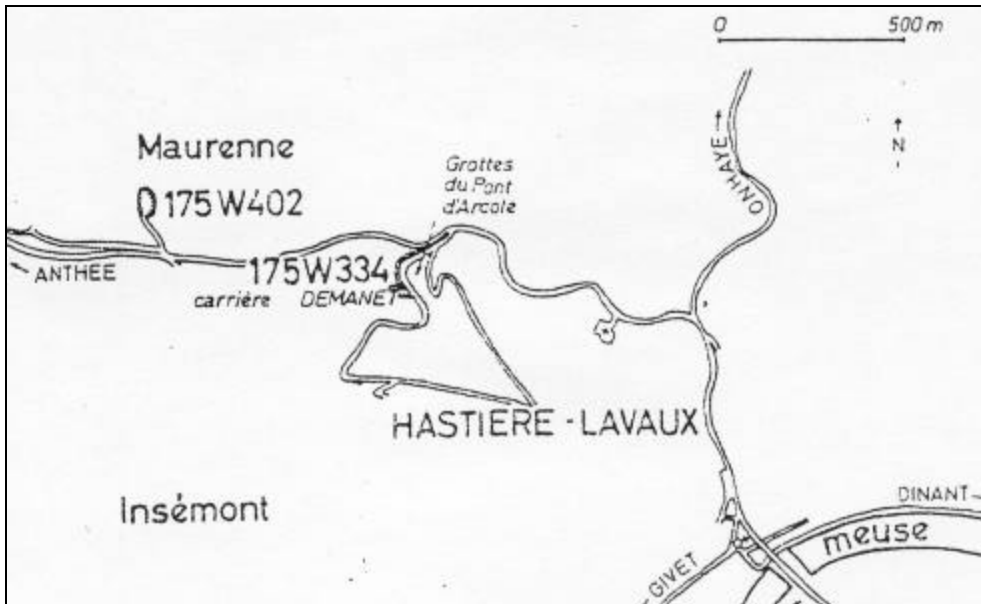


Fig. 151: Situatieschets van de groeves 175 W 334 en 175 W 402 (GROESSENS, 1974).

GROESSENS kwam er in 1974 tot volgende interpretatie (fig. 152):

*Kalksteen A (Kalksteen van Landelies)* bestaande uit kalksteenbanken met grote koralen en crinoïden, met een strekking van N. 108° E en een subverticale N-helling. Deze kalksteen is minstens 20 m dik en bevat massievere en dikkere banken aan de top

*Kalkschalie B (Formatie van Maurenne)* bestaat aan de basis en top uit kalkschalies, met in het midden schalies - onderaan: massieve kalkschaliebanken met zeer veel fossielen, o.a. koralen, crinoïden en fenestellen, onderaan gescheiden door fijne schisteuse laagjes, met daarboven minder dikke banken kleirijke kalkschalies en lagen waarbij de splijting beter zichtbaar wordt, met een N 122° E strekking en een subverticale N-helling - midden: zeer kleirijke schaliebanken (helling schistositeit 78° S); strekking: N 118° E.; subvertikaal N-helling - bovenaan: meer kalkrijke schalie

-*Kalksteen C* bestaande uit een eerste gelaagde bank grijze, fijnkorrelige crinoïdenkalksteen, ongeveer 3 m dik, met een strekking van N 106° E en een helling van 84° N. Erboven vindt men een iets dikkere bank crinoïdenkalksteen, die op haar beurt bedekt wordt door een gedolomitiseerde kalksteen, die aan de basis gestratificeerd is en fossilrijk.

- *Kalksteen D (massief Waulsortiaan)* bestaande uit massieve, gedolomitiseerde, fossilrijke kalksteen, met kleine geoden en calciataders.

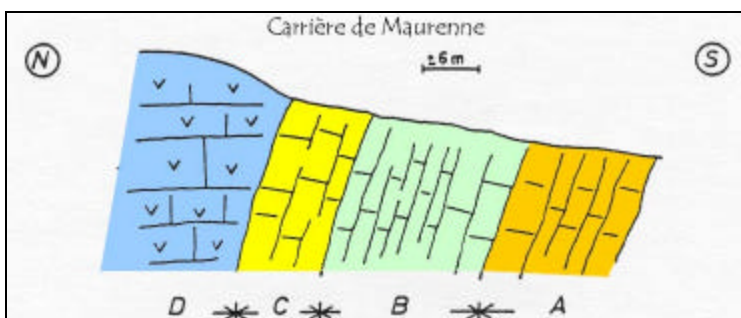


Fig. 152: Schets van de banken uit de groeve van Maurenne (BGD).

#### **175 W 412: Carrière (fig. 145)**

Op deze plaats bevindt zich een kleine groeve in het zuidelijke uiteinde van "Chamia" te Waulsort. We zien hier een mooie opeenvolging van de Formatie van Hastière (Tn1b) (CONIL, 1964).

#### **175 W 564: Carrière (fig. 153)**

In "Hastière-par-delà" vinden we groeven ten noorden van "Tête de Mort", langs de weg die leidt naar het gehucht met dezelfde naam. We vinden hier grijze kalksteen met dunne chert en discontinuïteiten, namelijk de Crinoïdenkalksteen van Bayard.

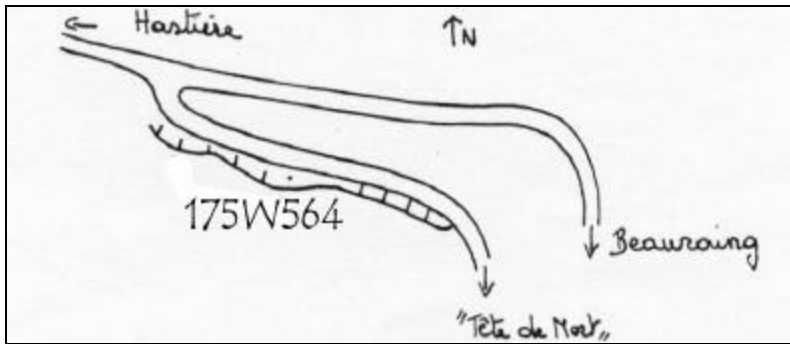


Fig. 153: Lokalisatie van de groeve 175 W 564.

**175 W 572: Carrière (fig. 141)**

In de buurt van de bron “Al Cave”, ten noorden van de baan Hastière-Waulsort, bevindt zich een oude groeve, verborgen onder de vegetatie, waar de kalksteen uit de Formatie van Hastière werd ontgonnen.

**175 W 581: Carrière (fig. 141)**

Oude groeve in de Kalksteen van Landelies.

**175 W 600: Carrière (fig. 154)**

In Hastière-par-delà vinden we, ten zuiden van het vakantiedorp, in de bossen tussen “Les Gaux” en “Tête de Mort” enkele kleine, verlaten groeven bedekt met vegetatie. De gesteenten achter het vakantiedorp behoren tot de Kalksteen van Landelies.

**175 W 601: Carrière (fig. 154)**

In Hastière-par-delà vinden we, nabij “Tête de Mort”, kleine oude ontginningen in de Formatie van Bayard.

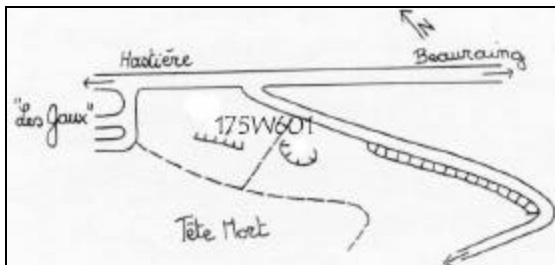


Fig. 154: Lokalisatie van de groeve 175 W 601.

**175 W 629: Carrière (fig. 141 en 155)**

Oude groeve in Hastière-par-delà, ten noorden van het gehucht “Au-dessus des Gaux”, die nu gedeeltelijk als tennisterrein werd ingericht. Deze groeve bevat volgende lagen behorend tot de Formatie van Hastière:

- a: Zwarte, gelaagde crinoïdenkalksteen met schisteuse intercalaties
- b: Crinoïdenkalksteen met schisteuse intercalaties
- c: Dikke banken van crinoïdenkalksteen
- d: aan de basis en top schalies
- e: aan de basis kalksteen
- f: zwarte crinoïdenkalksteen.

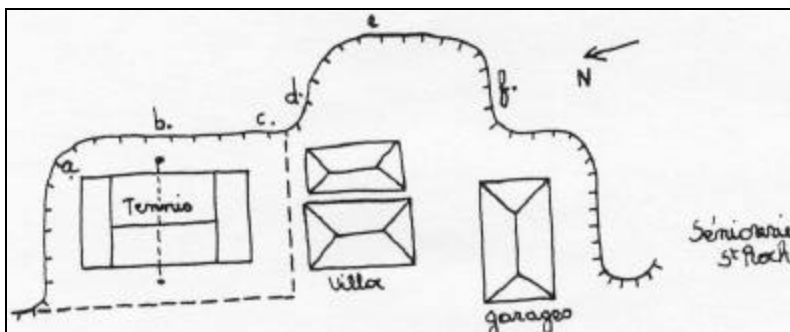


Fig. 155: Schets met de ligging van de oude groeve 175 W 629.

**175 W 681: Carrière**

Kleine verlaten groeve in Tahau, gelegen in de Formatie van Hastière, langs de helling van de vallei van Féron.

**175 W 685: Carrière (fig. 141)**

Oude groeve, gelegen in de buurt van Lavaux, waarin men de Formatie van Hastière ontgon.

**175 W 737: Carrière**

Oude kleine groeve de Kalksteen van Landelies, gelegen ten noorden van het bos Baurotte en ten zuiden van de weg Hastière-Anthée.

**175 W 738: Carrière**

Oude ontginning van de Formatie van Hastière, gelegen in het oostelijke deel van het bos Baurotte te Maurenne.

**175 W 759: Carrière**

Oude groeve waar men de Kalksteen van Landelies ontgon, gelegen langs de baan Hastière-Anthée.

**175 W 792: Carrière**

DELCAMBRE en PINGOT meldden in 1990 dat ten zuiden van de groeve 175 W 351 deze bijna niet meer toegankelijk groeve lag, waar ooit de Kalksteen van Bayard werd ontgonnen.

**175 W 797: Carrière (fig. 156)**

Deze groeven, gelegen langs de baan Hastière-Anthée, ten noorden van Miavoie, bevatten de Encriniet van Bayard en de Kalkschalies van Maurenne.

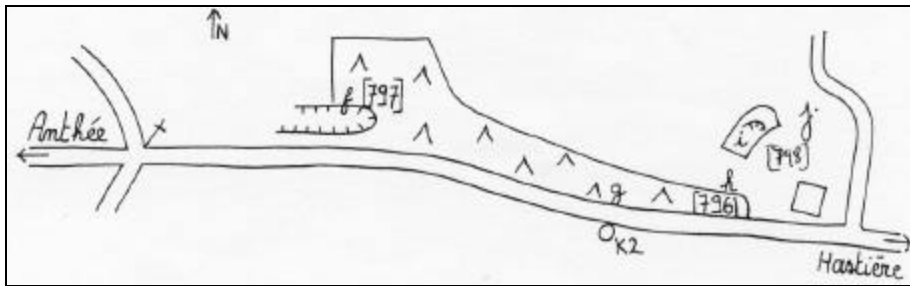


Fig. 156: Lokalisatie van de groeve 175 W 797.

**175 W 803: Carrière**

Ten oosten van het bos Hinse, gelegen ten noorden van het kasteel Fontaine, lag deze kleine uitbating van grijze, crinoïdenkalksteen, waarschijnlijk behorend tot de Kalksteen van Landelies.

**175 W 817: Carrière (fig. 145)**

Delcambre en Pingot maken in 1990 melding van deze kleine groeve, waar men ooit een zeer crinoïdrijke, zwarte kalksteen, behorend tot de Kalksteen van Hastière, heeft ontgonnen. Deze kwam voor in kleine banken, van maximum 50 cm. De groeve is gelegen in Gérin (Onhaye), langs de westelijke helling van het beekje van "Roche du Curé" tussen Serville en Gérin.

**175 W 822: Carrière (fig. 145)**

Groeve in de Kalksteen van Landelies, gelegen in Serville (Onhaye), langs de westelijke helling van de vallei, op 350 m ten oosten van Serville, ten zuiden van Flavion.

**175 W 832: Carrière**

Oude kleine groeve in de Kalksteen van Hastière, gelegen in "Fonds de Bettenée", ten oosten van de weg Gérin-Weillen.

**175 W 833: Carrière (fig. 157)**

Oude kleine groeven in de Kalksteen van Landelies, gelegen in een klein bosje ten noorden van de weg Weillen-Gérin, op de plaats "Fonds de Bettenée" te Gérin (Onhaye).



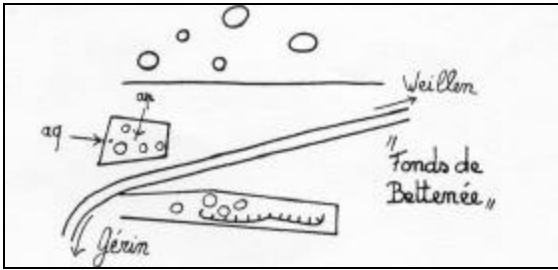


Fig. 157: Lokalisatie van de groeve 175 W 833.

**175 W 841: Carrière**

Oude kleine groeve in de Kalksteen van Hastière, gelegen in “Aux Communaux”, 350 m ten westen van de “Ferme de Ftroûle”.

**175 W 842: Carrière**

Deze oude groeve in de Kalksteen van Landelies, ligt ten oosten van de weg en langs de noordrand van het bos in “Tienne des Pleyets”, te Serville (Onhaye).

**175 W 935: Carrière**

In Onhaye, ten westen van het dorp en ten zuiden van de weg naar Charlemagne, ligt een oude groeve waar ooit de Encriniet van Bayard werd uitgebraat.

**175 W 989: Carrière**

Delcambre en Pingot meldden in 1990 dat in “Four à Chaux” een kleine groeve lag waar men de Kalksteen van Hastière ontgon.

**175 W 1071: Carrière**

In deze kleine groeve, gelegen in het bos ten oosten van de manège van Serville en ten zuiden van “Bois du Curé”, werd de Kalksteen van Landelies ontgonnen.

**175 W 1114: Carrière (fig. 158)**

Langs de westelijke zijde van de baan van de boerderij van de Lène in Waulsort (Hastière), ligt een oude kleine groeve met kalksteenbanken van een 10-tal cm dikte, behorend tot de Formatie van Bayard.

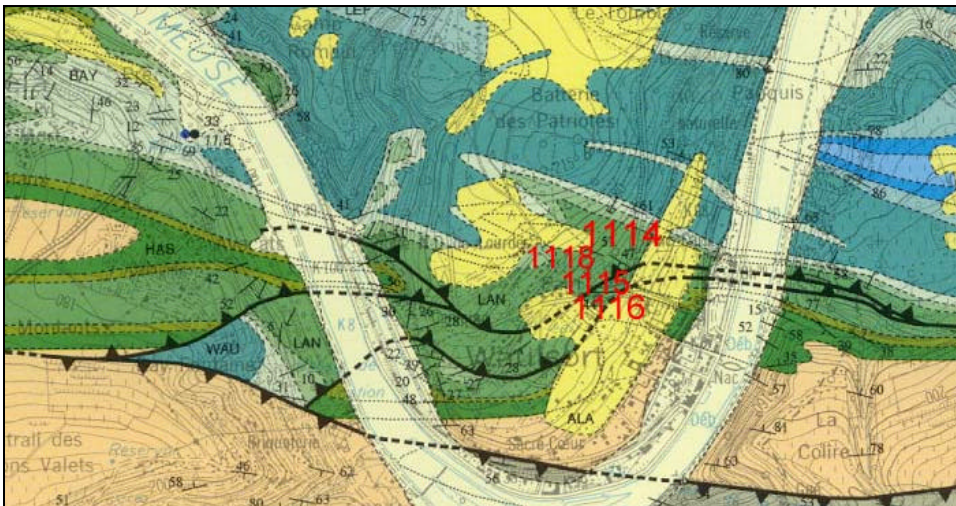


Fig. 158 : Lokalisatie van de groeven op kaart 175 W.

**175 W 1115: Carrière (fig. 158)**

25 m van de baan van de boerderij van de Lène in Waulsort (Hastière) ligt een kleine groeve waar men de Kalksteen van Landelies uitbaatte.

**175 W 1116: Carrière (fig. 158)**

Langs de baan in de buurt van de boerderij van de Lène in Waulsort (Hastière) ligt een kleine groeve waar men de Kalksteen van Landelies uitbaatte.

**175 W 1118: Carrière (fig. 158)**

Langs de baan van de boerderij van de Lène in Waulsort (Hastière), ligt een kleine groeve waar de Kalksteen van Landelies werd ontgonnen. De kalksteen was hier min of meer gelaagd en bevatte “nagels” van ijzeroxide.

**175 W 1125: Carrière**

In de buurt van het bos “Bois du Laid” lag een kleine groeve waar zeer crinoïdrijke kalksteen van de Formatie van Bayard werd ontgonnen.

**175 W 1169: Carrière (fig. 159)**

Deze oude kleine groeve in de Kalksteen van Landelies ligt 100 m oost-noordoosten van de “Ferme de Flun”, gelegen ten noorden van de weg Weillen-Falaën.

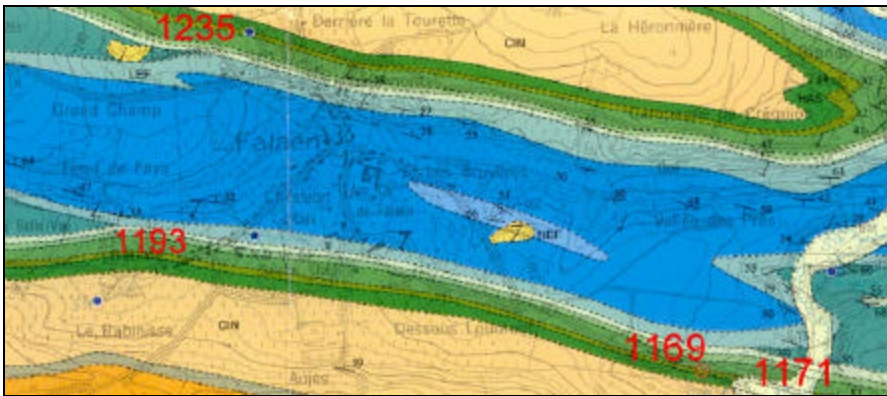


Fig.159: Lokalisatie van de groeven op kaart 175 W.

**175 W 1171: Carrière (fig. 159)**

Op de noordelijke helling van de Flavion, ten noordoosten van de boerderij van Flun, waar de baan Weillen-Falaën de vallei van de Flavion verlaat, liggen een aantal kleine groeven waar de Kalksteen van Landelies werd ontgonnen.

**175 W 1193: Carrière de Batimé (fig. 159)**

Deze oude groeven in de Kalksteen van Landelies liggen 800 m ten zuidwesten van Falaën, ten noorden van de baan Flavion-Falaën.

**175 W 1222: Carrière (fig. 160)**

Kleine oude groeve in de Kalksteen van Landelies, gelegen tegenover de baan van Falaën-Sommière in “campagne de Créquion”.

**175 W 1223: Carrière (fig. 160)**

We vinden hier een reeks van uitbatingsplaatsen, die voor een groot deel opnieuw opgevuld zijn. In één van die plaatsen vinden we kalksteen die zeer rijk is aan grote crinoïden in ondulerende banken op 15 m ten noorden van de baan. We hebben hier te maken met de Kalksteen van Landelies.

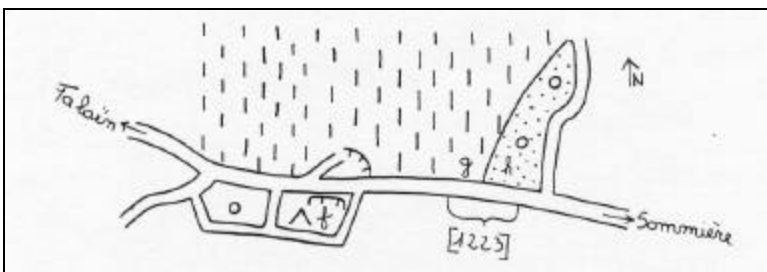


Fig. 160: Lokalisatie van de groeven 175 W 1222 (f) en 1223.

**175 W 1235: Carrière (fig. 159)**

Oude kleine groeve in de Kalksteen van Hastière en van Landelies, gelegen in Falaën (Onhaye), ten noorden van de weg naar “Fond de Machurnée”.

## Geologische kaart 175 E (topografische kaart 53/8): Dinant

De ligging van de verschillende groeven, op dit kaartblad teruggevonden, is aangeduid op delen van de geologische kaart (fig. 161, 165, 166 en 168), waarvan de legende in tabel 57 en werd weergegeven.

### 175 W 300-1494: Carrière de mon plaisir/ Carrière Willequet (fig. 161 en 162)

In deze groeve vinden we een mooie opeenvolging van de Kalksteen van Landelies, de Kalkschalies van Maurenne, de Encriniet van Bayard en de Kalksteen van Leffe. De groeve is gelegen naast de Tennisclub Pont d'Amour en wordt gebruikt als dépôt voor gas.

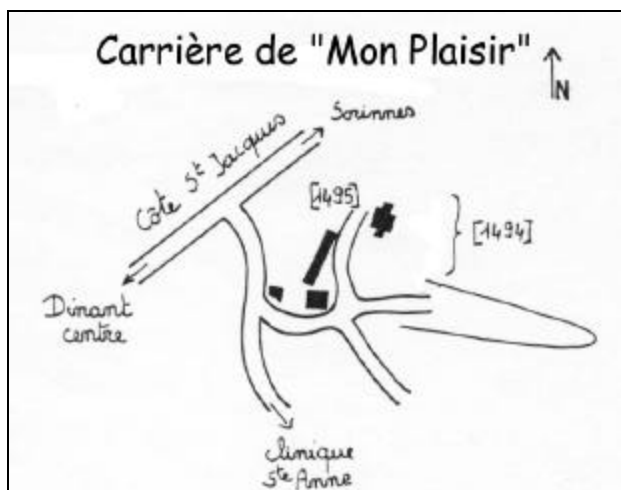


Fig. 161: Lokalisatie van de groeven op kaart 175 E.

Fig. 162: Lokalisatie van de groeve van "mon plaisir".

### 175 E 301: Le rocher à Bayard (fig. 162)

Deze rots is al door verschillende mensen onderzocht geweest. Men vindt er naast de kalksteen van het Waulsortiaan, ook de Kalksteen van Yvoir, de Kalksteen van Landelies en de Kalksteen van Hastière. Volgens GROESSENS (1974), is de rots voornamelijk opgebouwd uit het Boven-Tournaisiaan, namelijk uit de Kalksteen van Leffe (Tn3c), het niveau Tn3b ("l'encrinite du Bayard"), maar ook de Kalkschisten van Maurenne (Tn3a-Tn2c), de Kalksteen van Landelies (Tn2b), het niveau Tn2a en tenslotte de Kalksteen van Hastière (Tn1b).

### 175 E 304: Carrière Stassart (fig. 165)

Deze kleine groeve langs de baan van Anseremme naar Givet bestond uit een massief van het Waulsortiaan (Boven-Tournaisiaan) dat is verdwenen door de ontginning. Nu blijft er enkel de typische Kalksteen van Yvoir over die gemengd is met de kalksteen van het Waulsortiaan. Men merkt er ook nog zwarte chert op.

### 175 E 325: Carrière Stassart (fig. 165)

Deze groeve, die gelegen is in Freyr, heeft maar weinig betekenis aangezien ze volledig geïsoleerd ligt (MAROTE, 1923). De kalksteen uit de groeve behoort tot de Kalksteen van Landelies (Tn2b). Men merkt op dat er geodes in de groeve aanwezig zijn, die opgevuld worden door calciet, soms gemengd met silicium of zwavel.

### 175 E 326: Carrière Hardy et Cie (fig. 165)

De groeve is gelegen in de gemeente Anseremme en ligt langs de weg van Anseremme naar Falmignoul (MAROTE, 1923), boven de groeve Freyr. De lagen behoren tot de kalksteen van het Tournaisiaan (Tn2b) en hellen 69° naar het zuiden.



Nr. van de lagen	Dikte van de lagen in m	Nr. van de lagen	Dikte van de lagen in m
23	0,50	11	0,30
22	1,10	10	0,30
21	0,55	9	1,15
20	1,00	8	0,25
19	0,60	7	0,20
18	0,60	6	0,45
17	1,50	5	0,35
16	1,20	4	0,90
15	0,60	3	0,40
14	0,20	2	0,30
13	0,28	1	1,00
12	1,30		

Tabel 59: Dikte van de lagen in de groeve Hardy et Cie (MAROTE, 1923).

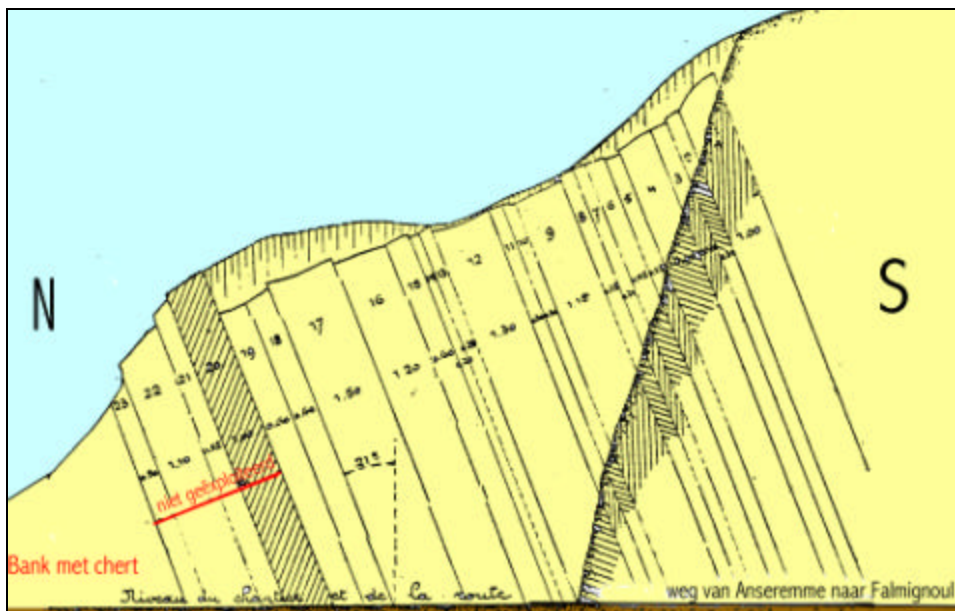


Fig. 163: Schets van de situatie van de banken in de groeve Hardy et Cie (MAROTE, 1923).

**175 E 327: Carrière Deborsu (fig. 165)**

Deze kleine groeve in Anseremme ligt langs de weg van Anseremme naar Falmignoul (MAROTE, 1923). Ze bevat een crinoïdenkalksteen met zwarte chert. De groeve is onderverdeeld in 23 banken en ze hellen 68° S (tabel 60). De groeve ontgint stenen die analoog zijn met deze uit de groeven van Fivet en Demanet in Hastière-Lavaux. De lagen in de groeve behoren tot de Crinoïdenkalksteen van Bayard en de Kalkschalies van Maurenne (Tn2c).

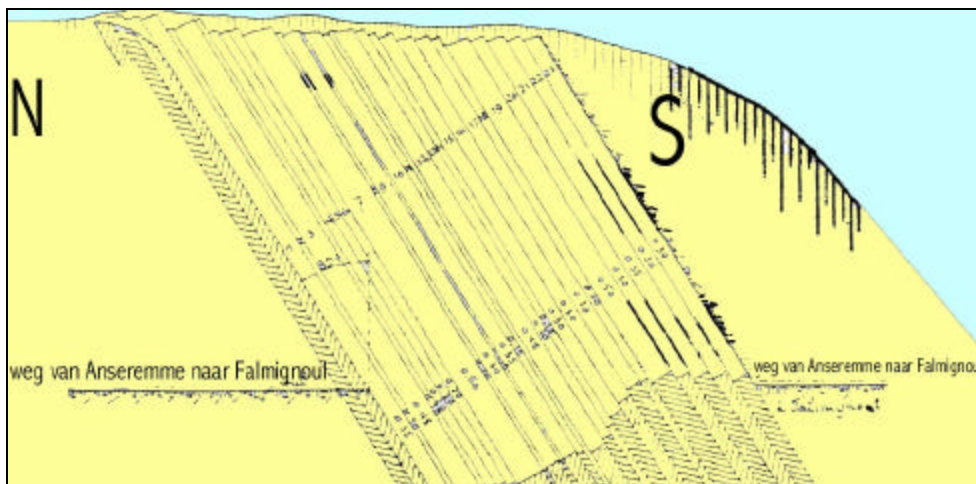


Fig. 164: Schets van de situatie van de banken in de groeve Deborsu (MAROTE, 1923).



Nr. van de lagen	Dikte in m	Nr. van de lagen	Dikte in m	Nr. van de lagen	Dikte in m
23	0,30	15	0,30	8	0,10
22	0,30	14	0,15	7	0,60
21	0,35	13	0,20	6	0,20
20	0,30	12	0,45	5	0,20
19	0,50	11	0,15	4	0,30
18	0,20	10	0,35	3	0,45
17	0,30		0,05	2	0,10
16	0,30	9	0,30	1	0,35

**Tabel 60: Dikte van de lagen in de groeve Deborsu (MAROTE, 1923).**

**175 E 713: Carrière**

In deze oude groeve, gelegen in het bos van het Seminarie, aan de noordrand van de baan van Charlemagne, baatte men de Crinoïdenkalksteen van Bayard uit.

**175 E 776: Carrière (fig. 166)**

Op de oostelijke flank van de « Roche du Curé », tussen Celles en Hulsonniaux, vinden we kleine groeven waar de Formatie van Bayard, Maurenne en Landelies werd ontgonnen.

**175 E 777: Carrière**

Tussen Celles en Hulsonniaux, vinden we een kleine groeve, aan de weg naar Ry des Forges in het dorp Gendron, waar de Formatie van Landelies werd ontgonnen.

**175 E 796: Carrière « Sul Socrau »**

Achter de feestzaal « L'écho de la Less » in Falmagne, vinden we oude groeven waar men de Formatie van Landelies terugvond.

**175 E 799: Carrière**

In Falmignoul ligt er een groeve achter de garage “Randelet” en het huis met nummer 25 op de weg van Dinant naar Falmignoul, waar men de Formatie van Bayard ontgon.

**175 E 1058: Carrière au lieu-dit « Les Bruyères »**

In deze groeve, gelegen in de haarspeldbocht die leidt naar het Kasteel van Freyr in het gehucht Lène, baatte men de Formatie van Bayard uit, waarbij men aan de ingang van de groeve op de zuidelijke flank zwarte chert vond in de banken van een 10-tal cm dikte. Aan de basis van de uitbating vond men eerder dikkere banken die zeer hard waren, te wijten aan de aanwezigheid van chert. Op de noordelijke flank van de groeve zijn de banken dunner en bevatten ze een beetje klei. Ook hier komt er chert voor.

**175 E 1105: Carrière (fig. 168)**

In deze grote groeve, gelegen langs de “Route des Fonds” in Thynes in het plaatsje “Broquefosse”, vinden we grote banken van crinoïdenkalksteen van de Formatie van Bayard.

**175 E 1106: Carrière (fig. 168)**

Er zijn enkele kleine groeven gelegen in de bocht van de “Route des Fonds” ten noorden van de groeve 175 E 1105. In de groeve, die eigenlijk uit 2 ontginningsplaatsen bestaat, ontgon men de Kalksteen van Landelies, die er eerder in onregelmatige banken voorkwam.

**175 E 1110: Carrière**

Hier vinden we in Thynes een minder diepe groeve waar de Crinoïdenkalksteen van Bayard werd uitgebaat. De banken zijn er een tiental centimeter dik en bestaan er uit zeer harde kalksteen en fijne crinoïden.

**175 E 1134: Carrière (fig. 167 en 168)**

Ten noorden van de vallei van Chession, tussen Loyer en Sur Côte, ligt een diepe groeve waar de Kalksteen van Landelies werd uitgebaat.

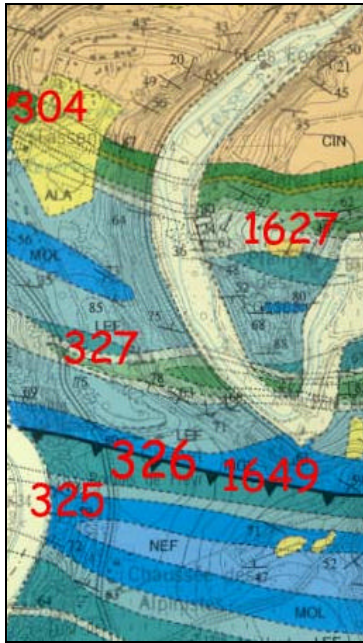


Fig. 165: Lokalisatie van de groeven op kaart 175.

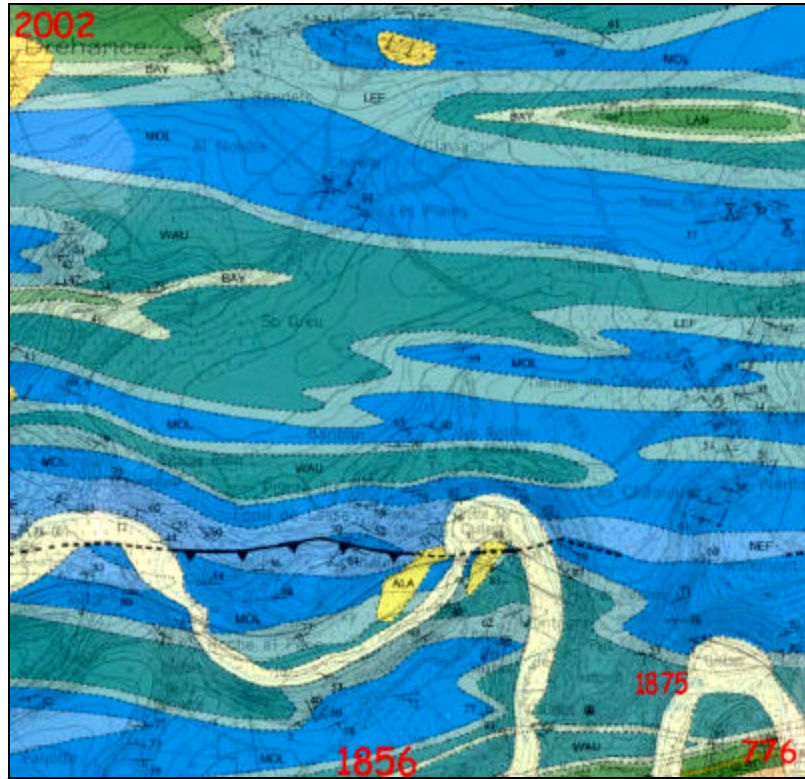


Fig. 166: Lokalisatie van de groeven op kaart 175 E.

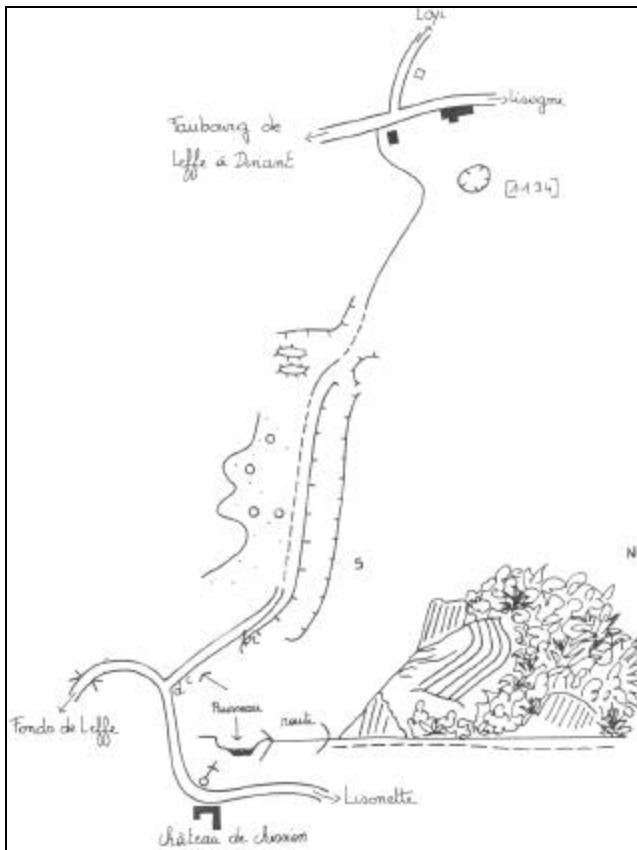


Fig. 167: Lokalisatie van de groeve 175 E 1134.



Fig. 168: Lokalisatie van de groeven op kaart 175 E.

**175 E 1327: Carrière (fig. 168)**

Midden in de beboste depressie tussen “Le Chéneu” en “Fond al Gotte”, in Sorinnes, vinden we een oude groeve waar de Crinoïdenkalksteen van Bayard ligt.

**175 E 1328: Carrière (fig. 168)**

In “Le Chéneu”, in het noordoosten van de boerderij van “Le Chéneu”, aan de oostelijke zijde van de beboste strook, vinden we een groeve met de Crinoïdenkalksteen van Bayard in grijze banken met chert.

**175 E 1334: Carrière (fig. 168)**

Ten oosten van de weg Sorinnes-Foy Notre-Dame ligt er een groeve waar men de Crinoïdenkalksteen van Bayard en de Kalksteen van Landelies terugvindt.

**175 E 1406: Carrière**

In deze groeve, gelegen in de buurt van de Abdij van Leffe in Dinant, werd de Crinoïdenkalksteen van Bayard ontgonnen.

**175 E 574-1411-1412: Carrière Michaux (fig. 161)**

In deze oude groeve, gelegen in Leffe, langs de noordelijke helling van de baan naar Spontin, vinden we vooral de Kalksteen van Leffe en de Crinoïdenkalksteen van Bayard. GROESSENS (1974) onderzocht deze groeve in het kader van het conodontenonderzoek van het Dinantiaan in België (fig. 169). Ten zuiden van deze groeve vinden we verder nog de groeve “Mon Plaisir”(175 E 300).

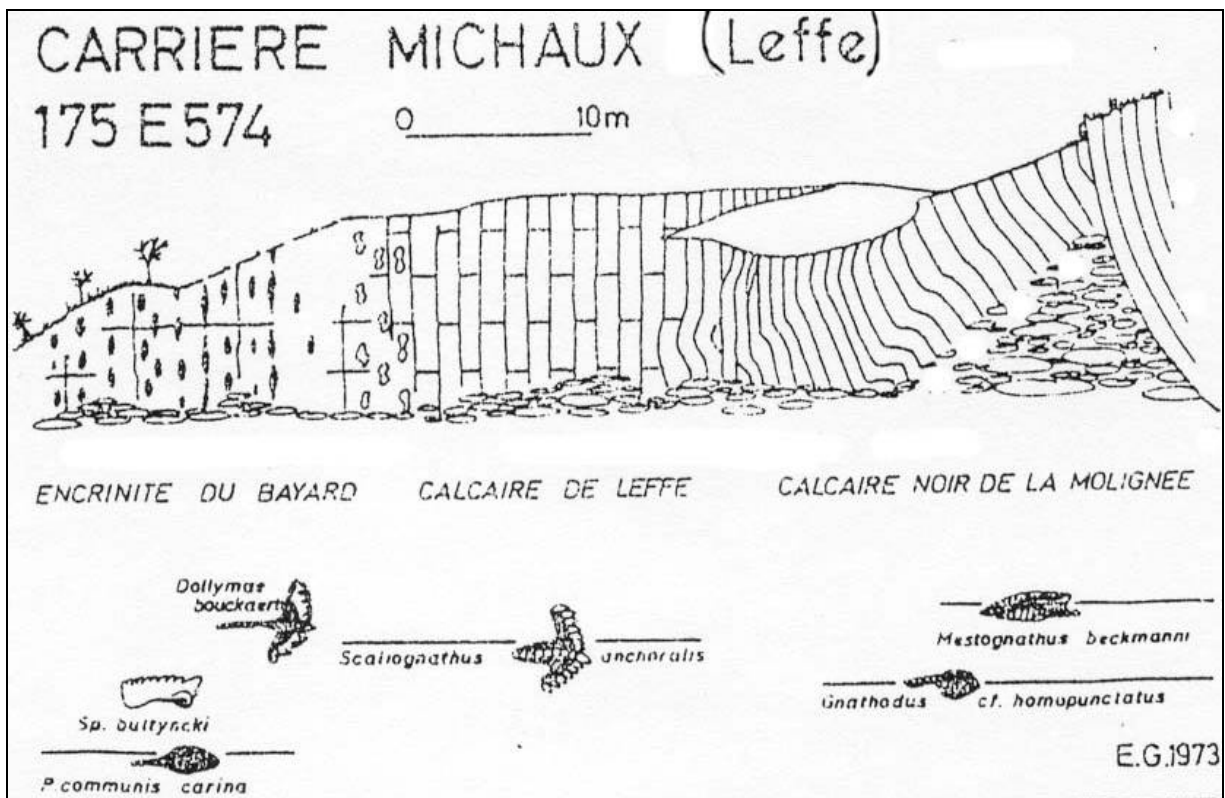


Fig. 169: Schets van de banken uit de groeve Michaux (GROESSENS, 1974).

**175 E 1450: Carrière**

In deze groeve vinden we regelmatige banken van grijze crinoïdhoudende kalksteen met zwarte chert, behoren tot de Formatie van Bayard. De groeve is gelegen langs de noordelijke helling van de baan Dinant-Neufchâteau, ten westen van de “Pont de Pierre”.

**175 E 1485: Carrière (fig. 170)**

Ten oosten van de Rocher Bayard en ten westen van de vallei van de “Fonds de Sorinnes”, in Dinant, ligt een groeve waar men vroeger de Crinoïdenkalksteen van Bayard uitbaatte.

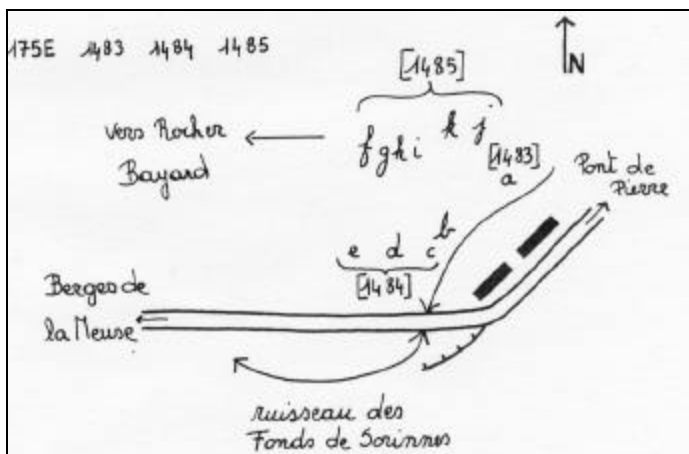


Fig. 170: Lokalisatie van de groeve 175 E 1485.

**175 E 1566: Carrière (fig. 171)**

Deze kleine exploitatieplaats van de Kalksteen van Landelies ligt in "Bois de Noir Spinet" in Dréhance. De grijze kalksteen bevat er veel grote crinoïden.

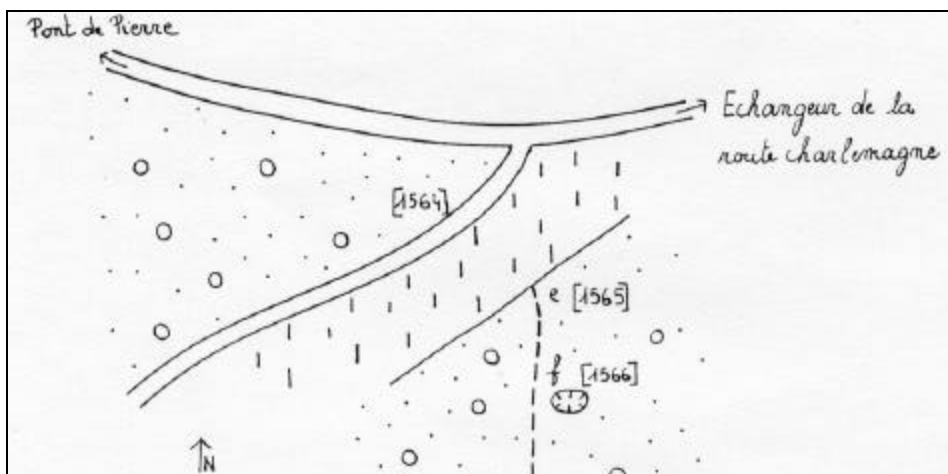


Fig. 171: Lokalisatie van de groeve 175 E 1566.

**175 E 1627: Carrière (fig. 165)**

Deze grote groeve is gesitueerd aan de rechter oever van de Lesse, tussen Tienne Hubaille en Plain des Forges, ten zuiden van de laatste huizen langs de baan die leidt naar Walzin. De groeve is verschillende meters hoog en bestaat uit grijze, zeer crinoïdrijke kalksteen behorend tot de Formatie van Bayard.

**175 E 1632: Carrière (fig. 172)**

Aan de Avenue Général Hodge (de baan van Beauraing) in Anseremme, ligt er een oude groeve achter een klein kapelletje. Hier baatte men de Kalksteen van Landelies uit.

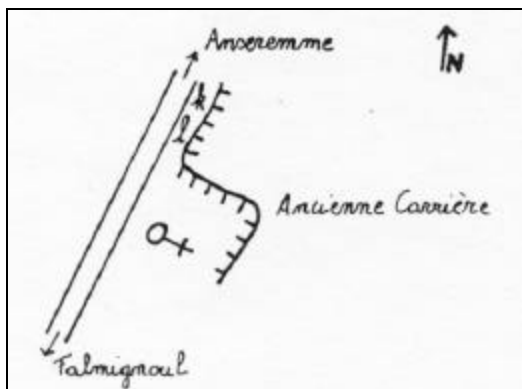


Fig. 172: Lokalisatie van de groeve 175 E 1632.



**175 E 1649: Carrière**

In de Synclinale van Freyr, in Anseremme, ligt een groeve waar men de Kalksteen van Landelies uitbaatte.

**175 E 1847: Carrière**

Deze kleine groeve in Celles is gelegen op de noordwestelijke helling van de weg Hulsonniaux-Vêves, op 400 m ten noorden van de weg naar “le Ry des Forges”. In deze groeve vindt men crinoïdhoudende kalksteen in subvertikale banken die grijs tot grijsbruin van kleur zijn en behoren tot de Formatie van Bayard.

**175 E 1850: Carrière**

In deze oude groeve werd de Formatie van Bayard uitgebaat. De groeve lag op de westelijke flank van de ravijn van Hubermont in Celles.

**175 E 1851: Carrière**

In deze oude groeve, gelegen ten zuiden van het bos van Hubermont op 300 m ten oosten van de baan die Vêves verbindt met Furfooz, werd de Kalksteen van Landelies uitgebaat.

**175 E 1853: Carrière**

Deze kleine groeve, gelegen langs de oostelijke flank van de weg die Vêves verbindt met Furfooz en op 90 m ten noorden van de zuidelijke grens van het bos van Hubermont (Celles), baatte ooit de kalksteen van Landelies uit.

**175 E 1856: Carrière (fig. 166)**

Langs de noordelijke zijde van “bois du Château”, in de gemeente Celles (Houyet) vond men een groeve waar de Crinoïdenkalksteen van Bayard werd uitgebaat.

**175 E 1875: Carrière (fig. 166)**

Een kleine uitbating aan de oostelijke rand van de weg, die het Nationale Park van Furfooz doorkruist, met richting van “Bar à Raoul”. Men moet hier in de Crinoïdenkalksteen van Bayard zitten of in de Kalksteen van Landelies.

**175 E 1972: Carrière**

De oude groeve is gesitueerd op 50 m ten zuiden van het waterreservoir van Dréhance, ten oosten van het dorp in het bos ten zuiden van de weg die zorgt voor de verbinding naar Charlemagne. In de groeve vinden we een grijze gestratificeerde kalksteen, die zeer rijk aan crinoïden is en waarbij de polariteit waarschijnlijk omgekeerd is. De kalksteen behoort tot de Formatie van Bayard.

**175 E 2002: Carrière (fig. 166)**

We vinden hier oude kleine uitbatingen van de Kalksteen van Landelies, in de buurt van het Kerkhof van Anseremme-Dréhance.

**175 E 2005: Carrière**

Op de noordelijke helling van de vallei van de Lesse tussen de baan naar het kerkhof van Anseremme-Dréhance en het Kruis van Bonhom ligt een groeve waar de Kalksteen van Landelies werd uitgebaat.

**175 E 2011: Carrière**

Op de oostelijke helling van de Vallei van de Lesse vindt men een grote groeve ten zuiden van de laatste huizen van Anseremme. In de groeve werd de Crinoïdenkalksteen van Bayard uitgebaat.

**175 E 2055: Carrière**

In deze kleine groeve, gelegen langs de rand van het Park van het Kasteel van Pont-à-Lesse, vindt men grijze, crinoïdenkalksteen in onregelmatige banken, behorend tot de Kalksteen van Landelies.

**Geologische kaart 176 W (topografische kaart 54/5): Achêne**

Systeem	Etage	Formatie	Beschrijving	
Carboon	Ivoriaan	<b>Molignée (MOL) Tn3c</b>	Deze formatie bestaat hier uit zwarte kalksteen met kleine resten crinoïden, met of zonder zwarte chert. De dikte ervan wisselt sterk en is functier van de positie van het rif. De kalksteen wordt verkocht als “Marbre noir de Sorinnes”	
		<b>Leffe (LEF) Tn3c</b>	De naam van deze formatie is afkomstig van het gehucht Leffe, ten noorden van Dinant. De Formatie van Leffe bestaat uit grijze kalksteen die soms gedolomitiseerd is en kleine resten van crinoïden bevat, met of zonder chert. De dikte van de formatie wisselt sterk en bedraagt in Conneux 25 tot 80 m. De steen wordt ontgonnen als bouwmetaal.	
		<b>Waulsort (WAU) Tn3b-c</b>	De Formatie van Waulsort, een biohermaal faciës, is opgebouwd uit een lensvormige kalksteen, soms met een diffuse stratificatie, en een diagenetische dolomiet. Men neemt er meerdere types lithologieën in waar, waaronder een faciës met “veines bleues”, vaak rijk aan macroscopische fossielen (fenestellen, brachiopoden, crinoïden). Er kunnen zeer talrijke aders in aanwezig zijn; bestaande uit een sparietement. Verder vinden we ook nog een crinoïdfaciës en een fijn biomicriet faciës dat opgebouwd is uit een grijze, heldere kalksteen die sterk homogeen overkomt en toch soms vaag gelaagd en ontwikkeld in het bovenste gedeelte van de rif. De massieve kalksteen van deze formatie heeft ooit het reliëf van de zeebodem gevormd. Haar dikte sterk varieert sterk (0->300 m) en is afhankelijk van de ontwikkeling en de situatie van het rif.	
		<b>Bayard (BAY) Tn3a-b</b>	Deze formatie bestaat uit een lokaal gedolomitiseerde grijze kalksteen, zeer rijk aan crinoïden en soms wat zwarte chert. Haar dikte bedraagt 15 tot 40 m. De formatie werd ontgonnen als hardsteen in een reeks diepe groeven in de streek van Achêne, in Celles en vooral tussen Conjoux en Conneux..	
	Hastariaan	<b>Maurenne (MAU) Tn2c</b>	Deze formatie is 15 tot 25 m dik en bestaat uit kalkschalies en sterk kleihoudende grijze kalksteen, met banken gevuld met resten van brachiopoden, koralen en kleine crinoïden. Lokaal vinden we een intense schistositeit.	
		<b>Landelies (LAN) Tn2b</b>	Deze formatie is 35 tot 40 m dik en opgebouwd uit een grijze tot zwartkleurige kleihoudende, crinoïdrijke kalksteen met grote solitaire koralen. Ze formatie is onregelmatig gelaagd, voornamelijk in haar bovenste deelt. Men vindt er lagen terug, rijk aan resten van een macrofauna, o.a. koraal (Siphonophyllia sp.) en brachiopoden. Aan de basis van de formatie is de kalksteen beter gelaagd, door af en toe kalkschalieintercalaties. Deze formatie werd vaak ontgonnen voor de productie van kalk en als bouwmetaal.	
		<b>Pont d’Arcole (PDA) Tn2a</b>	Deze formatie bestaat essentieel uit goed splijtbare, bruingroene schalies met een oxydatiepatine van bruine oker. Ze bevat aan de top enkele banken met crinoïdenkalksteen. In de schalies vint men lagen rijk aan gedecalificeerde bioclastica. Men vindt er fenestellen, crinoïden en brachiopoden (Spiriferina peracuta) in terug. De formatie is hier maximum 15 m dik.	
		<b>Hastiëre (HAS) Tn1b</b>	Deze formatie bestaat uit een bioclastische kalksteen, die soms kleihoudend en een beetje nodulair is. De dikkere banken met brachiopoden, crinoïden en grote solitaire koralen zijn geïnterstratificeerd met dunne kleihoudende banken. De formatie is ongeveer 30 m in Custinne, een dikte die licht afneemt naar het oosten. We vinden in dit gebied weinig ontsluitingen. Men onderscheidt een crinoïdenkalksteen met schisteuse lagen en kalkschalies, verdeeld in drie eenheden: a: Gelaagde crinoïdenkalksteen, afgewisseld met kalkschalies met aan de basis grote banken oölieten. β: Grijze crinoïdenkalksteen in dikke banken, zeer weerstandbiedend, met fijne crinoïdfragmenten. ?: Afwisseling van grijze schisteuse kalksteen en van crinoïden kalksteen in banken van een 10-tal cm.	

Tabel 61: Bespreking van de formaties naar de legende bij de geologische kaart 176 W.

De ligging van de verschillende groeven, op dit kaartblad teruggevonden, is aangeduid op een deel van de topografische kaart (fig. 173), waarvan de legende in tabel 61 werd weergegeven. We merken op dat in Achêne veel oude, kleine groeven waren, waarover geen verdere gegevens werden teruggevonden.

### **176 W 45: Carrière (fig. 173)**

Deze groeve werd door CONIL, samen met MAURICE LYS en EVA PAPROTH in 1964 bestudeerd. Ze is gelegen op 1,5 km ten westen van de toren van Custinnes. Daar vond men een goede coupe langs de kant van de weg van Celles in Barvaux, dichtbij de brug van Ywoignes.

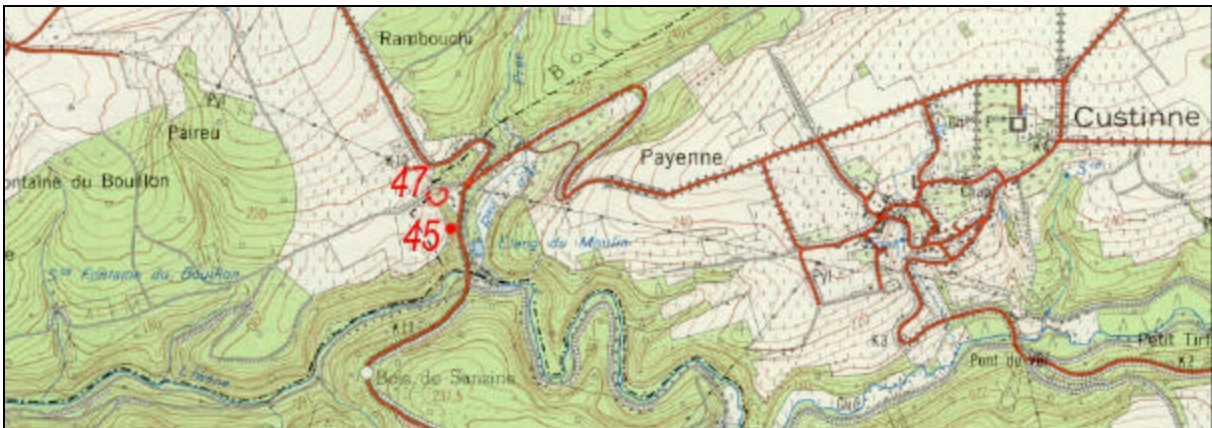
Beschrijving coupe (van basis naar top):

- 50 m: zandsteen, die min of meer kleihoudend was, met resten kalksteen. Fm2
- 40 m: zandsteen, die min of meer kleihoudend was, met resten kalksteen. Verschillende schalielaagjes en tevens enkele kalksteenbanken. Fm2-Tn1a
- 16 m: dit deel komt overeen met de schalies geobserveerd in Hastière aan de basis van het Struniaan. Tn1a
- 42 m: kleihoudende zandsteen met resten kalksteen aan de basis en aan de top.

Het midden van deze formatie werd in een kleine groeve uitgebaat. Ze bevond zich op de koer van een oude boerderij en ontgon er de top van het Struniaan en de Kalksteen van Hastière. De grote bank van de basis van het Tn1b ligt links van de ingang van de groeve.

### **176 W 47: Carrière (fig. 173)**

We vinden hier een crinoïdenkalksteen van het Onder-Tournaisiaan. De groeve was eigendom was van J. Didion en werd uitgebaat voor de bouwwerken van de Koning. Met deze steen heeft men onder andere het Kasteel van Noisy gebouwd. De gefossiliseerde blauwe hardsteen komt er voor in subvertikale banken, 0,5° S hellend.



**Fig. 173: Lokalisatie van de groeven op kaart 54/5.**

## Geologische kaart 176 E (topografische kaart 54/6): Leignon

De ligging van de verschillende groeven, op dit kaartblad teruggevonden, is aangeduid op delen van de topografische kaart (fig. 175), waarvan de legende in tabel 61 werd weergegeven.

### 176 E 2: Carrière Haulot (fig. 175)

Deze groeve, gelegen in Leignon, ligt 200 m van het station van Leignon, langs de weg van Leignon naar Corbion. Deze groeve werd door MAROTE in 1923 in detail beschreven (tabel 62). De banken 1 tot en met 8 bevatten een matgrijze kalksteen met rechte breuken en een korrelige textuur met calcietaders. Bank 9 is een schisteuse bank van 0,40 cm, waarvan de onderste helft uit een zeer matte kalksteen bestaat. De banken 10 tot 21 bestaan uit een grijsblauwe kalksteen met rechte breuken en een korrelige textuur

Nr. bank	Dikte bank in m	Nr. bank	Dikte bank in m	Nr. bank	Dikte bank in m
1	3,00	11	0,60	21	1,30
2	4,00	12	0,75	22	0,35
3	1,10	13	0,90	23	0,15
4	2,00	14	0,60	24	0,25
5	1,10	15	0,60	25	0,35
6	1,00	16	0,50	26	0,30
7	2,50	17	0,65	27	0,30
8	1,00	18	0,60	28	0,40
9	0,40	19	0,80		
10	1,00	20	0,70		

Tabel 62: Dikte van de banken in groeve Haulot (MAROTE, 1923).

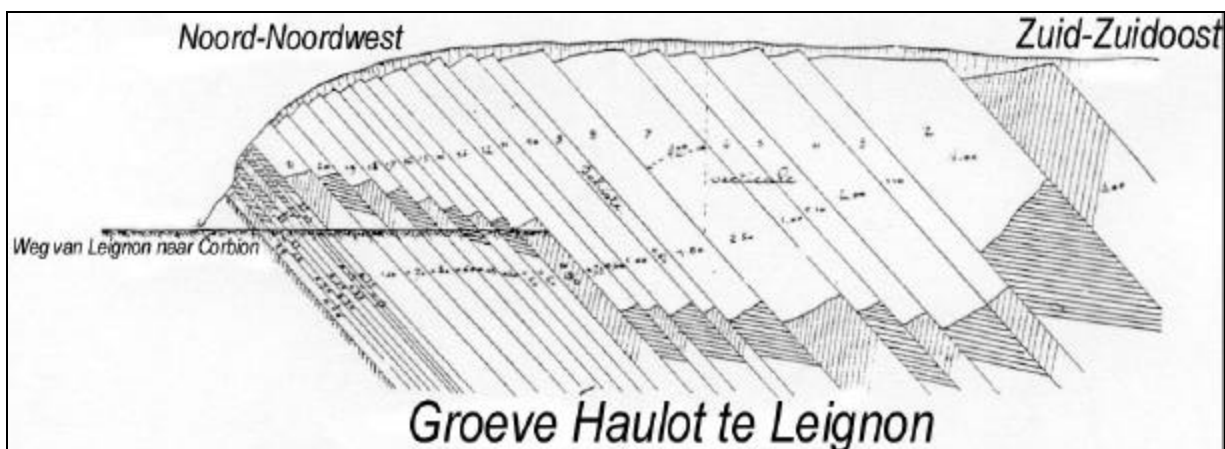


Fig. 174: Schets van de groeve Haulot (MAROTE, 1923).

### 176 E 461: Carrière (fig. 175)

In deze kleine groeve, gelegen langs de weg van Leignon naar Ichippe, vindt men een afwisseling van blauwe kalksteen en schalies behorend tot de Kalksteen van Hastière (Tn1b), waarvan de lagen een strekking bezitten van 66° E en subverticaal hellen.

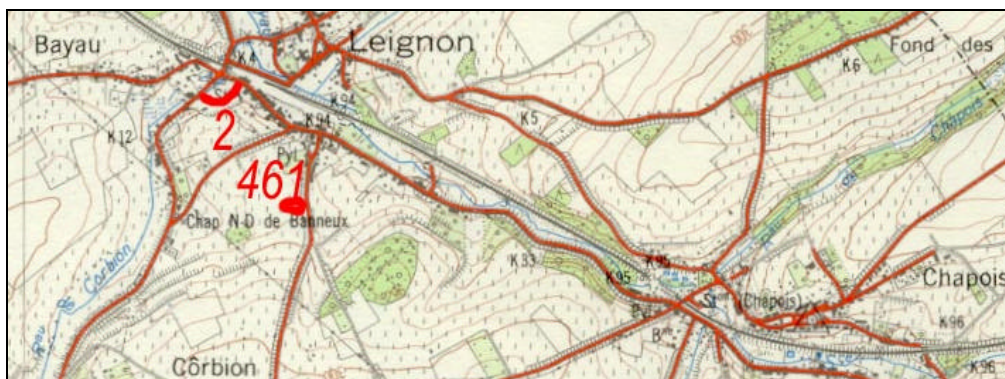


Fig. 175: Lokalisatie van de groeven op kaart 54/6.



## Carrière de la région Wallone

Oorspronkelijk heette deze groeve "carrière de Gore", maar later werd ze ook nog "carrière de l'Etat" genoemd (foto 74). We bezochten deze groeve, gelegen langs de Samber te Sclayn, omdat er geruchten waren dat er blauwe hardsteen werd uitgebaat. Bij nader onderzoek bleek dit niet juist. In deze groeve wordt immers in de kalksteen van de Formatie van Lives (V2b, 60-70 m) ontgonnen. Deze kalksteen, die uit ritmische, zeer regelmatige lagen is opgebouwd, heeft een grote geografische verspreiding. Het onderste deel van de lagen (V2b $\beta$ ), 6 tot 8 m dik, wordt hier als hardsteen ontgonnen. De lagen hebben een strekking van N 50° E en een gemiddelde helling van 15° S. De helling van de lagen verschilt van plaats tot plaats. De groeve bevindt zich in het oostelijk deel van de zuidflank van de Anticlinale van Marche-les-Dames, aan de noordrand van het Synclinorium van Namen. Deze licht golvende flank rust in het noordoosten schuin tegen de Breuk van Landenne, welke WSW-ENE georiënteerd is en contact geeft met het Siluur. In het zuiden wordt ze begrensd door het Namuriaan. We hebben de lagen uit de groeve opgemeten en vergeleken met de gegevens waarover de groeve beschikte (tabel 63).



Foto 74: De Carrière de la région Wallone in de zomer van 2000 (foto V. CNUDE).

Het gesteente uit deze groeve is geen blauwe hardsteen, daar het niet tot het Tournaisiaan behoort en bijna geen crinoïden bevat, maar wel koralen, foraminiferen, dasycladaceën en brachiopoden (foto 75). De gezaagde blokken lijken qua kleur sterk op die van de blauwe hardsteen, waarvoor hij vaak als vervangingsmateriaal dient. Deze groeve kan dan ook enkel als blauwe steen worden gehomologeerd, maar niet als "Arduin – Belgische blauwe hardsteen". Boven de Kalksteen van Lives ligt het Boven-Viseaan met o.a. de zogenaamde Petit-Granit van Thon-Samson (V3b). Volgens CONIL, MORTELMANS en PIRLET (1971) worden deze banken uitgebaat onder de naam "Bleu belge". Dit zorgt wel voor verwarring. De "Belgische blauwe steen" is dus afkomstig van het Boven-Viseaan, terwijl de "Belgische blauwe hardsteen" afkomstig is van het Tournaisiaan. In de groeve van het Waals Gewest hebben we te maken met een kalksteen die ouder is dan de Petit-Granit van Thon-Samson (V3b), dus niet met de "Bleu belge".

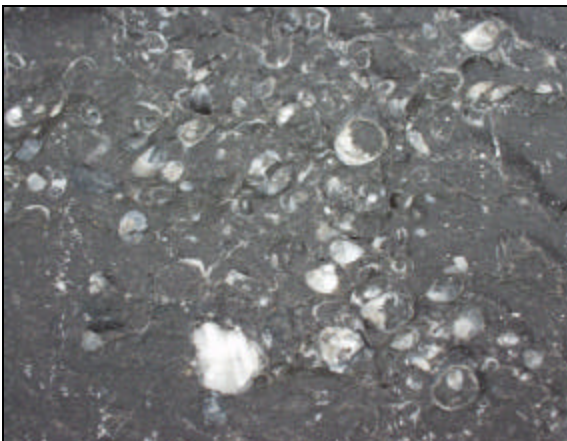


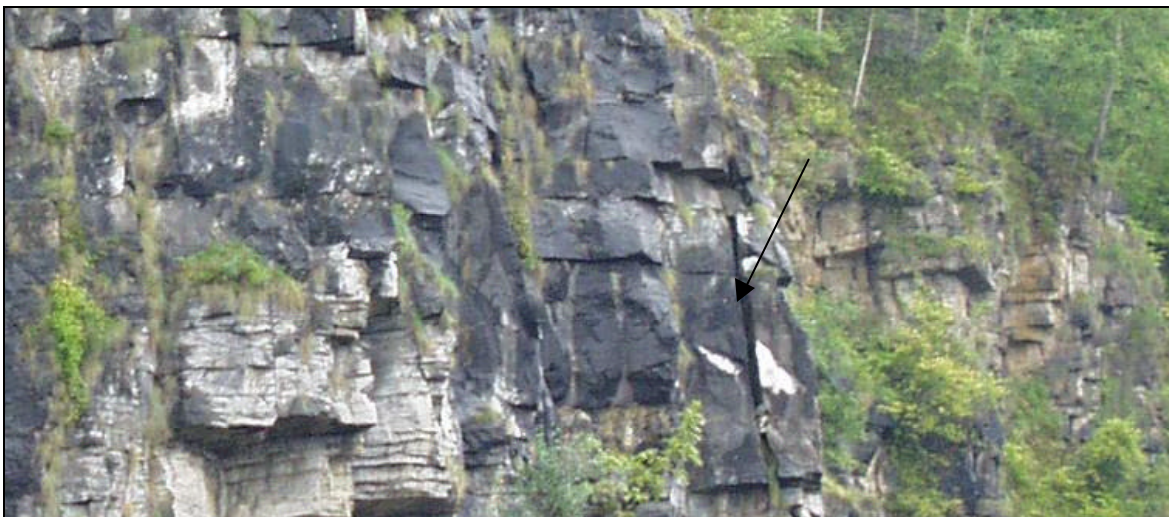
Foto 75: Detail van de fossielen zichtbaar in de steen (foto's V. CNUDE).

Dikte in m	Naam van de laag	Beschrijving	Opmerkingen	Dikte van de lagen (V. Cnudde in 2000)
8,00	Coumayes	Gedolomitiseerd, bruin van kleur, hard.	Slecht van kwaliteit	
1,00	Blanc banc	Verweerde heldere laag	Slecht van kwaliteit	1,00 m
0,30	Banc des corneilles		Slecht van kwaliteit	0,40 m
1,90	Gros blanc banc		Slecht van kwaliteit	1,70 m
0,80	Bleu banc		Slecht van kwaliteit	5,04 m
0,60	Rache		Slecht van kwaliteit	
0,20			Slecht van kwaliteit	
3,50	Tinrass	Kompacte kalksteen, soms met klei en een bleke schijn, kan fossielen bevatten	Slecht van kwaliteit	
0,25	Petit banc		Slecht van kwaliteit	4,78 m
0,60	Banc des mollettes		Slecht van kwaliteit	
0,80	Tatchus	Bevat witte vlekken, vooral te wijten aan fossielen (o.a. Lithostrotion, een poliep)	Tatchus is Waalse voor "tache" (vlek). Slecht van kwaliteit	
1,00	Banc aux clous	Zeer harde bank van goede kwaliteit, bevat chertnodule	De bovenste lagen zijn slecht, door de vroegere ontginning met dynamiet, voor productie van "moellons", waardoor de lagen gebarsten zijn..	
0,70	Pouyus			
1,00	Tinrass	Kompacte kalksteen, soms met klei en een bleke schijn, kan fossielen bevatten		
2,70	Banc de neuf pieds			2,40 m
0,60	Mouton	Zeer hard, verslijt snel de zagen		0,65 m (0,30 m +0,35 m)
6,00	Tinrass	Kompacte kalksteen, soms met klei en een bleke schijn, kan fossielen bevatten		<u>Totale dikte: 6,00 m</u> 0,40 m 0,30 m 0,25 m 0,65 m 0,25 m 0,15 m 0,75 m 0,45 m 0,35 m 0,70 m 0,20 m 0,10 m 0,50 m 0,15 m 0,20 m 0,30 m 0,30 m
	Minage	Dit is een laagje aarde		
3,40	Tinrass	Kompacte kalksteen, soms met klei en een bleke schijn, kan fossielen bevatten		<u>Totale dikte: 3,55 m</u> 0,10 m 0,40 m 0,80 m 1,60 m 0,20 m 0,10 m 0,35 m
0,65	Jaune banc			<u>Totale dikte: 0,55 m</u> 0,15 m+0,13 m+0,27 m
0,85	Petit chat			<u>Totale dikte: 0,90 m</u> 0,45 m+0,40 m+0,05 m
0,85	Gros chat			<u>Totale dikte: 0,60 m</u> 0,20 m+0,25 m+ 0,05 m+0,10 m
1,05	Via de biche			<u>Totale dikte: 1,25 m</u> 0,45 m+0,15 m+ 0,35 m+0,30 m
1,10	Banc des morts	Korrelige kalksteen	Typisch gebruikt als grafsteen	1,75 m (0,35 m+1,40 m)
0,40	Bon banc			1,65 m
1,05	Banc de trois pieds			
2,05	Banc de sept pieds			2,00 m (0,75 m+1,25 m)

0,65	Banc de deux pieds sous sept pieds			0,60 m
0,50	Banc de douze pouces			2,90m (1,80 m+1,10 m)
0,45	Fort banc			
0,30	Banc de cinq quarts			
0,10				
0,20	Minces bancs			
0,60	Banc de deux pieds de dessous			
0,75	Savonnettes			
2,10	Tinrass	Kompacte kalksteen, soms met klei en een bleke schijn, kan fossielen bevatten		<u>Totale dikte: 2,20 m</u> 0,40 m 0,20 m 0,40 m 0,20 m 0,65 m 0,35 m
1,70	Tinrass	Kompacte kalksteen, soms met klei en een bleke schijn, kan fossielen bevatten	Vanaf deze laag tot aan de dolomiet, worden de lagen ontgonnen	<u>Totale dikte: 1,65 m</u> 0,10 m 1,05 m 0,10 m 0,10 m 0,30 m
0,60	Banc de 0,60			0,65 m,
0,90	Banc de 0,90			1,85 m
0,90	Tinrass	Kompacte kalksteen, soms met klei en een bleke schijn, kan fossielen bevatten		0,20 m 1,65 m
0,30	Banc graniteux			
0,40	Banc graniteux			
3,80	Tinrass	Kompacte kalksteen, soms met klei en een bleke schijn, kan fossielen bevatten		
0,30	Tinrass			
0,70	Tinrass			
0,50	Tinrass			
0,50	Tinrass			
0,40	Tinrasse			
1,30	Tinrass			
1,70	Tinrass			
	dolomiet			

**Tabel 63: Beschrijving van de lagen uit de Carrière de la région Wallone.**

De Banc aux clous is van op afstand te herkennen aan de grote, witte vlekken.



**Foto 76: Banc aux clous (foto V. CNUDE).**

# HOOFDSTUK 4. Afwerkingen en behouwingen

## 4.1 Inleiding

De bewerkingen van blauwe hardsteen kan men technologisch indelen in vormbewerkingen met zaag- en kloofmachine en in oppervlaktebewerkingen. De oppervlaktebewerkingen zijn in te delen in behouwingen (Frans: tailles) en afwerkingen (Frans: finitions). De kunst van het verschillend behouwen, waardoor mooi gestructureerde vlakken bekomen worden, is gegroeid uit de eeuwenoude vakkennis van de steenhouwers (WTCB, 1997). CAMERMAN (1961) beschreef onder meer de oude behouwingswerktuigen (fig. 176).

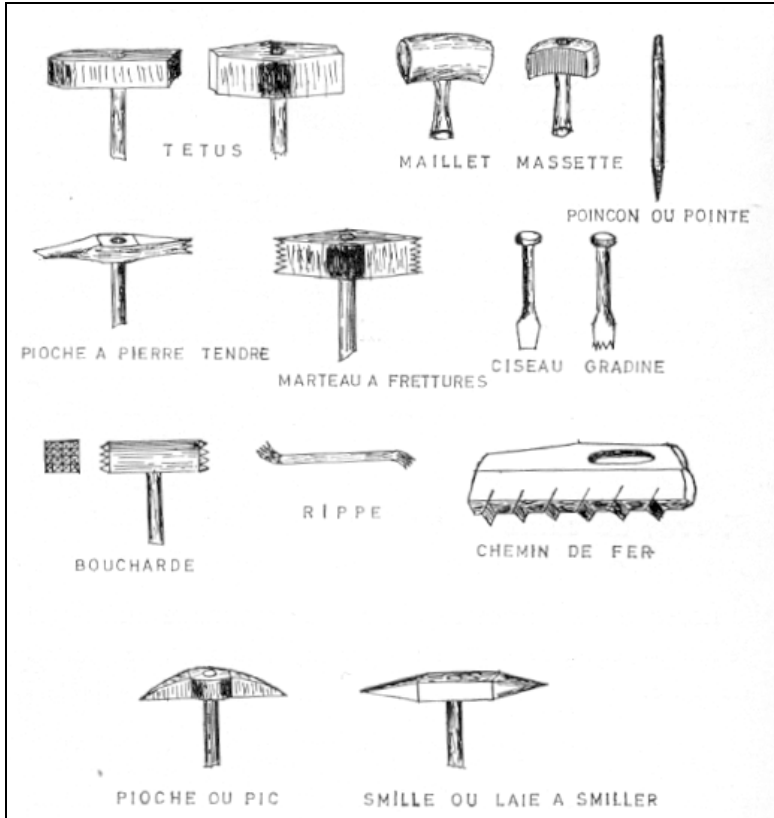


Fig. 176: Oude werktuigen van de steenhouwers (CAMERMAN, 1961).

Bij het kiezen van een bepaalde afwerking, zal men zich niet altijd door het esthetische aspect laten leiden, maar ook door de toepassing of functie van het afgewerkt product.



Foto 77: Steenhouwer te Soignies (in « La pierre et la rue » van het Ministère de la Région wallonne).



## 4.2 Behouwingen en afwerkingen (WTCB, 1997)

### 4.2.1 Gekloofd (Frans: clivé) of ruw gekloofd

Bij deze bewerking, die zowel manueel als mechanisch kan gebeuren, verkrijgt men breuksteen (foto 77). Mechanisch kloven (klieven) gebeurt met de splijtmachine, welke een hydraulische pers is, uitgerust met een mes dat vooraf gezaagde kubussen van steen in tweeën splijt. Hiermee worden goedkope steenplaten verkregen van 5 tot 20 cm dikte. Het aldus bekomen splijtvlak noemt men gekloofd. Een gekloofde afwerking geeft een erg onregelmatig oppervlak en kan een vrij hoog reliëf hebben. Bulten, putten en kuilen worden willekeurig aangebracht, waarbij de dikte kan verschillen. Manueel kloven gebeurt met platte kiel ("brichauts"). De kleur van een gekloofd oppervlak is donkergrijs met willekeurig lichtere vlekken met crinoiden, waarbij de calciëtkristallen voor kleurverschillen kunnen zorgen.

Variëteit: korsten.

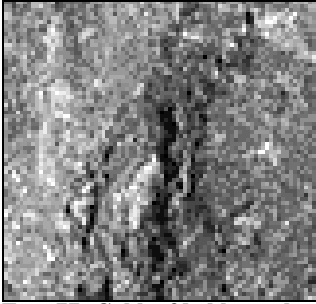


Foto 77: Gekloofde blauwe hardsteen van de Carrière Jullien.

### 4.2.2 Gezaagd (Frans: scié) of ruw gezaagd

Het is de toestand aan het oppervlak, van een steen die machinaal gezaagd werd met een raamzaag, een schroefdraad of een diamantdraad, als het gaat om omvangrijke elementen (steenblokken na ontginning) (foto 78). Kleinere elementen zaagt men gewoonlijk met een diamanten schijfblad op een cirkelzaag.

Het steenoppervlak vertoont de typische zaagsneden (naargelang van het type zaagblad): kleine golvingen of onderbrekingen van enkele tienden van een mm diep. Deze streepjes lopen evenwijdig met elkaar, volgens de richting van de zaag of door de draad. Bij een schijfblad zijn de sporen evenwijdig, maar ook cirkelvormig. Bij zagen is het noodzakelijk dat de zaagvlakken goed worden schoongemaakt om de roestaanslag van het zagen te verwijderen.

De kleur van de gezaagde blauwe hardsteen is lichtgrijs met kleine nuances, afhankelijk van het oppervlak.



Foto 78: Gezaagde blauwe hardsteen.

### 4.2.3 Gebikt (Frans: sbattu) of smillé

De manueel verkregen behouwing gebeurt met de puntbeitel op een gezaagd of gekloofd vlak.

Het mechanisch bikken wordt uitsluitend uitgevoerd op grote, gezaagde oppervlakken door middel van een werktuig voorzien van 1 tot 4 tanden of bladen van wolframcarbide. Dit werktuig wordt gemonteerd op een mechanische hamer waarvan de werkingskracht kan variëren. Het op maat zagen van de afgewerkte producten gebeurt pas na het behouwen.

Het uitzicht van de gebikte steen kan worden beschreven als talrijke korte, geïsoleerde, min of meer evenwijdige spootjes (1 tot 5 mm breed, 5 tot 25 mm lang, 2 tot 7 mm diep), schuin of evenwijdig met de randen (ca. 45 tot 60°), gescheiden door uitgesproken breuksporen (foto 79). Afhankelijk van het aantal slagen (tussenafstand 5 tot 20 mm bij manuele behouwing en 1,5 tot 7 mm voor mechanische behouwing) wordt een oppervlak grof of fijn gebikt. Het aspect van het manueel gebikt oppervlak is ruwer en het aantal slagen is kleiner en onregelmatig. Het

mechanisch fijn gebikt oppervlak lijkt nogal veel (qua uitvoering en aspect) op de mechanische oude frijnslag. Gebikte blauwe hardsteen heeft een donkergrijze achtergrond met witachtige sporen van slagen. Als variëteiten heeft men grof en fijn gebikt.

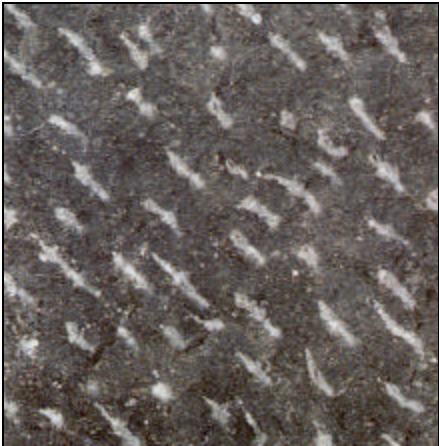


Foto 79: Manueel gebikte blauwe hardsteen.

#### 4.2.4 Manueel geribd (Frans: sfié) of met de pin gehouwen of gegroefd

Deze behouwing wordt manueel uitgevoerd met een puntbeitel (of een pin) op een meestal gekloofd vlak. Het bewerkte vlak vertoont ononderbroken, tamelijk evenwijdige groeven (1 tot 5 mm breed, 2 tot 7 mm diep), met tussenafstanden van 15 tot 30 mm, schuin ten opzichte van de randen (ca. 45 tot 60°). Tussen de groeven ziet men duidelijke schilfers. Het Franse broché staat voor een zeer grof geribde manuele uitvoering met een houweel, waarbij de groeven (5 tot 10 mm breed, 15 tot 20 mm diep, met tussenafstanden van 4 tot 8 cm). In ruitvorm geribd wordt verkregen door 2 geribde behouwingen min of meer verticaal op elkaar uit te voeren. Geribde steen vertoont bij blauwe hardsteen een donkergrijze achtergrond met witachtige strepen. Variëteiten: in ruitvorm gegroefd, in vierkant opgesteld.

#### 4.2.5 Manueel gehamerd of gebouchardeerd (Frans : bouchardé manuel) of met de hand gepunthamerd

Manueel gebouchardeerd wordt verkregen met behulp van de bouchardeer- of tandhamer. Deze hamer is voorzien van 1 of 2 stalen verwisselbare kopvlakken ('plaatjes'). Elk kopvlak is bezet met piramidale, in dambord opgestelde punten, ("diamantpunten"). De bouchardeerhamer wist letterlijk alle sporen uit van de vorige bewerkingen (bv. zaagsporen). De verticaal toegebrachte slagen doen vierkanten ontstaan, die elkaar lichtjes overlappen en min of meer bepaalde lijnen volgen. Deze lijnen lopen ongeveer gelijk met de randen, of buigen licht af. De afstand tussen de talrijke putjes (1 tot 3 mm breed en diep) hangt af van het aantal tanden van de hamer. Een onderscheid wordt gemaakt tussen manueel grof gebouchardeerd (16 tot 36 tanden) en fijn gebouchardeerd (49 tot 64 tanden). Er bestaan ook bouchardeerhamers met 100 en met 400 tanden, die men vooral voor zachtere gesteenten gebruikt. Bij blauwe hardsteen is de algemene tint lichtgrijs (witachtige punten op een donkere achtergrond). Variëteiten: grof of fijn gehamerd.

#### 4.2.6 Mechanisch gehamerd, gepunthamerd of gebouchardeerd (Frans : bouchardé mécanique)

Bij het mechanisch boucharderen gebruikt men een luchtdrukhamer of een hydraulische hamer voorzien van een bouchardeerkop. Het werk gaat ononderbroken door, en grote gezaagde vlakken worden behandeld. Pas daarna worden de stenen tot de gewenste maat herleid. Aldus kan men aan de afgewerkte stukken merken of het bouchardeerwerk vóór het zagen of na het zagen is uitgevoerd.

De structuur van een gebouchardeerde steen bestaat uit een dicht oppervlaktepatroon of onregelmatige ronde punten tussen 1 en 3 mm groot en diep. Het donkere ruwe kalksteenoppervlak kan bewerkt worden met andere groottes, afhankelijk van de kracht die uitgeoefend wordt op de hamer en van de dichtheid van het patroon.

Men past deze mechanische hamering vaak toe bij gevelbekledingen voor binnen en buiten, bevloeringen en tegels die zo een anti-slip oppervlak krijgen. Deze afwerking wordt ook gebruikt als anti-sliplaag voor trapranden, gezaagde, geslepen, gezoete of gepolijste oppervlakken.

Het uitzicht van het bewerkte vlak varieert met de grootte van de hamer (meestal 3,5 x 3,5 cm), het aantal punten op de hamer (8 en 16 voor grof en 25 voor fijn gebouchardeerd) en de kracht van de slagen. De afstand tussen de talrijke putjes (1 tot 3 mm breed en diep) hangt af van de tussenafstand der tanden. De sporen worden regelmatig verspreid over het hele vlak (foto 80).

Bij blauwe hardsteen is het geheel zeer licht-grijs (fijn gebouchardeerd) of donkergrijs (grof gebouchardeerd) met witachtige punten. Als variëteiten heeft men hier grof of fijn gebouchardeerd.

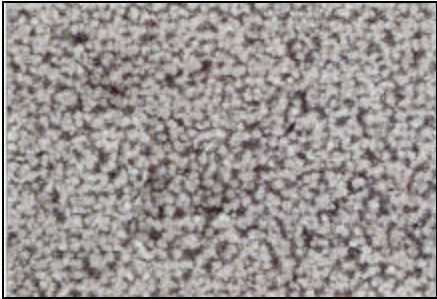


Foto 80: Mechanisch gehamerde blauwe hardsteen (links), bouchardeerhamers (rechts).

#### 4.2.7 Mechanisch gegroefd, met de grendel behouwen of sclypé (Frans: sclypé)

Sclypé wordt enkel machinaal uitgevoerd met een mechanische grendel (vaste frees), rechtstreeks op grote gezaagde vlakken die nadien op maat worden herleid. Een sclypé-oppervlak heeft fijne, gelijklopende groefjes in V-vorm (1 tot 5 mm diep). Tussen de groefjes (10 tot 20 per dm) vertoont het materiaal ruwe schilfers. Bepaalde producenten bieden standaard 12 groefjes per dm aan (foto 81).

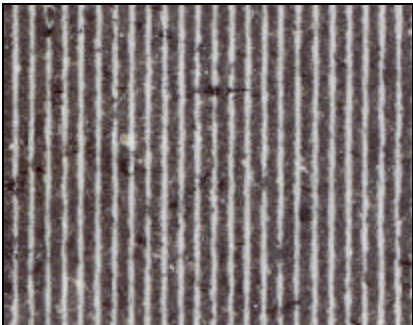


Foto 81: Gesclypeerde blauwe hardsteen

Blauwe hardsteen krijgt door deze afwerking een middelgrijze tint (door de afwisseling van de blauwgrijze groefjes op de donkergrijze achtergrond).

#### 4.2.8 Gegradeerd (Frans: gradiné)

Deze traditionele manuele behouwing was een nogal ongewone verfijningsbehouwing, die een fijnere behouwing vooraf ging. Thans wordt ze bijna steeds machinaal toegepast (met de frees op grote gezaagde en daarna op maat herleide vlakken). Het stalen gradeerijzer is een kamvormige beitel, waarbij noch de lengte der snijtanden noch de breedte vaststaan.

Als uitzicht zien we talrijke fijne evenwijdige groeven of ribbetjes in U-vorm (3 tot 7 mm breed, ca. 3 mm diep), met een tussenafstand die varieert met het gereedschap:

- manueel gegradeerd (zeldzaam) : ongeveer 10 strepen per dm
- mechanisch gegradeerd: 8, 10, 12 of 15 strepen per dm
- standaard: meestal 10 of 12 strepen per dm.

Het gegradeerd oppervlak vertoont, bij blauwe hardsteen lichtgrijze strepen die afsteken tegen de donkergrijze ruwe steen (foto 82).

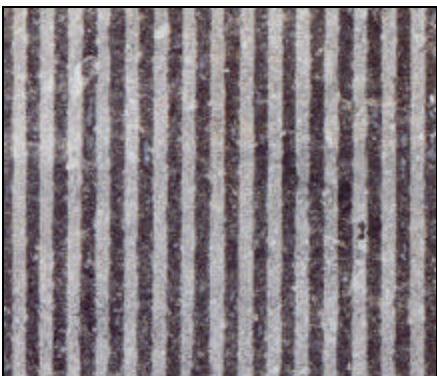


Foto 82: Gegradeerde blauwe hardsteen (links), kamvormige beitel (rechts)

#### 4.2.9 Manueel gefrijnd (Frans : ciselé manuel)

Dit is volgens het WTCB dé traditionele behouwing bij uitstek. De stalen prismatische of cilindrische frijnbeitels hebben een plat snijdend uiteinde van wolframcarbide. De breedte van het snijdend deel bedraagt 1 cm (frijnbeiteltjes) tot 5 of 8 cm (brede beitels) volgens de aard van het werk.

Het gefrijnde (geciseleerde) oppervlak vertoont talrijke groefjes (1 tot 2 mm diep) met een wat schuin, asymmetrisch profiel. Tussen de groefjes ziet men fijne strepen van brute gebarsten steen.

Deze behouwing wordt uitgevoerd op een gezaagd vlak, desgevallend na bijbewerken met de slijpsteen. Aantal slagen: 10 tot 30 per dm. De groefjes lopen meestal evenwijdig met een der kanten, soms ook schuin.

Er bestaan talrijke uitsluitend manuele varianten (vooral bij restauratie- of versieringswerken): o.a. de oude frijnslag, het visgraatslageffect en zeldzamer nog het frijnen in dambordvorm en de kathedraalslag.

De algemene kleur van het gefrijnde oppervlak van blauwe hardsteen is meestal lichtgrijs. Men heeft lichte schakeringen die het resultaat zijn van de richting van de strepen en de lichtinval.

#### 4.2.10 Mechanisch gefrijnd (Frans: ciselé mécanique)

Een "multifrees" met diamanttanden wordt loodrecht in contact gebracht met het gezaagde steenblad en geeft aan de mechanische frijnslag een eigen typisch plat profiel. De machine beweegt automatisch voorwaarts, zodat de groeven steeds evenwijdig zijn. Op die manier blijft ook de afstand tussen de groeven altijd onveranderd (10 tot 28 groeven per dm, standaard: 15 of 20 groeven per dm) (foto 83).

Soms kan deze oppervlaktebewerking een ongewenst effect hebben. Een schuine frijnslag bij een gevelbekleding kan bv. het druipwater langs de gevel een bepaalde richting geven en in dat patroon verwerings- en vervuilingssporen veroorzaken.

De algemene kleur van het mechanisch gefrijnd oppervlak bij blauwe hardsteen is meestal lichtgrijs.

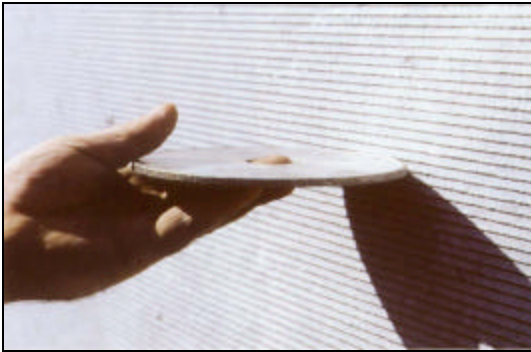


Foto 83: Gefrijnde afwerking van blauwe hardsteen.

#### 4.2.11 Manuele oude frijnslag (Frans: taille ancienne manuelle)

De manuele oude frijnslag was vroeger een verfijningsbehouwing ("afhouwing" genoemd), die werd toegepast op stenen die reeds behandeld waren door de steenhouwer. Het gaat om een frijnen waarbij het aantal toegebrachte slagen niet streng bepaald is (ca. 20 tot 30 slagen per dm). De aldus bekomen groeven zijn onderbroken en lopen evenwijdig of licht schuin met de kanten.

#### 4.2.12 Mechanische oude frijnslag (Frans: taille ancienne mécanique) of volgens oude wijze behouwen

Deze behouwing wordt uitgevoerd met behulp van een luchtbeitel. Ze is weinig verwant met de manuele oude frijnslag en lijkt veel meer op een zeer fijn gebikte behouwing (foto 84). De algemene tint van het bewerkte oppervlak bij blauwe hardsteen is lichtgrijs.

Variëteit: afgehouden.



Foto 84: Blauwe hardsteen die de mechanische oude frijnslag onderging.



#### 4.2.13 Gevlamd (Frans: flammé)

Mooie effecten worden bereikt met de gevlamde blauwe hardsteen, die vooral gebruikt wordt voor bekledingsplaten van gevels. Deze afwerking is minder geschikt voor vloertegels, omdat het dunne laagje aan het oppervlak vlug afslijt.

Het is een typische machinale afwerking waarbij men vlammen in contact brengt met een plaat gezaagde steen. Deze afwerking gebeurt vooraleer het afgewerkte product zijn definitieve afmetingen krijgt. Het 'vlammen' wordt slechts toegepast op grote vlakken. Zichtbare en bedekte zijkanten kunnen onmogelijk gevlamd worden. De vlammen laat men schuin ( $\pm 45^\circ$ ) en automatisch het hele oppervlak van de plaat bereiken. De thermische schok veroorzaakt het openbarsten van de oppervlakkige korrels, wat de specifieke textuur teweegbrengt. Deze bewerking wordt vooral op harde natuursteen toegepast.

Het aspect van het gevlamde oppervlak is bij blauwe hardsteen lichtgrijs. Van dichtbij ziet men talloze witachtige, min of meer glinsterende vlekken van onregelmatige vormen (enigszins uniform verspreid) op de middelgrijze achtergrond. Een blauwgrijs uitzicht kan worden bekomen door borstelen van het gevlamde oppervlak (foto 85).

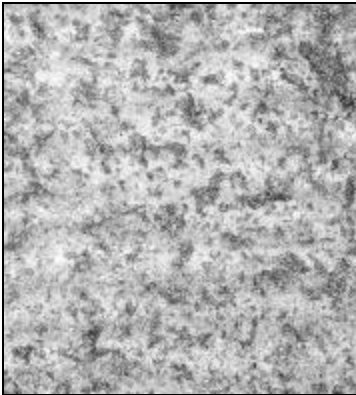


Foto 85: Gevlamde blauwe hardsteen.

#### 4.2.14 Ijsbloem (Frans: givré)

Ijsbloemen is een typische moderne behandeling van de steen-oppervlakte door mechanische bewerking. Deze afwerking gebeurt door middel van 5 beitels (elk voorzien van 4 lamellen) die rond zichzelf draaien en tegelijkertijd rondraaien op de plaat. Het bekomen ruwoppervlak heeft het uitzicht van ijsbloemen (foto 86).



Foto 86: Geijsbloemde blauwe hardsteen.

#### 4.2.15 Geschuurd (Frans: meulé) of geslepen

De geslepen blauwe hardsteen heeft een effen oppervlak, waarin bijna onzichtbare fijne cirkelvormige streepjes gesuggereerd worden. Het schuren wordt vooral toegepast bij harde natuursteen, met de bedoeling de zaagrillen te verwijderen. Deze machinale afwerking kan men droog uitvoeren met behulp van schuurmiddelen met carborundum, met diamanten of gelijkaardige schuurmiddelen of ook nog onder besproeiing met water met behulp van diamanten schuurplateaus. Voor kleine oppervlakken, lijstwerken, bogen enz. gebruikt men schuur- of slijpmachines. Voor platen gebruikt men een productielijn met schuurmachines. De fijnheid van de aangewende schuurmiddelen, met name de korrelspecificatie, wordt meestal aangeduid met behulp van de internationale FEPA- nummering (P), overeenkomstig de zeefmaas-grootte (aantal mazen per  $\text{cm}^2$ ). Hierbij stijgen deze nummers naargelang de korrels fijner worden.

Het geschuurde oppervlak is effen (zonder zaagspoor), met fijne (zichtbare tot weinig merkbare) cirkelvormige streepjes, zonder bepaalde richting (max. 0,2 mm diep, afhankelijk van de korrelgrootte van het gebruikte schuurmiddel of schuurplateau) (foto 87).

De diverse stadia van deze afwerkingen maken een breed gamma van nuances aan het oppervlak mogelijk. Bij blauwe hardsteen onderscheidt men :

- grijsgeschuurd: korrelspecificatie P. 14 tot 40
- blauwgeschuurd: korrelspecificatie P. 60,80, 120.



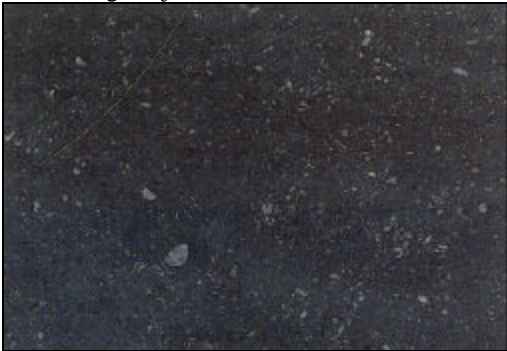
**Foto 87: Geschuurde blauwe hardsteen.**

#### **4.2.16 Gezoet (Frans: adouci)**

De gezoete blauwe hardsteen is bijzonder goed geschikt voor toepassingen in het interieur. Het verzoeten gebeurt onder besproeiing met water en wordt uitgevoerd met behulp van reeksen schuurkoppen (aan de lopende band) als het gaat om platen die naderhand op maat gezaagd worden. Anders wordt elk element afzonderlijk behandeld tot het gewenste resultaat bekomen is. Kleine oppervlakken, lijstwerken, bogen enz. worden manueel of met behulp van schuurmachines verzoet. De korrel van de schuurkoppen bepaalt het beoogde resultaat. Bij blauwe hardsteen onderscheidt men :

- gewoon gezoet: korrelspecificatie P. 220
- blauwgezoet: korrelspecificatie P. 320-400
- donkergezoet: korrelspecificatie P. 400-500.

Verzoeten geeft een relatief kleine en lichte weerspiegeling (foto 88). Het oppervlak is effen, mat, zonder zichtbare groefjes.



**Foto 88: Gezoete blauwe hardsteen.**

#### **4.2.17 Gepolijst (Frans: poli)**

De gepolijste blauwe hardsteen heeft een effen, glanzend oppervlak zonder zichtbare groeven. De gepolijste steen wordt voor dezelfde toepassingen aangewend als de gezoete versie.

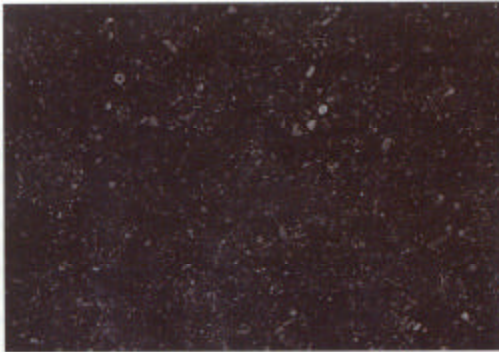
Vroeger werd steen eerst gezoet, dan afgewerkt met behulp van tin en loodkorreltjes of met oxaalzuur. Daarop volgde eventueel het in de was zetten van de verzoete vlakken, waarna pas het blinkend polijsteffect optrad. Thans worden nog slechts kleine oppervlakken met de hand gepolijst (met een vilten wrijfap of een dichte natgemaakte doek).

De polijstbaarheid van steen wordt voornamelijk bepaald door de polijstbaarheid van de aanwezige mineralen en door de textuur. Over het algemeen zijn harde mineralen het best polijstbaar. Een gangbare indeling van de polijstbaarheid van volgende in natuursteen voorkomende mineralen toont talrijke uitzonderingen aan :

- goed polijstbaar : kwarts, calciet, aragoniet, nefelien, veldspaten, dolomiet, leuciet, olivijn.
- middelmatig polijstbaar : pyroxeen, amfibool, magnetiet, serpentijn, cordiëriet, chloriet.
- slecht of niet polijstbaar : micas (biotiet, muskoviet, sericiet), limoniet, kleimineralen (kaolinet), talk.

Voor de polijstbaarheid van de verschillende soorten natuursteen kan men schematisch de volgende volgorde opstellen (MULLER, 1984):

- I Spiegelglans: Kalksteen van oudere formaties zonder litho- of bioklasten en zonder stylolieten of aders
- II Zeer goede glans: Andere oude kalkstenen, fijnkorrelig marmer, onyx
- III Goede glans: Kalksteen, grofkorrelig marmer, niet-verweerde plutonische gesteenten, gneis
- IV Glans (met suturen of mattere zones): Kalksteen die klei of stylolieten bevat, dolomiet, serpentieniet, oficalciet, verweerde plutonische gesteenten, de meeste uitvloeiingsgesteenten, de meeste polijstbare schisten
- V Geringe glans: Enkele zoetwaterkalkstenen, kalkzandsteen, fijn poreuze vulkanische gesteenten, compacte zandsteen, alabaster
- VI Bijna geen glans (enkel fijn geslepen): Fijn poreuze vulkanische gesteenten, weinig compacte, jonge kalksteen, de meeste zandstenen, enkele kwartsieten, mica- of kleihoudende schalies.



**Foto 89: Blinkend gepolijste blauwe hardsteen.**

In de meeste gevallen worden platen machinaal gepolijst, waarna ze op maat worden gezaagd. Elke gepolijste steen laat zijn textuureigenschappen bewonderen. De witte vlekken, aders, ...worden door het polijsten duidelijker gemaakt. Ook de aard en de structuur van de fossielen worden duidelijk zichtbaar (overblijfselen van koralen, crinoiden, schelpen van brachiopoden, ...). Eerst bij het polijsten nemen de tinten hun verschillende nuances aan. Bij een gepolijste steen worden de kleuren versterkt en krijgt de steen een weerskaatsend oppervlak met hoge glans. Hierbij worden eveneens meer dan bij andere afwerkingsvormen barsten en breuken blootgelegd. Polijsten geeft de steen een extra bescherming dankzij de bekomen vlakheid. Het geeft een zeer goed resultaat vooral op harde steensoorten. Op zachtere stenen is het minder duurzaam, omdat het gepolijst oppervlakkig laagje vlugger afslijt. Hiervoor bestaan er echter beschermingsprocédés.

Slecht gepolierde platen zijn mat en vertonen polijstbanden (vooral zichtbaar bij donkere steen). Dit probleem doet zich eveneens voor bij grote platen (te lang in de poliermachine).



**Foto 90: Machine in Carrière du Hainaut waarmee men de platen polijst.**

#### **4.2.18 Gezandstraald (Frans: Sablé)**

Het zandstralen onder druk is een vlugge manier om een oneffen oppervlak te bekomen.

### 4.3 De klassen

Alhoewel de blauwe hardsteen zeer homogeen is, vertoont hij, zoals alle natuurstenen, bijzondere kenmerken die een gevolg zijn van de geologische omstandigheden die hebben bijgedragen tot zijn vorming. Hij mag onder andere fossielen, aders, zwarte vlekken en stylolieten bevatten. In functie van zijn bijzondere kenmerken, werden voor de classificatie van de afgewerkte steen, vier klassen (A, B, C, D) weerhouden (WTCB, 1984). De stenen van deze verschillende klassen hebben dezelfde kwaliteit, maar verschillen alleen in hun aspect. De gewoonlijk gebruikte klasse voor bouwwerken is "C".

In verband met de Banc noir (Condroz en Yvoir) zijn er een aantal discussiepunten. Deze banken produceren veel steen van klasse B, maar zijn commercieel minder in trek en worden dan ook als de minder dure klasse C verkocht. Mechanisch zijn ze echter van betere kwaliteit.

*Klasse A* is voorbehouden voor bijzondere monumenten, restauratiewerken, beeldhouwwerken of werken met een uitzonderlijke afwerking, zoals voor gebouwen die een fijne consistente polijsting of matte polijsting vereisen. Er is weinig steen van klasse A voorhanden.

*Klasse B en C* zijn voorbehouden voor normale bouwwerken. Ze worden enkel op basis van hun uitzicht en hun prijs gescheiden.

*Klasse D* is voorbehouden voor de productie van breukstenen, boordstenen en tegels voor voetpaden.

Op dit ogenblik zijn de criteria en de klassen gewijzigd. Men spreekt niet meer van de klassen A, B, C, D, maar van Categorie bouw uitzonderlijk, Categorie bouw gewoon en de Categorie technisch.

### 4.4 Productie en leveringen

Wanneer we de gegevens, die handelen over de groeven en ontginningsindustrieën van 1957 tot 1991, van het Nationale Instituut voor Statistiek nakijken, dan merken we dat het aantal arbeiders almaar afneemt (fig. 177), ondanks het feit dat de productie van de blauwe hardsteen ongeveer gelijk blijft (tabel 64). Momenteel zijn er ongeveer 1.400 arbeiders actief in de blauwe hardsteenindustrie, waarvan ongeveer 1.040 in de provincie Henegouwen.

JAARTAL	1957	1962	1967	1972	1977	1982	1987	1991
aantal tewerkgestelde personen	15.567	14.619	12.685	12.115	9.979	8.194	6.245	6.206
volume niet bewerkte steen in m <sup>3</sup>	4.428	5.311	3.770	10.430	7.347	44.697	4.094	5.548
volume gezaagde steen in m <sup>3</sup>	31.164	28.342	31.110	31.693	34.549	25.889	20.166	29.056
volume bewerkte steen in m <sup>3</sup>	19.475	13.376	14.995	11.979	10.664	10.628	13.302	13.785
nevenproducten in m <sup>3</sup>	298.421	323.497	247.964	280.350	514.623	1.058.048	406.251	1.069.876
waarde niet bewerkte steen (x 1000 BEF)	6.226	1.549	17.227	24.463	23.360	82.360	47.098	76.325
waarde gezaagde steen (x 1000 BEF)	194.118	209.765	281.696	339.757	550.778	409.463	509.967	969.371
waarde bewerkte steen (x 1000 BEF)	196.448	146.470	205.188	182.676	264.415	381.434	541.763	830.576
waarde nevenproducten (x 1000 BEF)	43.419	70.220	90.513	117.128	196.047	546.289	302.193	585.215

Tabel 64: Overzicht van de evolutie in de blauwe hardsteenindustrie.



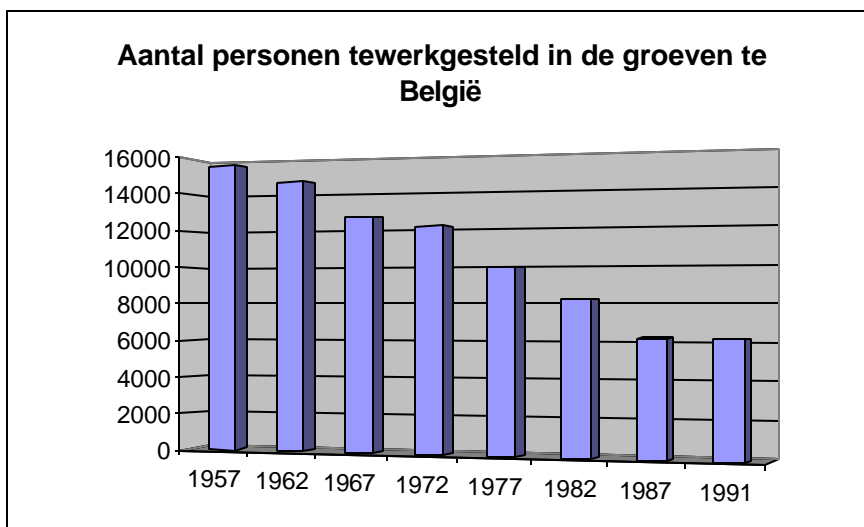


Fig. 177: Evolutie van de tewerkstelling in de groeven.

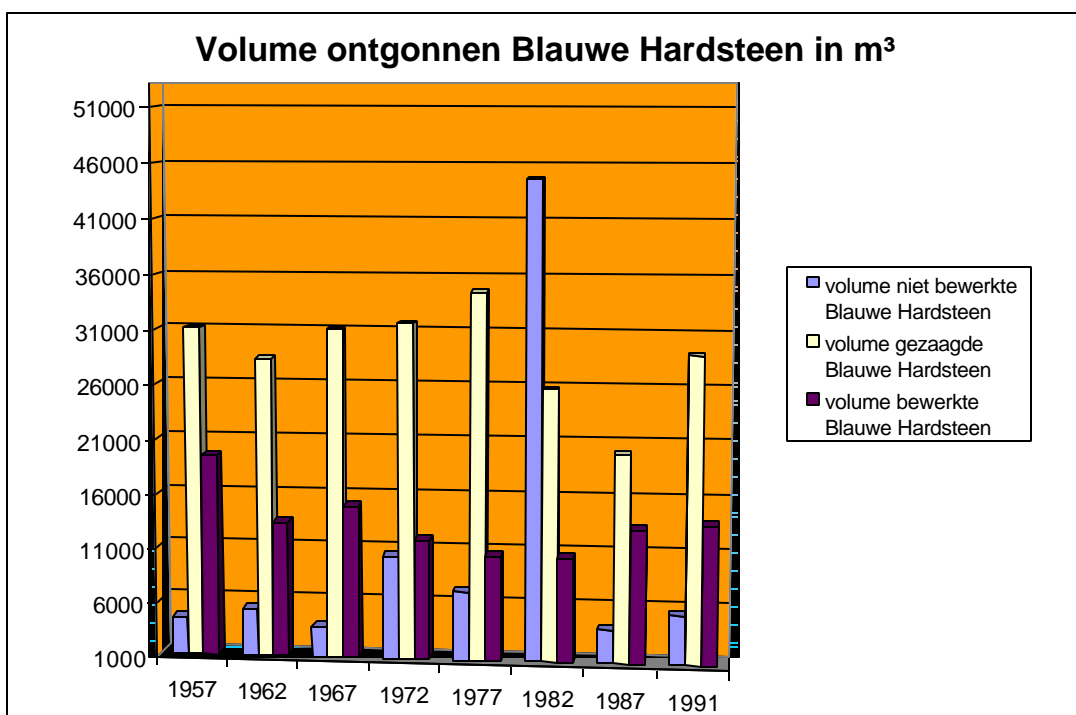


Fig. 178: Evolutie van het ontgonnen volume blauwe hardsteen.

Het totaal volume materiaal dat uit de blauwe hardsteengroeven in België werd gewonnen bedroeg in 1957 353.488 m<sup>3</sup>, waarvan 2.244 m<sup>3</sup> bouwsteen met een waarde van 8.701.000 BEF. We merken op dat de waarde van de ontgonnen producten met de jaren sterk gestegen is en dat de productie van nevenproducten, zoals de steenslag van Gralex en de kalk voor de cementindustrie bijzonder hoog is. We zien dat de waarde van de gezaagde en bewerkte blauwe hardsteen steeds toeneemt (fig. 180), terwijl het volume ontgonnen materiaal ongeveer gelijk blijft (fig. 178 en 179).

De Belgische markt verbruikt 80 % van de totale productie van de Belgische blauwe hardsteen. De rest wordt vooral uitgevoerd naar Nederland en in mindere mate naar Frankrijk, Duitsland, Zwitserland, Engeland en de Scandinavische landen (GROESSENS, 1981). In België gaat het grootste deel van de blauwe hardsteen naar openbare werken (60 % van de productie), maar ook particulieren vormen een belangrijk cliënteel.

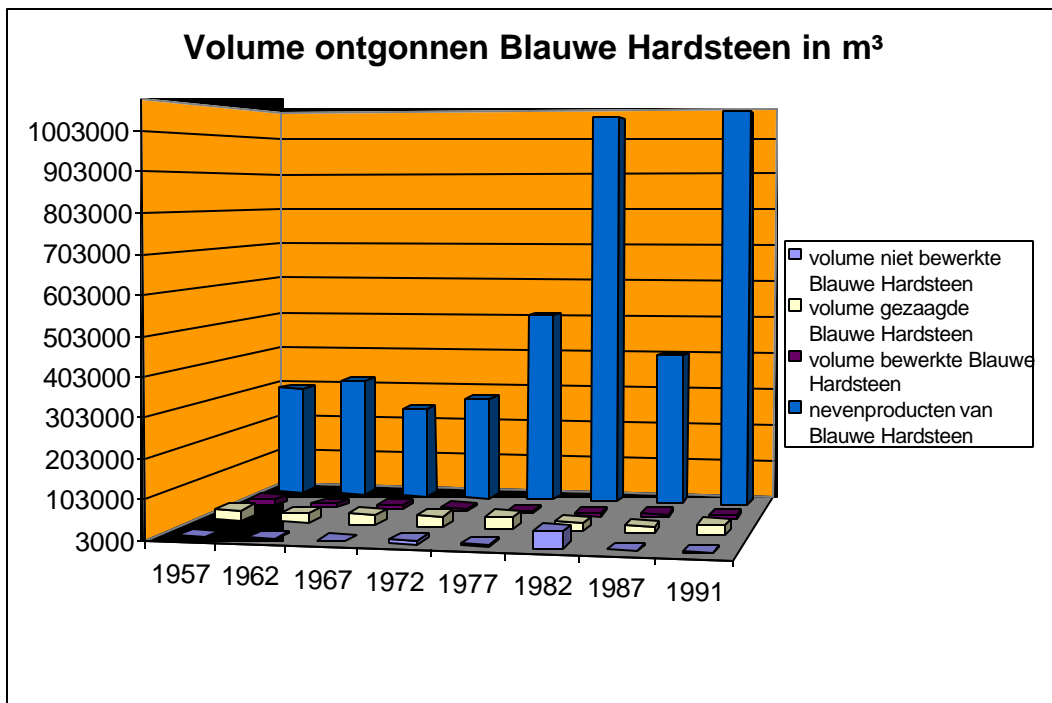


Fig. 179: Evolutie van het volume ontgonnen blauwe hardsteen en de vergelijking met het volume nevenproducten.

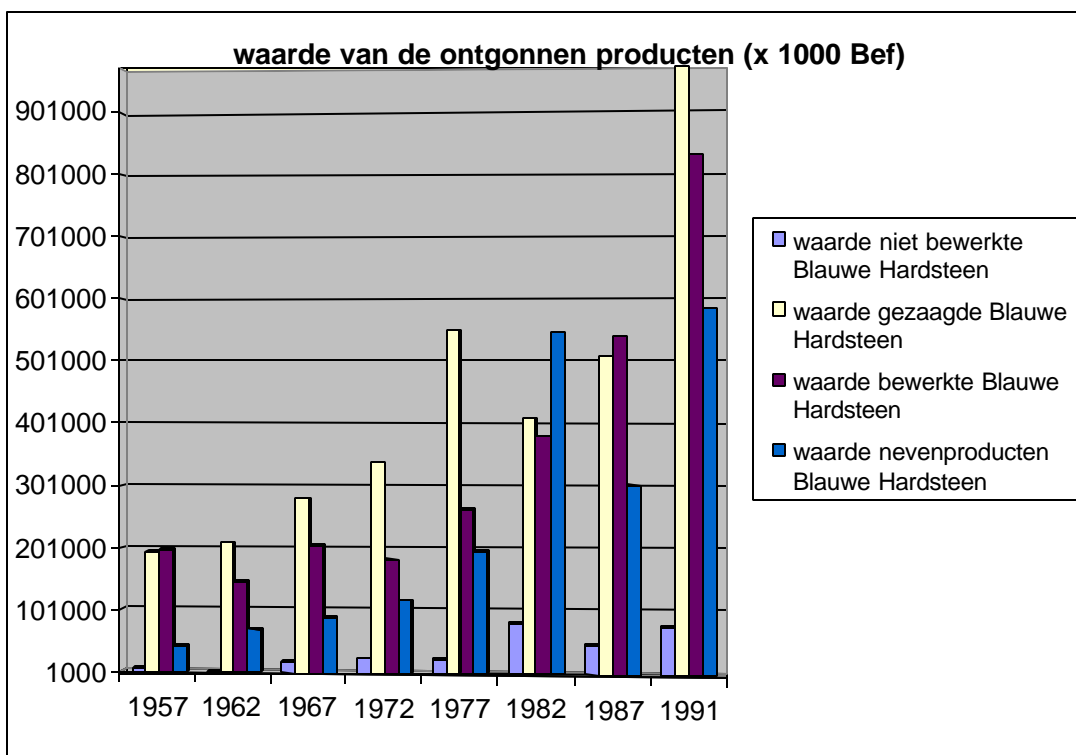


Fig. 180: Evolutie van de waarde van de ontgonnen producten.

# HOOFDSTUK 5 De eigenschappen van blauwe hardsteen

## 5.1 Inleiding

De blauwe hardsteen vertoont een aantal goede kwaliteiten die door een oordeelkundig gebruik ten volle tot hun recht komen, terwijl zekere tekortkomingen kunnen worden weggewerkt.

Volgens LEMAIGRE (1981) vertoont arduin de typische eigenschappen van een goed bouwmetaal, met een zeer goede drukweerstand. De totale afwezigheid van hygrometriciteit maakt het volgens hem uiterst geschikt voor een vochtig klimaat. Deze eigenschap biedt het voordeel dat de steen praktisch niet onderhevig is aan vorstwerking, indien goed geselecteerd, en volmaakt weerstand biedt aan alle atmosferische schommelingen. Bovendien wordt dit gesteente, in tegenstelling met zovele steensoorten, niet snel met mossen bedekt.

Men zegt dat een gebouw er is om te blijven staan. Leopold II, die de bijnaam “de bouwheer” kreeg, heeft zeker zijn gebouwen niet gepland om ze na 50 of 100 jaar te zien verdwijnen. De arcade van het jubelpark zal nog eeuwen de onvergankelijke getuige blijven van deze grote koning, gedeeltelijk dankzij dit bouwmetaal dat bovendien aan het monument een grootse en prachtige allure verleent.

Maar er is steeds een keerzijde aan de medaille: de samenstelling van het metaal vertoont sporen van de wijze waarop het gevormd werd. Trage verwerking krijgt vat op het uitzicht en markeert de gelaagdheid, zonder echter de stevigheid in het gedrang te brengen. Hoogstens kan men zeggen dat ze een schoonheidsfout vormen. Het zijn gewoonlijk de hardste lagen die deze gelaagdheid, ook “groeflegers” genoemd, vertonen (LEMAIGRE, 1981).

## 5.2. Chemische eigenschappen van de blauwe hardsteen

De geologische en chemische studie van blauwe hardsteen uit de streek rond Zinnik was het onderwerp van de doctoraatsthesis van R. LEGRAND in 1946. Zijn bedoeling was om op basis van de chemische samenstelling van de kalksteen, de sedimentatieomstandigheden af te leiden die tijdens de vorming van de kalksteen optraden, om zo de variaties in de steen kunnen verklaren.

### 5.2.1 CaCO<sub>3</sub> gehalte

Voor de algemene scheikundige analyse van de gesteenten, met in het bijzonder de bepaling van het CaCO<sub>3</sub>-gehalte, startte LEGRAND met het oplossen van de carbonaten door toevoeging van 2N HCL. Hij besloot op basis van de proeven dat het CaCO<sub>3</sub>-gehalte in de streek van Zinnik vaak 93 tot 98 % bedroeg. Verder maakte hij op basis van het CaCO<sub>3</sub>-gehalte een onderscheid tussen de verschillende banken.

De bovenste lagen in de groeven, ook wel de “raches” genoemd, bestaande uit kleihoudende kalksteen en lensvormige kalkschalies, hebben een CaCO<sub>3</sub>-gehalte dat sterk kan variëren.

In de 6 m banken die op de *délit à la terre* liggen, bedraagt het CaCO<sub>3</sub>-gehalte 93,5 tot 95,5 %, met 2 uitzonderingen, namelijk de “*mauvais septante*”, met een gehalte van 92 tot 93 %, en de “*bon septante*” met een gehalte van meer dan 98,5 %.

De 4 m dikke laag onder de *délit*, ook nog de “*pas de loup*” genoemd, heeft een CaCO<sub>3</sub>-gehalte dat 95 tot 99 % bedraagt. Dieper, tot aan de “*délit à la terre noire*” die 17 m lager gelegen is, bedraagt het CaCO<sub>3</sub>-gehalte 88 tot 95 %. Voor deze 21 m blauwe hardsteen bedraagt de som van CaCO<sub>3</sub> en MgCO<sub>3</sub> 97 tot 99 %

Vanaf de “*croya*” of “*noir temme*” heeft men de cliquantes, waar het gehalte aan CaCO<sub>3</sub> 97 tot 98 % bedraagt.

Aangezien LEGRAND enkel op het Boven-Tournaisiaan in de streek van Zinnik had gewerkt leek het ons nuttig om gelijkaardige bepalingen uit te voeren op monsters van andere ontginningsgebieden (Condroz) en van andere ouderdom, zoals de “*petit granit du Bocq*” van het Midden-Tournaisiaan.

We vergeleken de CaCO<sub>3</sub>-gehalten van LEGRAND (1946) voor de Crinoïdenkalksteen van Ecaussinnes (Tn3b) met deze voor de Crinoïdenkalksteen van de Ourthe (Tn3b) uit de groeven Trou des Chats (Dorinne, Spontin), Jullien (Pailhe, Clavier) en de groeven van Chanxhe en van Anthisnes (fig. 182). Verder vergeleken we het CaCO<sub>3</sub>-gehalte in de Kalksteen van Landelies (Tn2b) uit de groeve Saint-Roch (Yvoir) met deze van het Tn3b. Op fig. 181 zijn de onderzochte groeven aangeduid met een paarse stip.

Ons scheikundig onderzoek beperkte zich tot de bepaling van het CaCO<sub>3</sub>-gehalte in de aanwezigheid van sulfiden.

Bij de bepaling van  $\text{CaCO}_3$ , zonder de aanwezigheid van sulfiden, nam men aanvankelijk 1 g monster (100%  $\text{CaCO}_3$ ) waarbij men 6 N HCl toevoegde en bekwamen we als resultaat slechts 92,8 % en 93,0 %. De reden waarom men geen 100 % verkreeg lag bij het feit dat de  $\text{CaCO}_3$  slechts luchtdroog was. Om dit te voorkomen werd het  $\text{CaCO}_3$  1 uur in een droogstoof geplaatst, waarna men dezelfde proef uitvoerde. Nu verkreeg men waarden van 101,6% en 105,2% De reden hiervoor lag bij de verhoogde temperatuur door de roerder. Door het monster op een waterturbine te plaatsen stabiliseerde de temperatuur en verkregen we 2 keer 99,8 %.

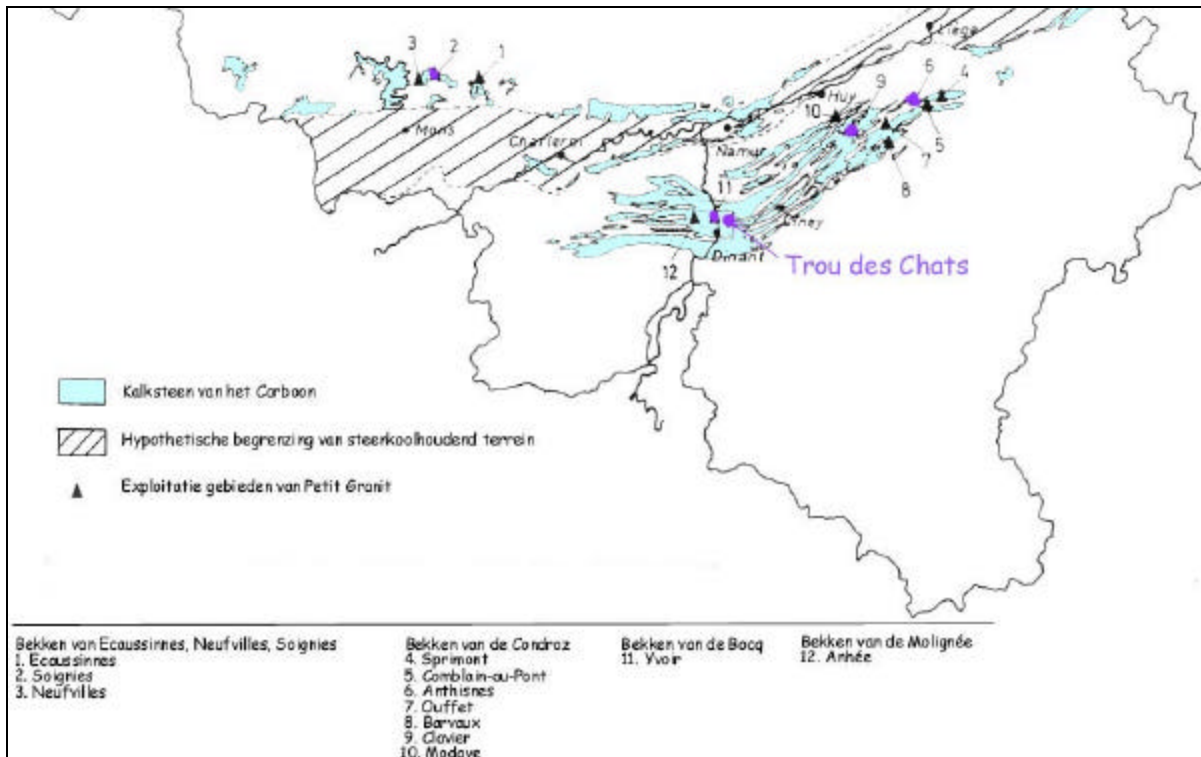


Fig. 181: Lokalisatie van de monsternames voor de bepaling van het  $\text{Ca}_3\text{CO}_2$ .

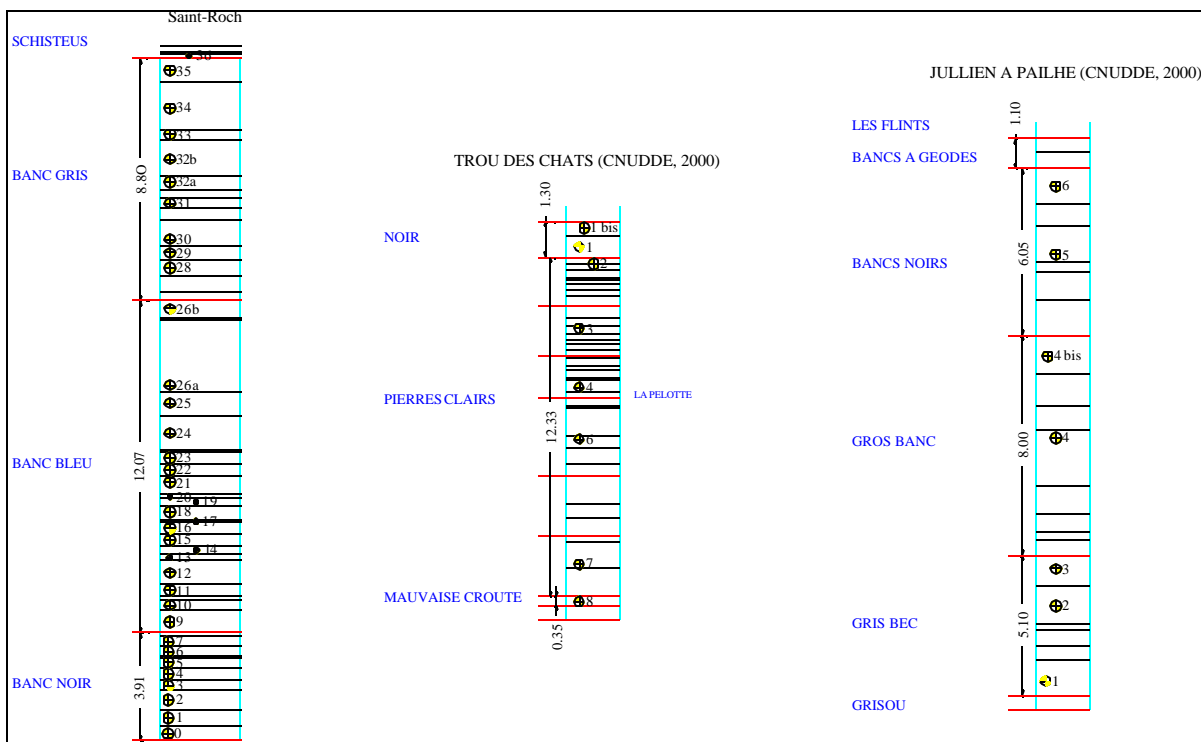


Fig. 182: Lokalisatie van de monsters uit de verschillende groeven.

Voor de bepaling van  $\text{CaCO}_3$  in aanwezigheid van sulfiden, moet men de invloed van de sulfiden uitschakelen door er een joodoplossing aan toe te voegen.



Als test gebruikten we het zeer gevoelige Na<sub>2</sub>S. Wanneer men Na<sub>2</sub>S aan de 6 N HCL toevoegt, kreeg men een aflezing van 33,5 ml gas. Voegde men er echter 0,5 N I-oplossing en 6 N HCL aan toe, dan kreeg men een aflezing van 12,0 ml gas. Als men er een I-oplossing van 1,0 N aan toevoegde werd de aflezing 0 ml.

Bij de bepaling van het carbonaatgehalte van een gesteente met sulfiden zal er normaal H<sub>2</sub>S ontwikkelen bij toevoeging van HCl. Om dit te voorkomen wordt er eerst een kaliumjodide oplossing aan het monster toegevoegd, waardoor de sulfiden binden met deze oplossing. Pas daarna wordt het HCl toegevoegd en meten we het volume van het gevormde CO<sub>2</sub>, waarbij de meting steeds kan vervalst worden door elke bijkomende gasontwikkende reactie tijdens het oplossen.

Voor onze proef gebruikten we HCL (11 N, d ≈ 1,19) en een jodiumoplossing van kaliumjodide (127 g jodium in schilfers in 1 l oplossing die 138 g KI bevat of in 125 g NaI ). Per proef voegen we 4 ml toe van de jodiumoplossing aan een representatief monster van het te onderzoeken materiaal, dat tot op 0,01 mg nauwkeurig wordt gewogen. Hierna voegen we de HCL toe en meten we de vrijgekomen hoeveelheid CO<sub>2</sub>. Telkens lazen we de druk en de temperatuur in de kamer af, om zo een correctiefactor te kunnen uitvoeren.

De eerste resultaten varieerden tussen 88,44 % en 102,04 %. Daar er zeer veel sulfiden in de monsters aanwezig waren, verdubbelden we de hoeveelheid toegevoegde jodiumoplossing. Hierdoor bekwamen we een maximum van ongeveer 100 %. Daarom besloten we om telkens 8 ml jodiumoplossing toe te voegen.

Voor het berekenen van het percentage CaCO<sub>3</sub> gebruiken we volgende formule:

$$\frac{(M4 \times V3 \times E \times 44 \times 100)}{(M3 \times V4 \times 100)} = \frac{M4 \times V3 \times E \times 44}{M3 \times V4}$$

Hierbij is: M4, de massa van het calciumcarbonaat gebruikt voor het ijken uitgedrukt in g  
 V4, het volume in cm<sup>3</sup>, gemeten bij het oplosbaar maken van de massa M4  
 E, de verhouding van het werkelijke CO<sub>2</sub>-gehalte van het calciumcarbonaat gebruikt als ijksmaat tot het theoretische CO<sub>2</sub>-gehalte van het zuiver calciumcarbonaat  
 M3, de massa onderzocht monster uitgedrukt in g  
 V3, het volume in cm<sup>3</sup>, gemeten bij de aantasting met het zuur  
 44/100, de verhouding van de volumemassa's van het CO<sub>2</sub> en het CaCO<sub>3</sub>.

of: (aflezing in ml x coëfficiënt)/(g monster x 10.000) ; waarbij de coëfficiënt wordt berekend in functie van druk en temperatuur.

Uit de bekomen resultaten kunnen we besluiten dat onze waarden in dezelfde orde liggen als de waarden bekomen door LEGRAND (1946), namelijk 93 tot 98 % (tabel 65, fig. 186 en 187).

Chanxhe (Tn3b)	Gewicht (g)	Aflezing (ml)	t (°C)	druk (mm Hg)	coëfficiënt	% CaCO <sub>3</sub>	
C2	0,5	115,5	23,5	759	4213	97,32	
C3	0,5	114,5	23,6	759	4211,6	96,45	
C4	0,5	113	23,7	759	4210,2	95,15	
C5	0,5	110	23,7	759	4213	92,69	
C6	0,5	110	23,5	759	4213	92,69	
C8	0,5	107,5	23,5	759	4213	90,58	
							gemiddeld: 92,5 %
Anthisnes (Tn3b)							
A1	0,5	113	23,5	759	4213	95,21	
A2	0,5	114,5	23,5	759	4213	96,48	
A3	0,5	117,5	23,5	759	4213	99,01	
A4	0,5	116	23,5	759	4213	97,74	
A5	0,5	115	23,5	759	4213	96,90	
							gemiddeld: 97 %
Yvoir (Tn2b)							
Yv0	0,5	111,5	23,5	759	4213	93,95	
Yv1	0,5	103	23,5	759	4213	86,79	
Yv2	0,5	109,5	23,5	759	4213	92,27	
Yv3	0,5	115	23,5	759	4213	96,90	
Yv4	0,5	115	23,5	759	4213	96,90	
Yv5	0,5	116	23,5	759	4213	97,74	

Yv6	0,5	102	23,5	759	4213	85,95	laagje van 35 cm
Yv7	0,5	101	23,5	759	4213	85,1	laagje van 35 cm
Yv9	0,5	92,5	23,8	757,5	4199,3	77,69	waar bleu begint (80 cm)
Yv10	0,5	111	23,7	757,5	4200,7	93,26	
Yv11	0,5	115	23,7	757,5	4200,7	96,62	
Yv12	0,5	115,5	23,7	757,5	4200,7	97,04	
Yv13	0,5	114,5	23,7	757,5	4200,7	96,2	
Yv14	0,5	119	23,8	757,5	4199,3	99,94	
Yv15	0,5	110	23,8	757,5	4199,3	92,39	
Yv16	0,5	113	23,4	757,5	4204,9	95,03	
Yv17	0,5	115	23,4	757,5	4204,9	96,71	
Yv18	0,5	117	23,5	757,5	4203,5	98,36	
Yv19	0,5	118	23,5	757,5	4203,5	99,20	
Yv20	0,5	114,5	23,5	757,5	4203,5	96,26	
Yv21	0,5	117,5	23,6	757,5	4202,1	98,75	
Yv22	0,5	114	23,5	757,5	4203,5	95,84	
Yv23	0,5	119	23,5	757,5	4203,5	100	
Yv24	0,5	116	23,4	757,5	4204,9	97,55	
Yv25	0,5	116	23,1	766,6	4255,3	98,72	
Yv26a	0,5	116	23,1	766,6	4255,3	98,72	
Yv26b	0,5	115,5	23,2	766,6	4253,8	98,26	laatste bank bleu
Yv28	0,5	115,5	23,2	766,6	4253,8	98,26	eerste bank gris
Yv29	0,5	115,5	23,2	766,6	4253,8	98,26	
Yv30	0,5	116	23,2	766,6	4253,8	98,69	
Yv31	0,5	115,5	23,1	766,6	4255,3	98,30	
Yv32a	0,5	115,5	23,1	766,6	4255,3	98,30	
Yv32b	0,5	116	23,2	766,6	4253,8	98,69	
Yv33	0,5	118	23,2	766,6	4253,8	100,39	
Yv34	0,5	119	23,3	766,6	4252,5	101,21	
Yv35	0,5	117	23,2	766,6	4253,8	99,54	
Yv36	0,5	116	23,2	766,6	4253,8	98,69	
							gemiddeld: 96 %
<b>Trou des Chats (Tn3b)</b>	<b>Gewicht (g)</b>	<b>Aflezing (ml)</b>	<b>t (°C)</b>	<b>druk (mm Hg)</b>	<b>coëfficiënt</b>	<b>% CaCO<sub>3</sub></b>	
Chat 1	0,5	113	20,8	761,9	4266,92	96,43	noir
Chat 1bis	0,5	111,5	20,7	761,9	4268,32	95,18	noir
Chat 2	0,5	113	20,8	761,9	4266,92	96,43	Pierre Claire
Chat 3	0,5	116	20,7	761,9	4268,32	99,03	Pierre Claire
Chat 4	0,5	109	20,7	761,9	4268,32	93,05	Pierre Claire
Chat 6	0,5	117	20,5	761,9	4271,12	99,94	
Chat 7	0,5	111,5	20,4	761,9	4272,52	95,28	
Chat 8	0,5	118	20,4	761,9	4272,52	100	mauvaise croute
C. zwart	0,5	112	20,7	761,9	4268,32	95,61	
C. bruin-grijs	0,5	112	20,4	761,9	4272,52	95,70	
							gemiddeld: 97 %
<b>Jullien (Tn3b)</b>							
J1	0,5	109	20,6	761,9	4269,72	93,08	
J2	0,5	115,5	21	761,9	4264,12	98,50	
J3	0,5	116	20,9	761,9	4265,52	98,96	
J4	0,5	113	20,9	761,9	4265,52	96,40	
J4bis	0,5	113,5	21	761,9	4264,12	96,80	
J5	0,5	116	21,1	761,9	4262,62	98,89	
J6	0,5	109	20,9	761,9	4265,52	92,99	
							gemiddeld: 96,5 %

Tabel 65: De resultaten van de CaCO<sub>3</sub> bepaling voor de verschillende groeven.

We merken op dat bepaalde monsters uit Chanxhe een lagere waarde bezitten voor wat betreft het CaCO<sub>3</sub> gehalte (fig. 183). Dit is misschien te verklaren door een slechte monsternamen, aangezien de steen daar zeer hard is, waardoor juist licht verweerde brokstukken makkelijker los zijn te kloppen. Verder merken we op dat alle andere waarden boven de 90 % zijn gelegen. Bij de kalksteen van Landelies, groeve Saint-Roch, merken we dat, behalve voor het monster Yv 9, de waarden boven 88 % liggen, welke de drempel is om tot de blauwe hardsteen

te behoren (fig. 184). De Yv 9 bevindt zich rond de overgang tussen de Noir en de Bleu. Misschien is de lage waarde te wijten aan een slechte monsternaming of heeft men er andere afzettingsomstandigheden gekend.

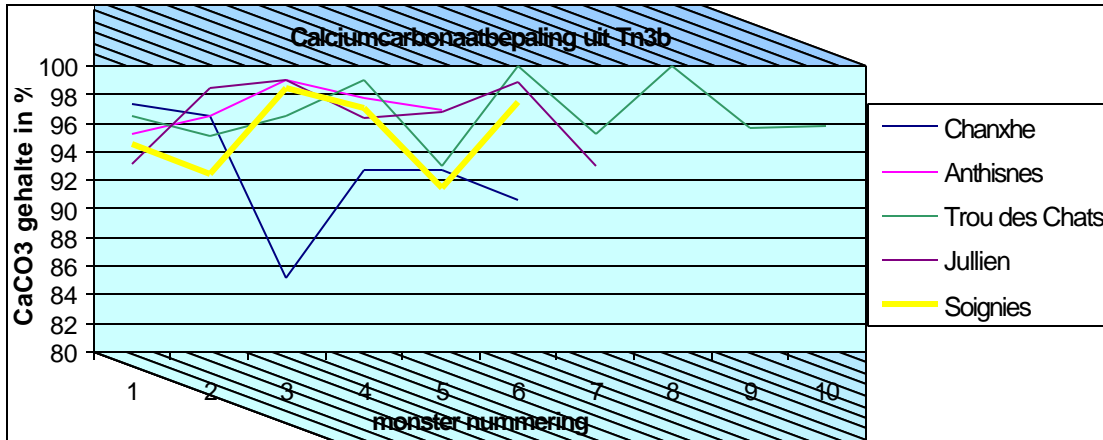


Fig. 183: Grafiek met de resultaten van de bepaling van het gehalte aan  $\text{CaCO}_3$ .

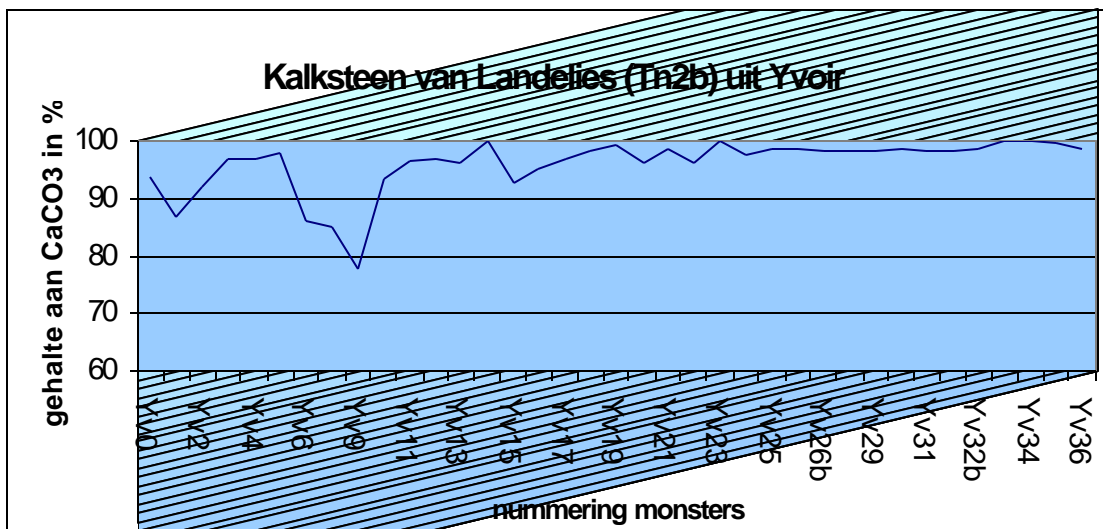


Fig. 184: Grafiek van de resultaten van de bepaling van het  $\text{CaCO}_3$  in de Kalksteen van Landelies.

### 5.2.2 $\text{MgCO}_3$ gehalte

Volgens LEGRAND (1946) bevatten de lagen boven de “Délit à la terre” 1 tot 2 %  $\text{MgCO}_3$ . Onder de Délit is het gehalte hoger. In de “crasses”, de “belles” en de “grosse fine” bedraagt het gehalte aan  $\text{MgCO}_3$  6 tot 10 %. Uit analyse bleek dat het  $\text{MgCO}_3$ -gehalte afhankelijk was van het gehalte crinoïden. Indien er veel crinoïden aanwezig zijn bedraagt het gehalte aan  $\text{MgCO}_3$  eerder 8 tot 10 % (LEGRAND, 1946). In de “raches” en in de “cliquantés”, waar het crinoïdagehalte laag is en het kalkgehalte hoog, bedraagt het percentage  $\text{MgCO}_3$  1 tot 2 %.

### 5.2.3 Silicium

Het gehalte aan silicium werd bepaald door LEGRAND (1946) bepaald met de microscoop. Hij meldt dat er hoofdzakelijk twee habitussen van silicium voorkomen, namelijk een bipyramidale, en een andere met grote, afgeronde vlakken.

### 5.2.4 Pyriet

Dit mineraal komt vooral voor onder de vorm van kubussen in de “raches” en de “terrasses noires” (LEGRAND, 1946). De pigmentatie van het gesteente is functie van de aanwezigheid van fijne pyriet verdeeld in de massa.

### 5.2.5 Koolstof

Koolstof is sterk verdeeld en zorgt voor een sterke kleuring.

### 5.2.6 Accessorische bestanddelen

In de blauwe hardsteen vindt men verder sporen van Fe en Al (in de orde van 0.1 %). LEGRAND (1946) maakt verder nog melding van sericiet (0,1 tot 0,01 %), zirkoon (< 0,001 %), toermalijn, fluoriet, rutiel (< 0,001 %), apatiet en tevens kleimineralen.

### 5.3 Chemische eigenschappen van de “délits”

De groeven bezitten alle hier of daar een “délit”, meestal een kleirijk laagje van enkele cm, van groot belang voor de steenindustrie als referentieniveau. Er zijn twee grote soorten van délits:

- De zwarte délits: Ze komen frequent voor in de Kalksteen van Malon-Fontaine en zijn vaak aangerijkt met verweerd materiaal. Een voorbeeld hiervan is de “délit à la terre noire” die aan de basis van de blauwe hardsteen lagen in Ecaussinnes voorkomt.

- De “délit à la terre bleue”: Dit is een blauwachtig kleilaagje van een 10-tal cm, dat zeer belangrijk is in de groeven, aangezien het meestal de top vormt van de blauwe hardsteen.

Een eerste chemische analyse, uitgevoerd op de “délit à la terre” van de groeve Clypot (Neufvilles), is gepubliceerd door LEGRAND (1946). Daaruit bleek dat de délité 51 % Si, 22 % Al, 2 % Mg, 7 % K, 0,2 % Na, 5,4 % H<sub>2</sub>O, 12 % S en ijzeroxide en 0,4 % Ti bevat. De totale afwezigheid van de carbonaten en het calcium, maar tevens ook het verhoogde gehalte aan K zorgt voor een uitzonderlijk karakter van deze blauwe kleilaag. Lithologisch kan deze laag met geen enkel andere oplossingslaag vergeleken worden, noch met de schisteuse intercalaties van het Midden-Tournaaisaan. Deze abnormale eigenschappen, verbonden met de grote extensie van deze laag, van Feluy tot in Maffle, zorgt voor een grote uitzonderlijke stratigrafische waarde. Dezelfde auteur zal tijdens een excursie in 1947, een hypothese ontwikkelen over de gelijkwaardigheid van de “délit à la terre” van Zinnik, de “gras-délité” van Doornik en de “dure croûte” van de Ourthe. De hypothese over de gelijkwaardigheid van de “délité à la terre” en de “gras-délité” wordt gesteund door de ontdekking van dit niveau in de boring van Vieux-Leuze in 1962 (GROESSENS, 1978). Op basis van de chemische analyses, uitgevoerd door LEGRAND (1946) ontstond het idee dat délits van vulkanische oorsprong waren.

### 5.4 De technische kenmerken

Voor de technische proeven mochten we de toestellen gebruiken van het laboratorium Magnel voor gewapend beton (RUG). De voorbereiding van de monsters gebeurde in het geologisch instituut.

#### 5.4.1 De schijnbare volumieke massa

De schijnbare volumieke massa weerspiegelt de compactheidsgraad van een steen en maakt het mogelijk de massa van de steen voor een gekend volume te beoordelen.

De compactheid van een steen is de verhouding tussen zijn schijnbare en absolute volumieke massa. De compactheid, die beïnvloed wordt door de textuur, is nooit gelijk aan 1. Hieruit volgt dat de schijnbare volumieke massa van een steen altijd kleiner is dan de gemiddelde volumieke massa van de bestanddelen, zelfs wanneer de steen niet poreus is.

De schijnbare volumieke massa wordt gedefinieerd als de verhouding tussen de massa van het droge proefstuk en zijn schijnbaar volume. Het schijnbaar volume is het volume dat begrensd wordt door de externe oppervlakken van het proefstuk.

De reële volumieke massa is de verhouding tussen de massa van het droge proefstuk en zijn absolute volume. Het absolute volume (volume van de vaste delen van het proefstuk) is gelijk aan het verschil tussen het schijnbare volume en het poriënvolume.

De methode die men toepast voor het bepalen van de schijnbare volumieke massa en de compactheid van een steen, berust op het bepalen van het volume aan holten en het schijnbaar volume van het monster.

#### 5.4.2 De porositeit

Men onderscheidt twee soorten porositeit, namelijk de open en de gesloten porositeit.

Bij een gesloten porositeit zijn de poriën van elkaar gescheiden.

Bij open porositeit zijn de holten onderling verbonden door min of meer grote kanaaltjes, die de steen doorlatend kunnen maken. Ze wordt gedefinieerd als 100 maal de verhouding tussen het volume van de open poriën en het schijnbaar volume van het proefstuk.

De totale porositeit, welke in percent wordt uitgedrukt, is 100 maal de verhouding tussen het volume holten, toegankelijk voor het water en het schijnbare volume van het proefstuk.

Vaak wordt de porositeit foutief gelijkgesteld aan de waterabsorptie.

De waterabsorptie, uitgedrukt in massapercent, wordt echter gedefinieerd als 100 maal de verhouding tussen de massa van het opgenomen water en de massa van het droge proefstuk.

De werkelijke porositeit drukt een waterabsorptie ten opzichte van een schijnbaar volume uit. Tussen beide begrippen bestaat er dus een vermenigvuldigingsfactor, die niets anders is dan de schijnbare volumieke massa van het materiaal.



### Bepaling van de schijnbare volumieke massa en porositeit.

Voor de bepaling van de schijnbare volumieke massa en de porositeit van de monsters van de groeve Saint-Roch (Yvoir), testten we telkens 10 kubussen uit de Noir, de Bleu en de Gris.

De kubussen, welke ongeveer 5 cm zijde hebben, werden in de droogstoof geplaatst tot ze een constante massa M1 bekomen (tot op 0,01 g nauwkeurig), waarna ze in een hermetisch vat werden geplaatst. Hierin werden ze gedurende 2½ uur, onder een verlaagde druk van 2,67 kPa in een vacuümvat geplaatst, om de lucht uit de poriën van het materiaal te verdrijven. De druk werd geleidelijk verlaagd tot  $2.0 \pm 0,7$  kPa ( $15 \pm 5$  mm Hg), waarna we gedemineraliseerd water ( $20 \pm 5$  °C) in het vat toevoegden. De snelheid waarmee het waterpeil steeg was zodanig dat de proefstukken na 2 uur volledig ondergedompeld waren.

Vervolgens werd de druk naar atmosferische druk teruggebracht door het vat te openen, waarbij de proefstukken nog 24 uur ondergedompeld bleven. Nadien bepaalden we voor elk proefstuk zijn massa in water (M3) en in lucht (M2), nadat het proefstuk was uitgelekt en afgeveegd met een vochtig zeemvel.

Uit de bekomen massa's kunnen we vervolgens de reële volumieke massa bepalen.

De reële volumieke massa  $\rho_r$  ( $\text{kg/m}^3$ ) wordt gegeven door volgende formule:  $\rho_r = M1/V$ , hierbij is V het absolute volume van het monster en M1 de massa ervan na het drogen.

Het schijnbare volume  $V_s$  is gelijk aan het volume V vermeerderd met het totale volume aan holten A:

$$V_s = V + A = (M2 - M3)/\rho_w,$$

met  $V = (M1 - M3)/\rho_w$ ,  $A = (M2 - M1)/\rho_w$ , waarbij  $\rho_w$  de volumieke massa is van water ( $1\text{g/cm}^3$  of  $1\text{kg/dm}^3$  of  $1000\text{kg/m}^3$ ). De eenheden worden gekozen afhankelijk van deze gebruikt voor de massa's M1, M2 en M3.

De schijnbare volumieke massa  $\rho_s$  wordt uitgedrukt door de verhouding van de droge massa tot het schijnbaar volume:  $\rho_s = M1/V_s$

De open porositeit P (volume-%) wordt gegeven door  $P = 100 \cdot (M2 - M1)/(M2 - M3)$

waarbij M1, M2 en M3 de massa's zijn bekomen bij de bepaling van de schijnbare volumieke massa.

De resultaten voor de schijnbare volumieke massa van de monsters uit de groeve Saint Roch (Yvoir) worden weergegeven in tabel 66 en fig. 188.

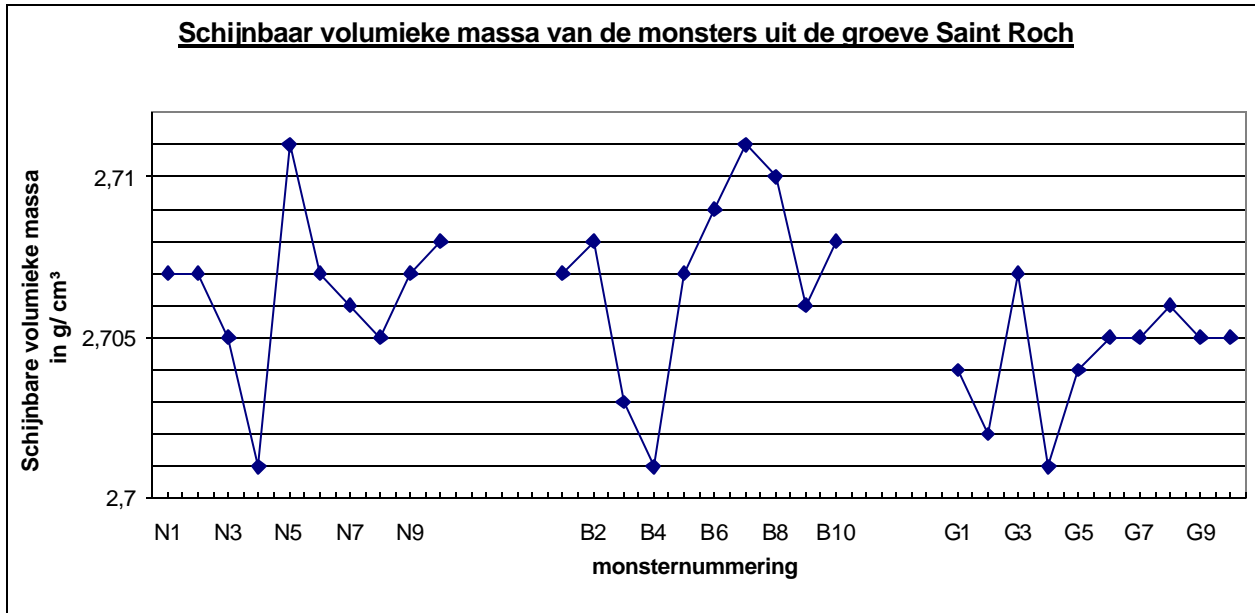


Fig. 188: Voorstelling van de schijnbare volume van de monsters uit de groeve Saint Roch.

Bij de monsters van de groeve Saint-Roch bedraagt de minimale schijnbare volumieke massa  $2.701\text{ kg/m}^3$  en de maximale waarde  $2.711,14\text{ kg/m}^3$ , met als gemiddelde  $2.706\text{ kg/m}^3$ . De gemiddelde waarde bekomen voor hetzelfde gesteenten bij de homologatie van de groeve bedraagt  $2.703(\pm 6)\text{ kg/m}^3$  (technische fiche, proeven uitgevoerd in het WTCB en in ISSeP). We kunnen besluiten dat de schijnbare volumieke massa van de Noir gemiddeld  $2.706,4\text{ kg/m}^3$  bedraagt, de Bleu gemiddeld  $2.706,9\text{ kg/m}^3$  en de Gris gemiddeld  $2.704,3\text{ kg/m}^3$ .

Nr.	M1	M2	A	M3	Vs	V	M1/Vs in 1000 kg/m <sup>3</sup>	Afgeronde waarde in 1000 kg/m <sup>3</sup>
N1	322,95	323,20	0,25	203,9	119,30	119,05	2,707041	2,707
N2	323,21	323,48	0,27	204,1	119,38	119,11	2,707404	2,707
N3	319,87	320,16	0,29	201,9	118,26	117,97	2,704802	2,705
N4	318,39	318,68	0,29	200,8	117,88	117,59	2,700967	2,701 (min.)
N5	317,61	317,85	0,24	200,7	117,15	116,91	2,711139	2,711 (max.)
N6	322,92	323,20	0,28	203,9	119,30	119,02	2,706789	2,707
N7	320,15	320,41	0,26	202,1	118,31	118,05	2,706026	2,706
N8	311,22	311,44	0,22	196,4	115,04	114,82	2,705319	2,705
N9	316,77	317,02	0,25	200,0	117,02	116,77	2,706973	2,707
N10	313,94	314,15	0,21	198,2	115,95	115,74	2,707546	2,708
							gemiddeld	2,7064
B1	318,32	318,69	0,37	201,1	117,59	117,22	2,707032	2,707
B2	319,61	320,01	0,40	202,0	118,01	117,61	2,708329	2,708
B3	309,74	310,18	0,44	195,6	114,58	114,14	2,703264	2,703
B4	312,32	312,74	0,42	197,1	115,64	115,22	2,700795	2,701 (min.)
B5	324,16	324,55	0,39	204,8	119,75	119,36	2,706972	2,707
B6	309,33	309,70	0,37	195,5	114,20	113,83	2,708669	2,709
B7	321,82	322,21	0,39	203,5	118,71	118,32	2,710976	2,711 (max.)
B8	307,99	308,36	0,37	194,7	113,66	113,29	2,709748	2,710
B9	312,08	312,45	0,37	197,1	115,35	114,98	2,705504	2,706
B10	321,03	321,45	0,42	202,9	118,55	118,13	2,707971	2,708
							gemiddeld	2,7069
G1	309,94	310,44	0,5	195,8	114,64	114,14	2,703593	2,704
G2	318,37	318,83	0,46	201,0	117,83	117,37	2,701943	2,702
G3	318,43	318,85	0,42	201,2	117,65	117,23	2,706587	2,707 (max.)
G4	319,15	319,55	0,4	201,4	118,15	117,75	2,701227	2,701 (min)
G5	321,01	321,5	0,49	202,8	118,70	118,21	2,704380	2,704
G6	321,97	322,45	0,48	203,4	119,05	118,57	2,704493	2,705
G7	314,89	315,30	0,41	198,9	116,40	115,99	2,705240	2,705
G8	313,09	313,49	0,4	197,8	115,69	115,29	2,706284	2,706
G9	315,86	316,28	0,42	199,5	116,78	116,36	2,704743	2,705
G10	324,59	325,02	0,43	205,0	120,02	119,59	2,704465	2,705
							Gemiddeld	2,7043

Algemeen: minimum 2.701 kg/m<sup>3</sup>; maximum 2.711 kg/m<sup>3</sup>; gemiddelde 2.706 kg/m<sup>3</sup>

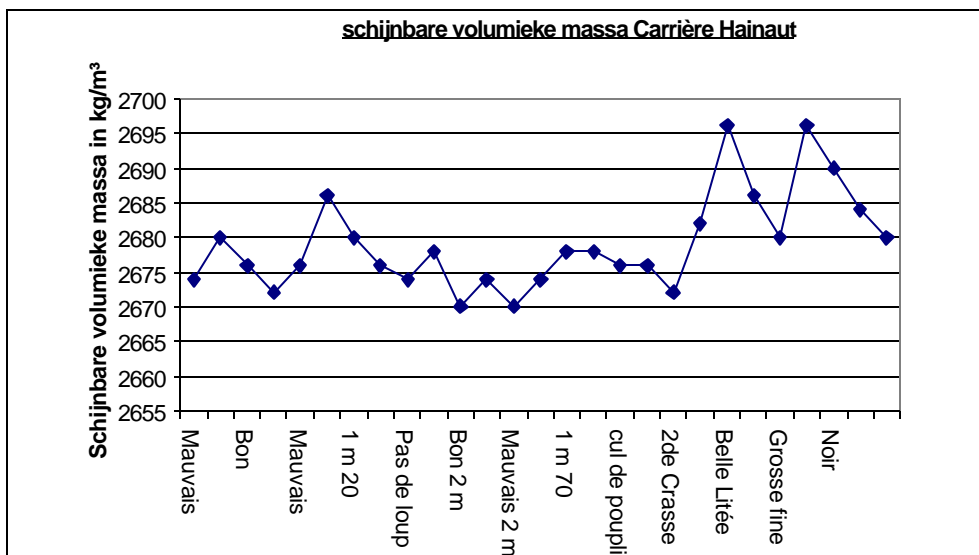
M1: constante massa van het gedroogde proefstuk.

M2: massa gewogen in water, van het met water verzadigde proefstuk.

M3: massa gewogen in lucht, na verzadiging met water en afdrogen van de blokken.

**Tabel 66: de schijnbare volumieke massa voor de groeve Saint Roch (Yvoir).**

De groeve Hainaut (Zinnik), de enige die in zijn eigen laboratorium continu de kwaliteit van zijn banken volgt, bepaalde onder meer voor elke laag de schijnbare volumieke massa (tabel 67 en fig. 186).



**Fig. 186: Voorstelling van de schijnbare volumieke massa van de monsters uit de groeve Hainaut.**

Zone	Dikte in m	laag	Dikte in m	schijnbare volumieke massa in kg/m <sup>3</sup>
1	3,7	Râches		
		Mauvais	0,7	2.674
			0,5	2.680
		Bon	0,7	2.676
			0,9	2.672
2	5,2	Mauvais	0,9	2.676
		Dure croûte	1	2.686
		1 m 20	1,2	2.680
		1 m 40	1,4	2.676
		Pas de loup	1,2	2.674
		Litée à dalles	1,7	2.678
3	17,1	Bon 2 m	2	2.670
		Mètre à épincer	1	2.674
		Mauvais 2 m	2	2.670
		3 m 10	3,1	2.674
		1 m 70	1,7	2.678
		70 du 1m70	2	2.678
		cul de poupli	0,3	2.676
		1ste Crasse	0,9	2.676
		2de Crasse	0,8	2.672
		Braye	0,8	2.682
		Belle Litée	0,7	2.696
		2de Belle	0,6	2.686
		4	4,6	Grosse fine
Blanche tache	0,8			2.696
Noir	0,8			2.690
Croya	0,4			2.684
				2.680

Tabel 67: Schijnbare volumieke massa voor de groeve Hainaut.

De maximale schijnbare volumieke massa in de groeve Hainaut bedraagt 2.696 kg/m<sup>3</sup>, de minimale waarde 2.670 kg/m<sup>3</sup> en de gemiddelde ongeveer 2.679 kg/m<sup>3</sup>. Op de technische fiche voor de groeve Hainaut bedraagt het gemiddelde 2.687 (± 15) kg/m<sup>3</sup>. Het gemiddelde ligt lager dan bij de groeve Saint-Roch.

Om tot de blauwe hardsteen te behoren volgens de definitie in de Appellation d'Origine Locale en de registratie van de benaming "Arduin – Belgische blauwe hardsteen" (hoofdstuk 1) moeten de kalkstenen een schijnbaar volumieke massa bezitten van minstens 2.640 kg/m<sup>3</sup>, waaraan de beide groeven dus voldoen.

Bij het bepalen van de porositeit maken we gebruik van dezelfde monsters als bij de bepaling van de schijnbare volumieke massa. De resultaten van deze proef op monsters uit de groeve Saint-Roch (Yvoir) worden weergegeven in tabel 68 en fig. 187.

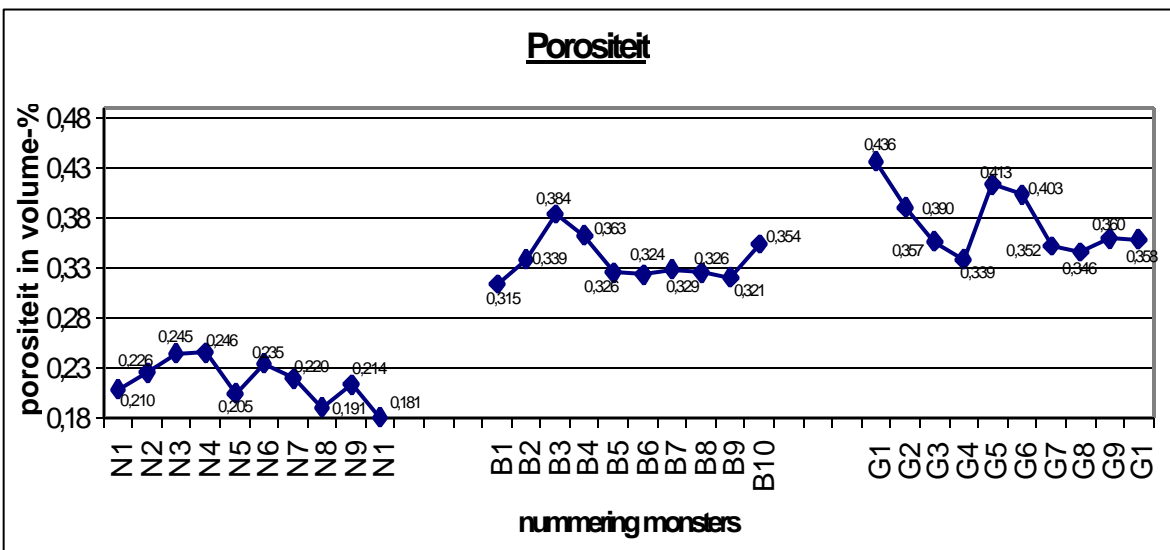


Fig. 187: Voorstelling van de porositeit van de monsters uit de groeve Saint Roch.

Nr.	A	Vs	P= 100xA/Vs	Porositeit (vol.%)	Nr.	A	Vs	P= 100xA/Vs	Porositeit (vol.%)
N1	0,25	119,30	0,209555	0,21	G1	0,5	114,64	0,436147	0,44 (max.)
N2	0,27	119,38	0,226168	0,23	G2	0,46	117,83	0,390392	0,39
N3	0,29	118,26	0,245222	0,25 (max.)	G3	0,42	117,65	0,356991	0,36
N4	0,29	117,88	0,246012	0,21	G4	0,4	118,15	0,338552	0,34 (min.)
N5	0,24	117,15	0,204865	0,20	G5	0,49	118,70	0,412805	0,41
N6	0,28	119,30	0,234702	0,23	G6	0,48	119,05	0,403191	0,40
N7	0,26	118,31	0,219761	0,22	G7	0,41	116,40	0,352233	0,35
N8	0,22	115,04	0,191237	0,19	G8	0,4	115,69	0,345751	0,35
N9	0,25	117,02	0,213638	0,21	G9	0,42	116,78	0,359650	0,36
N10	0,21	115,95	0,181112	0,18 (min.)	G10	0,43	120,02	0,358273	0,36
			gemiddeld	0,217				gemiddeld	0,375
G1	0,5	114,64	0,436147	0,44 (max.)					
G2	0,46	117,83	0,390392	0,39					
G3	0,42	117,65	0,356991	0,36				minimum	0,18
G4	0,4	118,15	0,338552	0,34 (min.)				gemiddeld	0,31
G5	0,49	118,70	0,412805	0,41				maximum	0,44
G6	0,48	119,05	0,403191	0,40					
G7	0,41	116,40	0,352233	0,35					
G8	0,4	115,69	0,345751	0,35					
G9	0,42	116,78	0,359650	0,36					
G10	0,43	120,02	0,358273	0,36					
			gemiddeld	0,375					

**Tabel 68: De open porositeit voor de monsters uit de groeve Saint Roch (Yvoir).**

We merken op dat er een duidelijk verschil in porositeit is tussen de drie verschillende lagen in de groeve Saint-Roch (fig. 187). Hierbij heeft de Noir de laagste open porositeit en de Gris de hoogste. In de groeve zelf ligt de Gris ook het dichtst bij het oppervlak, terwijl de Noir onderaan ligt. De Bleu heeft intermediaire waarden en bevindt zich in de groeve tussen de Noir en de Gris.

Op de technische fiche van de blauwe hardsteen van Yvoir bedraagt de open porositeit gemiddeld 0,19 ( $\pm$  0,14) vol %. In ons geval bedraagt het minimum 0,181 vol.% en het maximum 0,436 vol.%, met een gemiddelde van 0,31 vol%.

### 5.4.3 Druksterkte

De druksterkte of drukweerstand is een belangrijke parameter bij de keuze van het gesteente.

Bij de bepaling van de drukweerstand worden de proefstukken, na mechanische preparatie van de oppervlakken, op de platen van een testmachine gelegd en gecentreerd. Een uniform verdeelde kracht wordt opgewekt en continu verhoogd tot breuk optreedt.

De drukweerstand wordt berekend door de breuklast te delen door het belaste oppervlak van het proefstuk.

De vorm en grootte van het proefstuk zijn belangrijke factoren. De monsternamen en vervaardiging moet voorzichtig gebeuren zodat geen irreversibele vervormingen voor de proef mogelijk zijn. In ons geval zijn de proefstukken kubisch. Ook de toestand van de drukvlakken van de proefstukken is van groot belang. Oneffenheden van de drukvlakken zorgen voor lokale spanningsconcentraties en trekspanningen, hetgeen kan leiden tot vermindering van de sterkte van het proefstuk. Om de drukvlakken zo glad en effen mogelijk te maken, werden ze geschuurd met carborundum met korrel 400. De vlakheidstolerantie bedraagt 0,1 mm en de hoekafwijking is maximum 1 mm voor 100 mm.

De proef werd uitgevoerd op 30 kubussen uit de groeve Saint Roch (dezelfde kubussen waarop de schijnbare volumieke massa en de porositeit werden bepaald). Voor gesteenten waarvan de gemiddelde druksterkte hoger of gelijk is aan 40 N/mm<sup>2</sup>, en voor alle resultaten groter dan of gelijk aan 30 N/mm<sup>2</sup>, is het toegelaten kubussen te gebruiken met als zijde 50  $\pm$  5 mm (BUYLAERT, 1999).

Eerst worden de kubussen in een droogstoof tot constante massa gedroogd. Deze is bereikt wanneer het massaverschil tussen twee wegingen (tijdsinterval 24  $\pm$  2 u) kleiner is dan 0,1 %. De proefstukken worden bewaard bij een temperatuur van 20  $\pm$  2 °C tot het thermisch evenwicht bereikt is. Daarna moet de test binnen 24 uur worden uitgevoerd.



Het belaste oppervlak wordt bepaald door het meten van de laterale dimensie bovenaan en onderaan het proefstuk op 0,1 mm nauwkeurig. De metingen gebeuren loodrecht ten opzichte van elkaar en de gemiddelde laterale dimensie of gemiddelde diameter wordt gebruikt voor het berekenen van de doorsnede. De hoogte van het proefstuk wordt bepaald op 0,1 mm nauwkeurig.

Vooraleer het proefstuk in de drukpers te plaatsen, worden zowel de drukplaten van de testmachine gereinigd als de proefstukken zelf. Men plaatst het proefstuk tussen de twee platen van de hydraulische pers, die uitgerust is met een scharniergewicht. Hierbij dient men ervoor te zorgen dat het proefstuk perfect gecenterd is. De belastingsverdeling is zeer belangrijk. Een excentrische belasting leidt tot een lagere druksterkte. Vervolgens wordt het proefstuk op druk belast loodrecht op de gelaagdheid van de steen, waarbij de druk zonder schokken stijgt met een constante spanningssnelheid van  $1 \pm 0,5 \text{ N/mm}^2$  tot breuk optreedt. De breuklast wordt genoteerd. De oriëntering van de proefstukken ten opzichte van de gelaagdheid heeft een invloed op de waarde van de drukweerstand. Meestal worden de maximale waarden bekomen wanneer de hoek tussen de gelaagdheid en de richting van de druk  $30^\circ$  bedraagt en minimale waarden bij een hoek tussen  $0^\circ$  en  $15^\circ$  (BUYLAERT, 1999). Bij de drukweerstand, maar ook bij de buigweerstand, is de belastingssnelheid van groot belang. De belastingssnelheid moet aan het spanningvervormingsgedrag van het materiaal aangepast zijn. Voor natuursteen is deze begrepen tussen  $0,5$  en  $1,0 \text{ N/mm}^2$  per seconde. Hogere belastingssnelheden geven soms buitengewoon hoge breuklasten (PESCHEL, 1974).

De porositeit en de verdeling van de poriën die voor de hygrometrische eigenschappen van natuursteen verantwoordelijk zijn, zijn ook voor de druksterkte van belang. In het bijzonder is de opvulling van de poriën met water verantwoordelijk voor een vermindering in druksterkte. De afhankelijkheid van de druksterkte van de waterabsorptie is ook bij droge proefstukken duidelijk te zien (fig. 188).

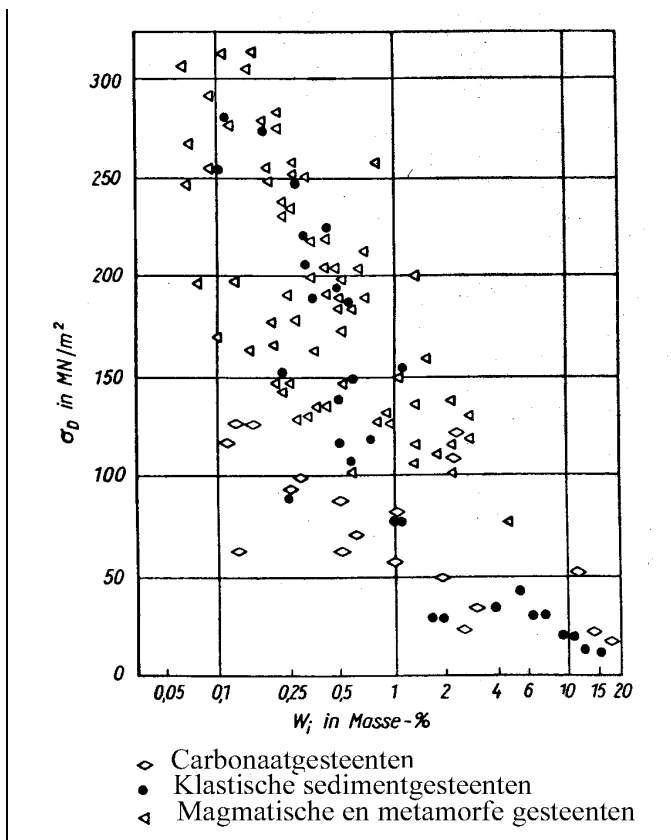


Fig. 188: Verband tussen de druksterkte ( $\sigma_D$ , droog) en de waterabsorptie ( $w_i$ ) van de proefstukken voor carbonaatgesteenten, klastische sedimentgesteenten en magmatische en metamorfe gesteenten. (PESCHEL 1977; naar meetwaarden van GRIGOROVIC 1972, LANGE 1975, LENTSCHIG 1971, PESCHEL 1974).

De drukweerstand  $R$  is gelijk aan de breuklast gedeeld door de oorspronkelijke doorsnede:  $R = F/A$ , met:  
 $R$ , de drukweerstand in  $\text{N/mm}^2$  ( $0,1 \text{ N/mm}^2$  nauwkeurig indien  $R < 40 \text{ N/mm}^2$  en  $1 \text{ N/mm}^2$  als  $R > 40 \text{ N/mm}^2$ ),  
 $F$ , de breuklast in  $\text{N}$ ,  
 $A$ , de doorsnede van het proefstuk in  $\text{mm}^2$  (op  $0,01 \text{ mm}^2$  nauwkeurig).

De gemiddelde drukweerstand wordt afgerond op dezelfde nauwkeurigheid als de individuele resultaten, hier dus op  $1 \text{ N/mm}^2$  omdat bij alle proefresultaten de gemiddelde drukweerstand meer dan  $40 \text{ N/mm}^2$  bedraagt. De resultaten voor de monsters uit de groeve Saint Roch (Yvoir) wordt weergegeven in tabel 69 en fig. 189.

Nr.	lengte (mm)	breedte (mm)	oppervlak (mm <sup>2</sup> )	kracht (N)	gemiddelde druksterkte (N/mm <sup>2</sup> )
N1	48,3	49,2	2376,36	454500	191,2589
N2	51,2	48,5	2483,2	476000	191,6881
N3	50,8	49,3	2504,44	453500	181,0784
N4	48,5	48,8	2366,8	433000	182,9474
N5	51,1	47,9	2447,69	460000	187,9323
N6	49	49,5	2425,5	422500	174,1909
N7	48,2	48,8	2352,16	446000	189,613
N8	47,8	47,9	2289,62	418500	182,7814
N9	51,3	47,7	2447,01	520000	212,5042
N10	48,8	47,3	2308,24	460500	199,5027
				gemiddeld	189,35
B1	48,7	48,5	2361,95	276000	116,8526
B2	50,2	48,8	2449,76	452000	184,5079
B3	50,7	47,9	2428,53	443500	182,6208
B4	48,3	48	2318,4	309000	133,2816
B5	48,9	49	2396,1	394500	164,6425
B6	48,1	48,1	2313,61	365500	157,9782
B7	48	49,4	2371,2	404000	170,3779
B8	50,5	49	2474,5	437500	176,8034
B9	48,3	48,1	2323,23	370000	159,261
B10	48,1	49	2356,9	403000	170,9873
				gemiddeld	161,73
G1	48,4	48,5	2347,4	335000	142,7111
G2	49	48,8	2391,2	347500	145,3245
G3	48,7	48,1	2342,47	317000	135,3272
G4	48,9	48,9	2391,21	323500	135,2872
G5	48,8	48,3	2357,04	383500	162,7041
G6	48,1	48,5	2332,85	381500	163,5339
G7	47,8	48,5	2318,3	358500	154,6392
G8	48,1	48,3	2323,23	406500	174,9719
G9	48,1	48,1	2313,61	284000	122,7519
G10	48,3	49,1	2371,53	447500	188,6967
				gemiddeld	152,6

**Tabel 69: De resultaten van de bepaling van de druksterkte van de monsters uit de groeve Saint Roch (Yvoir).**

Tijdens het uitvoeren van de proeven observeerden we de manier waarop de proefstukken werden gebroken (tabel 70).

B1 was een monster waarvan de ader na het polijsten langer vochtig bleef. Dit wijst erop dat de ader niet volledig gevuld is of opgevuld is met kleiig of organisch materiaal. Dit verklaart waarschijnlijk de lage druksterkte van dit monster. De aanwezigheid van stylolieten heeft weinig invloed op de druksterkte. We kunnen dus aannemen dat een steen met fijne stylolieten niet noodzakelijk minder van kwaliteit is. We hebben hier geen proeven op fijne en dickere stylolieten, aangezien het moeilijk is om in eenzelfde laag beide soorten aan te treffen, wat noodzakelijk is om echte afleidingen te maken.

Wat sterker opvalt is dat de Noir, met zijn laagste porositeit, de hoogste druksterkte heeft, terwijl de Gris, met de hoogste porositeit eerder lagere waarden heeft.

Op de technische fiche van de groeve Saint-Roch bedraagt de gemiddelde druksterkte 159,4 MPa of N/mm. Om tot de blauwe hardsteen te behoren volgens de definitie in de Appellation d'Origine Locale en de registratie van de benaming "Arduin – Belgische blauwe hardsteen" (hoofdstuk 1) moeten de kalkstenen een druksterkte bezitten van minstens 110 MPa, waaraan de groeve dus voldoet. De gemiddelde druksterkte bij de 30 monsters beproefd in het kader van deze scriptie bedraagt 168 MPa, waarbij de minimale waarde 117 MPa is.

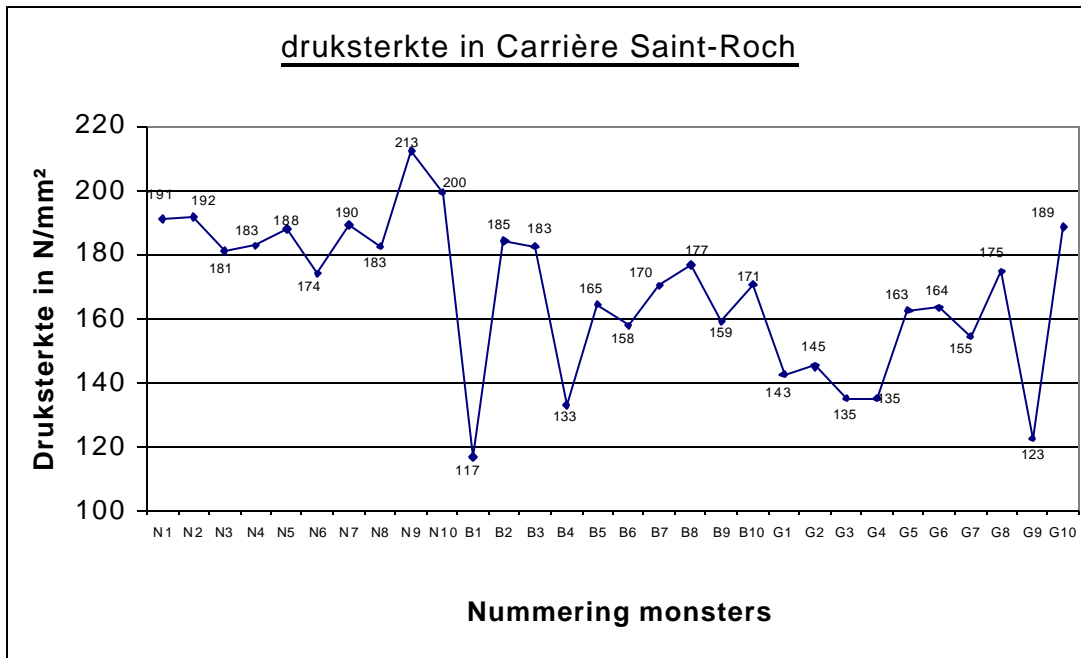


Fig. 189: Voorstelling van de druksterkte op de monsters van de groeve Saint Roch.

Nr.	Beschrijving monster en bespreking breuk
N1	Homogeen gebarsten, zonder preferentiële richting
N2	Styloliet evenwijdig met de gelaagdheid. Homogeen gebarsten, zonder preferentiële richting
N3	Styloliet evenwijdig met de gelaagdheid. Homogeen gebarsten, zonder preferentiële richting
N4	Homogeen gebarsten, zonder preferentiële richting
N5	Homogeen gebarsten, zonder preferentiële richting
N6	Verschillende stylolieten evenwijdig met de gelaagdheid; Homogeen gebarsten, zonder preferentiële richting
N7	We krijgen een schuine slijting die redelijk homogeen is
N8	Er is een klein breukje, dwars op de gelaagdheid aanwezig. Homogeen gebarsten, zonder preferentiële richting
N9	Hier oefent men de maximale druk uit van meer dan 520 kN en het monster is nog niet gebarsten
N10	Homogeen gebarsten, zonder preferentiële richting
B1	Ader evenwijdig met de gelaagdheid. Homogeen gebarsten, zonder preferentiële richting
B2	Witte ader loodrecht op de gelaagdheid. De barst verloopt schuin op de gelaagdheid
B3	Witte ader loodrecht op de gelaagdheid. Homogeen gebarsten, zonder preferentiële richting
B4	Homogeen gebarsten, zonder preferentiële richting
B5	Homogeen gebarsten, zonder preferentiële richting
B6	Witte, fijne adertjes, dwars op de gelaagdheid. Gebogen breuk, dwars op de witte adertjes
B7	Grote witte vlekken. Homogeen gebarsten, zonder preferentiële richting
B8	Witte lijnen evenwijdig met de gelaagdheid. Homogeen gebarsten, zonder preferentiële richting
B9	Witte fijne lijnen loodrecht op de gelaagdheid. Homogeen gebarsten, zonder preferentiële richting
B10	Witte vlek aanwezig. Homogeen gebarsten, zonder preferentiële richting
G1	Aanwezigheid van stylolieten. Homogeen gebarsten, zonder preferentiële richting
G2	Aanwezigheid van stylolieten. Barst volgens de stylolieten
G3	Homogeen gebroken volgens de gelaagdheid
G4	Ader dwars op de gelaagdheid. De breuk volgt de ader niet. Homogeen gebarsten, zonder preferentiële richting
G5	Homogeen gebarsten, zonder preferentiële richting
G6	Homogeen gebarsten, zonder preferentiële richting
G7	Kleine stylolieten ongeveer evenwijdig met de gelaagdheid. Homogeen gebarsten, zonder preferentiële richting
G8	Homogeen gebarsten, zonder preferentiële richting
G9	Ader loodrecht op de gelaagdheid; Homogeen gebarsten, zonder preferentiële richting
G10	Homogeen gebarsten, zonder preferentiële richting

Tabel. 70: Beschrijving van de monsters en bespreking van de breuk bij de bepaling van de druksterkte.

Wanneer we de druksterkte uitzetten t.o.v. de porositeit (fig. 190), dan merken we als algemene trend dat naarmate de porositeit toeneemt, de druksterkte afneemt.

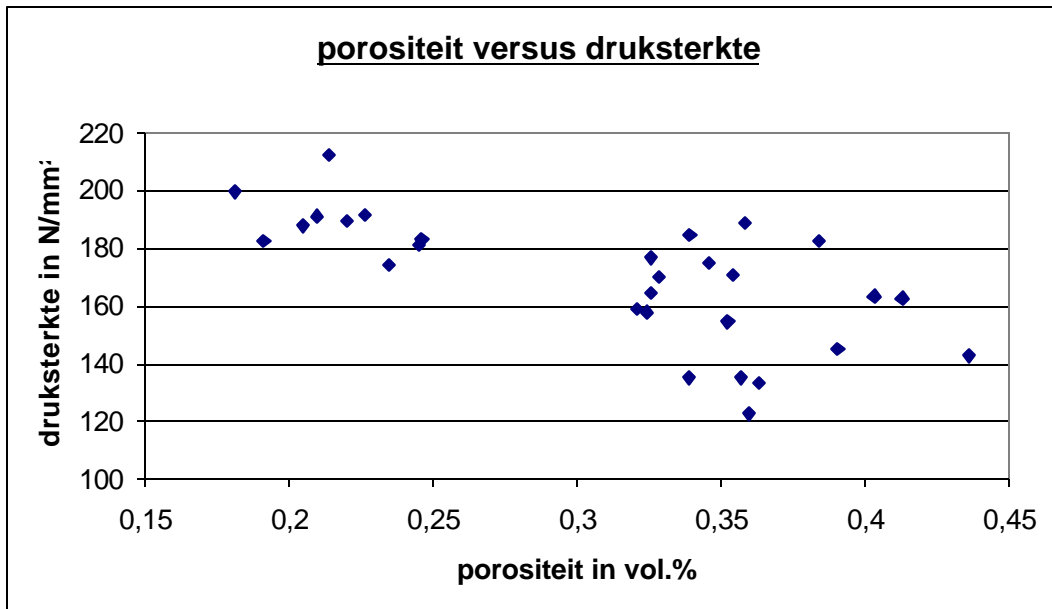


Fig.190: Voorstelling van de porositeit versus de druksterkte van de monsters uit de groeve Saint Roch (Yvoir).

De gegevens van de bepaling van de druksterkte voor de lagen van de groeve Hainaut worden weergegeven in tabel 71 en fig. 191.

Zone	Dikte in m	laag	Dikte in m	druksterkte in N/mm <sup>2</sup>
1	3,7	Râches		
		Mauvais	0,7	178,2
			0,5	125,6
		Bon	0,7	142,7
			0,9	123,1
		Mauvais	0,9	155
2	5,2	Dure croûte	1	201,9
		1 m 20	1,2	158,8
		1 m 40	1,4	169,5
		Pas de loup	1,2	167,2
		Litée à dalles	1,7	169,2
3	17,1	Bon 2 m	2	132,2
		Mètre à épincer	1	136,7
		Mauvais 2 m	2	133,7
		3 m 10	3,1	154,6
		1 m 70	1,7	133
		70 du 1m70	2	155,8
		Cul de poupli	0,3	135,3
		1ste Crasse	0,9	123,1
		2de Crasse	0,8	143,3
		Braye	0,8	132,5
		Belle Litée	0,7	170,4
		2de Belle	0,6	133,8
4	4,6	Grosse fine	2	149,5
		Blanche tache	0,8	158,4
		Noir	0,8	142,6
		Croya	0,4	141,3
				148,8

Tabel 71: De resultaten van de bepaling van de druksterkte van de monsters uit de groeve Hainaut.



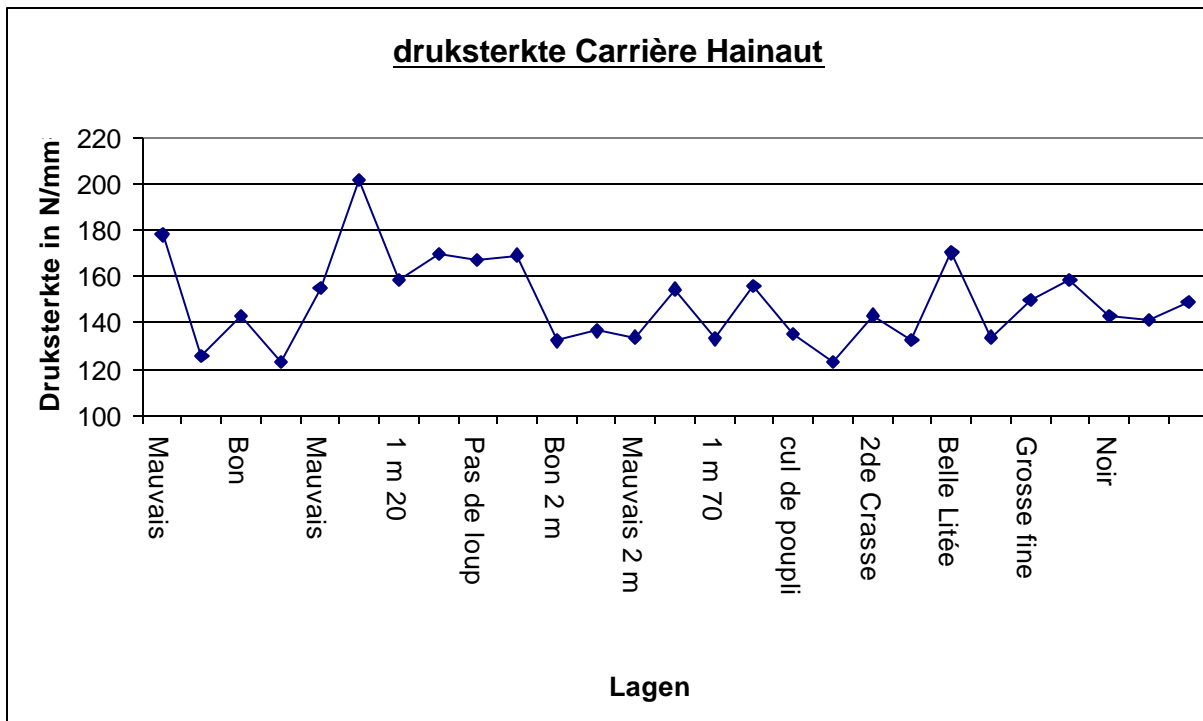


Fig. 191: Voorstelling van de druksterkte in de groeve Hainaut.

We merken op dat de gemiddelde druksterkte van de monsters uit de groeve Hainaut 148,8 N/mm<sup>2</sup> bedraagt. Op de technische fiche van de groeve Hainaut bedraagt de gemiddelde druksterkte 157,9 MPa of N/mm. Om tot de blauwe hardsteen te behoren volgens de definitie in de Appellation d'Origine Locale en de registratie van de benaming "Arduin – Belgische blauwe hardsteen" (hoofdstuk 1) moeten de kalkstenen een druksterkte bezitten van minstens 110 MPa, waaraan de groeve dus voldoet.

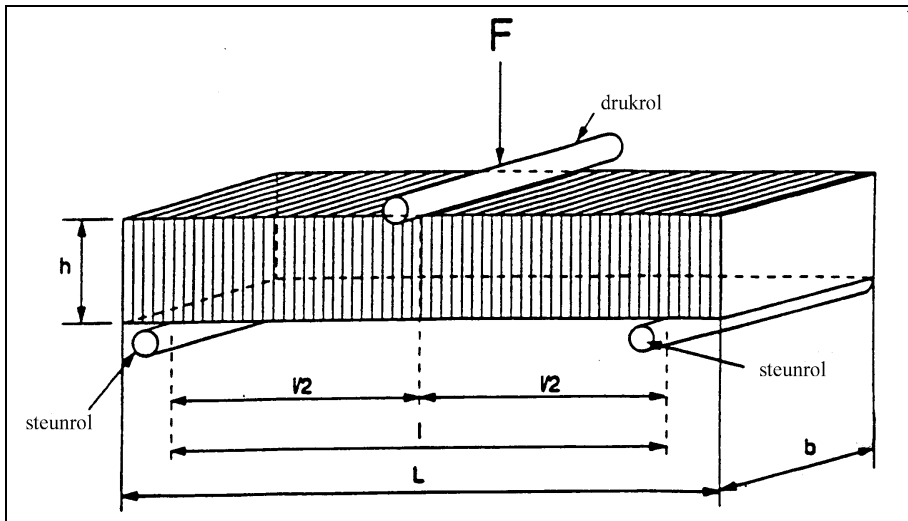
Volgens MALÉCOT (1866) zorgen de zogenaamde "fouten" in de steen voor een daling van de weerstand. Tot deze fouten behoren onder meer de verweerde delen (ousins), de geodes, de holten gevuld met verweerd materiaal, de witte en de zwarte aders.

De kalksteenbanken van het Tournaisiaan, en vooral deze van de groeven rond de Maas en de vallei van de Samber, worden vaak doorkruist door witte calcieters (MALÉCOT, 1866). Volgens hem schaden deze aders de kwaliteit van de steen niet, indien ze zeer fijn zijn. Wanneer ze zigzaggen en een beetje dikker zijn, doen zij nauwelijks de weerstand van het gesteente dalen. Indien ze geel zijn, betekenen ze een duidelijke verzwakking, doordat het ijzeroxide, dat voor de gele kleuring zorgt, geen volledige kristallisatie toelaat (MALÉCOT, 1866). Zwarte aders zijn meestal zeer dun en evenwijdig aan de gelaagdheid. Ze beïnvloeden nauwelijks de weerstand.

#### 5.4.4 Buigtreksterkte

De buigtreksterkte van de blauwe hardsteen bedraagt ongeveer 10 % van zijn druksterkte. De buigsterkte hangt af van de homogeniteit van het gesteente alsook van de aanwezigheid van microbarstjes. De buigsterkte wordt dus, net zoals de druksterkte, beïnvloed door de samenstelling van het gesteente en door de korrelgrootte.

In praktijk gebeurt de proef eerder door buiging, dan door rechtstreekse rek. De proef wordt uitgevoerd op proefstukken, welke tot een constante massa zijn gedroogd. De afmetingen van de proefstukken worden bepaald afhankelijk van hun dikte (h) begrepen tussen 25 mm en 100 mm, waarbij de lengte (L) gelijk moet zijn aan 6h en de breedte (b) begrepen moet zijn tussen 50 mm en 3h. Het proefstuk wordt op twee steunrollen geplaatst met een diameter van 20 mm en een tussenafstand van 5h. De belasting wordt uitgeoefend door middel van een centrale drukrol van 20 mm diameter evenwijdig aan de steunrollen. Het proefstuk breekt onder toenemende belasting (fig. 192, foto 91). De belasting stijgt gelijkmatig met een spanningssnelheid van 0,25 (± 0,05)N/mm<sup>2</sup> per seconde tot het proefstuk breekt. Uit de af te lezen breukbelasting berekent men de buigtreksterkte. Tijdens de proef kunnen eventueel ook vervormingen gemeten worden.



**Fig. 192:** Voorstelling van het principe van de buigproef uitgevoerd op een balk met lengte ( $L$ ), breedte ( $b$ ), en hoogte ( $h$ ); de overspanning is  $l$ . (Uit het Europese normontwerp prEN 12372: 1996).

De buigtreksterkte in  $N/mm^2$  op 0,1  $N/mm^2$  na, wordt berekend aan de hand van volgende formule:  $s = 3Fl/2bh^2$ , Hierbij is  $F$  de breukbelasting in  $N$ ,  $l$  de afstand tussen de steunrollen in  $mm$  (op 0,1  $mm$  na),  $b$  de breedte van het proefstuk in  $mm$  (op 0,1  $mm$  na) en  $h$  de dikte van het proefstuk in  $mm$  (op 0,1  $mm$  na). In de formule van de buigtreksterkte gaan we uit van een balk met lengte  $L$ , breedte  $b$  en hoogte (dikte)  $h$ . Deze wordt bovenaan in het midden met een kracht  $F$  via een drukrol uniform belast. De balk ligt op twee steunrollen op een afstand  $l$  van elkaar verwijderd (fig. 192).



**Foto 91:** Toestel voor de bepaling van de buigtreksterkte.

We gebruikten voor de proef proefstukken met en zonder witte aders, afkomstig van dezelfde monsters uit de groeve Hainaut. De resultaten worden vermeld in tabel 72 en 73 en zijn weergegeven op fig. 193.

We zien duidelijk dat de stukken zonder witte ader telkens een hogere buigtreksterkte hebben dan deze met witte aders (fig. 193). De technische fiche van de groeve vermeldt een gemiddelde buigtreksterkte van 16,7  $MPa$  of  $N/mm^2$ , met een standaarddeviatie van 2,5. Bij ons bedraagt de gemiddelde buigtreksterkte 16,46  $N/mm^2$ , met gemiddeld voor de monsters met dikkere witte aders 13,54  $N/mm^2$  en 18,64  $N/mm^2$  voor de monsters zonder aders of eventueel met fijne witte aders.

We merken op dat monsters met dikke witte aders, meer dan 1  $mm$  dik, gewoonlijk volgens de aders breken (tabel 73) en een buigtreksterkte hebben die gemiddeld 5  $N/mm^2$  lager is dan de andere.

Nr.	h (mm)	b (mm)	l (mm)	F (N)	Rtf	Beschrijving monster	
1	20,75	98,05	115	4065	16,60986	centraal Michelinia	steen 1
2	20,95	94,8	115	4330	17,95149	nihil	steen 1
3	31,1	95,1	150	4135	10,11479	witte ader van 4 mm dik	steen 2
4	20,95	99,4	100	4055	13,94208	witte ader van 3 mm dik	steen 3
5	20,75	99,4	100	3050	10,68977	witte ader van 5 mm dikte	steen 4
6	21,95	58,6	100	2205	11,71475	witte aders van 1 en 3,5 mm dik	steen 5
7	14,55	47,9	75	1700	18,85992	fijne witte ader	steen 6
8	14,55	49,2	75	1560	16,84946	fijne witte ader	steen 6
9	14,5	48,7	75	1555	17,08512	fijne witte ader	steen 6
10	14,55	54,2	75	1990	19,51104	nihil	steen 7
12	14,55	50,3	75	1600	16,90357	fijne witte ader	steen 9
13	14,5	48,8	75	2020	22,14869	fijne witte ader	steen 9
14	14,55	52,9	75	2010	20,19142	fijne witte ader	steen 9
15	14,6	53,6	75	2080	20,48073	ader dooft uit	steen 9
16b	21,1	98,7	115	4650	18,25408		steen 9
16d	21	98,9	115	5600	22,14839		steen 10
17	22,85	101	115	4240	13,86951	witte ader, 3 mm dik	steen 11
18	22,75	92,9	115	3727	13,37119	witte ader van 3 mm dik	steen 11
19	22,8	102,5	115	6200	20,07184	nihil	steen 11
20	22,8	95,9	115	4100	14,18681	nihil	steen 11
21a	22,35	99,8	100	4295	12,92316	witte ader van 2 mm dik	steen 12
21b	22,3	100,5	115	3905	13,47828	witte ader van 2 mm dik	steen 12
21c	22,45	100	115	5640	19,30348	zéér fijne ader, meer fossielen	steen 12
21d	22,6	98	115	4600	15,85273	witte ader van 2 mm dik	steen 12
22a	20,8	101,5	115	3530	13,86664	witte ader van 2 mm dik	steen 13
22b	20,85	98	115	4045	16,37832	2 witte aders van 2 mm dik en Michelinia	steen 13
22c	20,85	98,2	115	5070	20,48677	nihil	steen 13
23a	22,75	99,1	115	4290	14,42813	witte ader van 2 mm dik	steen 14
23b	22,8	98,25	115	4010	13,54351	twee witte aders van 2 mm dik	steen 14
23c	22,75	100,5	115	5350	17,74247	nihil	steen 14
23d	22,8	98,65	115	5030	16,91961	nihil	steen 14
24a	22,7	103,1	115	4155	13,49117	witte ader van ongeveer 2 mm dik	steen 15
24b	22,85	100,9	115	4720	15,45495	twee witte aders van ongeveer 2 mm dik	steen 15
24c	22,8	104,3	115	6000	19,08914	nihil	steen 15
24d	22,8	98,7	115	5380	18,08775	nihil	steen 15

Tabel 72: Resultaten van de bepaling van de buigtreksterkte op monsters uit de groeve Hainaut.

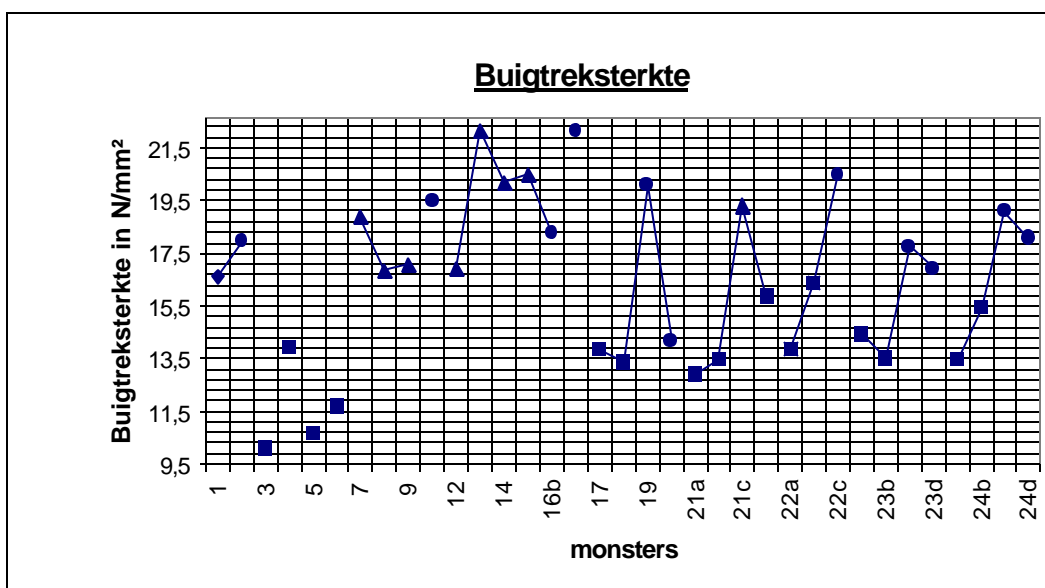
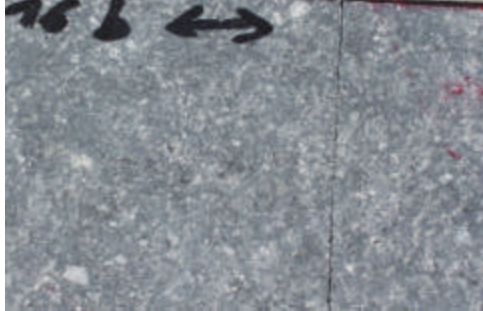





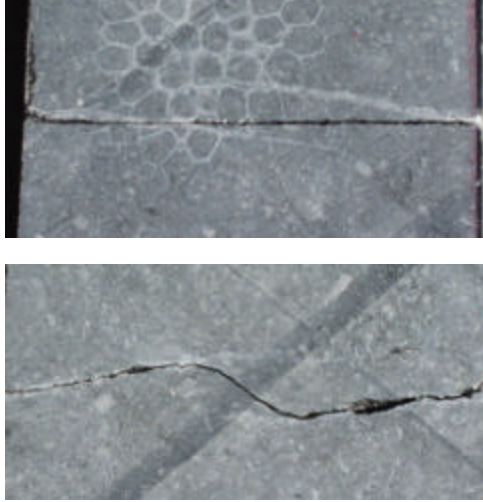





Fig. 193: De buigtreksterkte van de monsters uit de groeve Hainaut. Monsters met een dikke witte ader worden weergegeven door een vierkant, deze met een fijne witte ader, door een driehoek en deze zonder ader door een cirkel.

Nr.	bovenaanzicht	zijaanzicht	bespreking
16b			<p>Hier loopt de breuk niet langs een ader. Ze is eerder recht en bevat geen calciestresten uit aders.</p>
17			<p>De breuk volgt een ader.</p>
22a			<p>De breuk volgt duidelijk de ader.</p>
22b			<p>De breuk volgt een deel van 2 aders. Bovenaan geeft ze de indruk van recht te zijn, onderaan verspringt ze duidelijk van aders</p>
23d			<p>Hier loopt de breuk eerder willekeurig. We zien ook op het zijaanzicht dat er geen resten van calciet in aders in het breukvlak aanwezig zijn. Verder merken we op dat de breuk eerder recht is.</p>

Tabel 73: Beschrijving van de lokalisatie van de breuken, gevormd tijdens de bepaling van de buigtreksterkte.



### Microscopisch onderzoek

Van een aantal monsters met witte aders werden slijpplaatjes voor microscopisch onderzoek gemaakt. Het blijkt dat in de fijne witte niet brekende aders de calcietskristallen gewoonlijk de volledige breedte van de ader uitmaken (foto 92). Het blijkt ook dat in de dikkere witte niet brekende aders de calcietskristallen gewoonlijk goed met elkaar vergroeid zijn (foto 93).

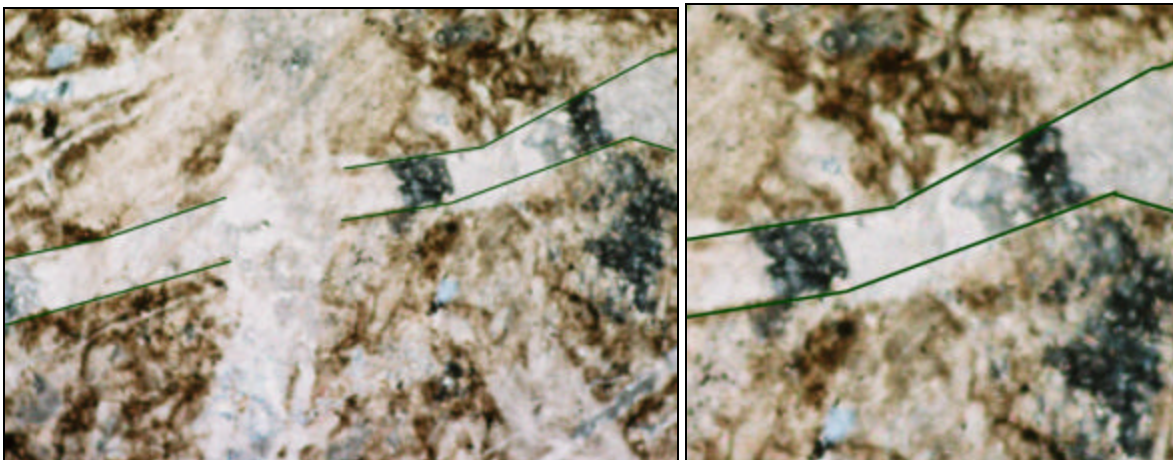


Foto 92: Fijne witte ader waar de calcietskristallen de volledige breedte van de ader innemen.

Bij de dikkere witte breekbare aders hebben de calcietskristallen zich gelijktijdig aan beide zijanten van de ader ontwikkeld, waarbij het materiaal dat niet in de kristallen werd opgenomen, zich centraal in de ader bevond (foto 94). Hierdoor ontstaat in het centrale deel van deze zonnere aders een zwaktezone die sneller tot breuk leidt.

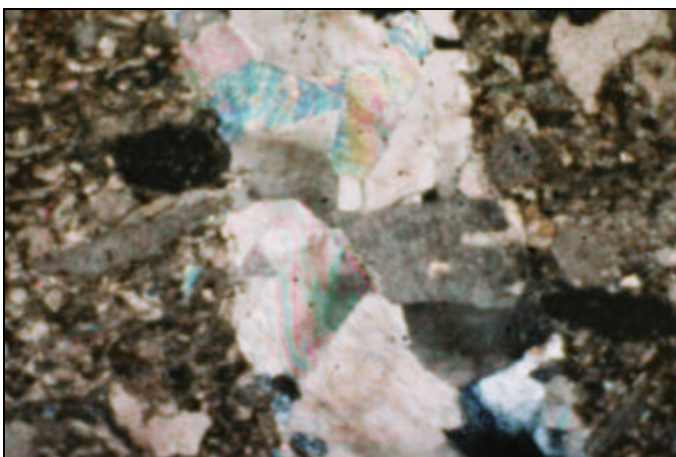


Foto 93: Dikke witte ader (2 mm) met volledig vergroeide calcietskristallen.

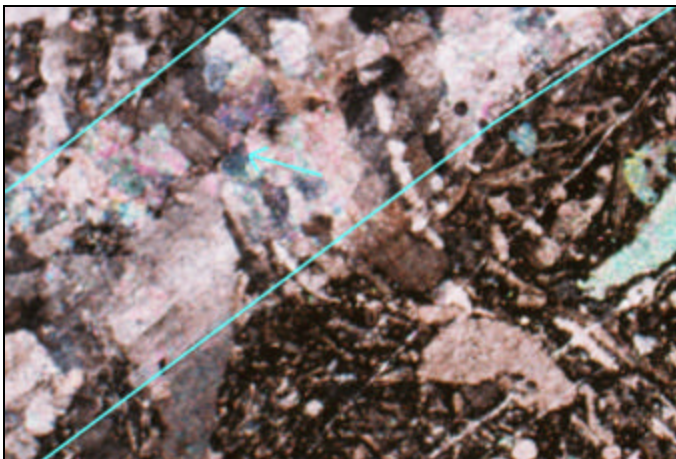


Foto 94: Dikke witte ader waarbij langs beide kanten de calcietskristallen gegroeid zijn, gescheiden door het centrale restmateriaal.

Grovere kristallen in de aders wijzen op een tragere kristalgroei waarbij onzuiverheden niet in de kristalstructuur worden opgenomen en als zwarte slierten in het midden van de ader voor watervasthoudende zwaktezones kunnen zorgen. Fijnere kristallen in de aders wijzen dikwijls op een snellere kristalgroei, waarbij er makkelijker onzuiverheden in de kristalstructuur worden opgenomen en niet tot een zonaire opbouw leiden, met een zwaktezone in het midden. Hierdoor zijn de meeste aders met fijne kristallen minder zwak dan deze met grovere kristallen. Ook sommige fijne aders kunnen zonair opgebouwd zijn of onvolledig gevuld, wat tot een verzwakking leidt.

De meeste dikke aders zijn van het brekende type, terwijl de meeste dunne aders vrij resistent zijn.

#### 5.4.5 Geluidssnelheid door steen

De geluidssnelheid door een gesteente wordt bepaald door de aard en toestand van het onderzochte materiaal: onder meer door de porositeit, het vochtgehalte, de aard van de samenstellende deeltjes en de microscheurtjes. Het is een methode die gebruikt wordt om gesteenten op een vrij nauwkeurige niet-destructieve, eenvoudige manier te karakteriseren. Men kan hiermee materialen snel identificeren en kwaliteitsverschillen kunnen worden nagegaan. Geluidssnelheden worden onder andere gebruikt om de invloed van verweringsproeven (zuurproef, hitteproef en vorstproef) op het materiaal na te gaan.

Het principe van de bepaling van de geluidssnelheid houdt het meten van de doorgangstijd van het geluid in. Voor proefstukken van kleine afmetingen (kubussen van 50 of 70 mm zijde) wordt het monster op voorhand gedroogd en een zender en ontvanger worden tegenover mekaar geplaatst op een gekende afstand  $l$ . Daarna wordt de zender, bestaande uit een kwartskristal, onderworpen aan een elektrische puls van ongeveer 1.000 V, waardoor hij een impuls uitstuurt. De ontvanger, die de aankomst van de puls registreert, meet de tijd  $t$  (in microseconden) die het signaal nodig heeft om hem te bereiken. De voortplantingssnelheid van het geluid  $V$  wordt berekend met de volgende formule:  $V=l/t$

Soort gesteente	Geluidssnelheid (m/s)
Graniet	4000 - 7000
Kalksteen	2400 - 6200
Kwartsiet	5000 - 6400
Marmmer	3800 - 6200
Travertijn	2200 - 4800
Zandsteen	1200 - 5600

Tabel 74: Geluidssnelheden doorheen een aantal steensoorten (WTCB, TV 205).

De Blauwe hardsteen van het Midden-Tournaisiaan (Yvoir) heeft, volgens de technische fiche, een gemiddelde geluidssnelheid van 5.550 m/s, met een minimum van 5.387 m/s en een maximum van 5.713 m/s. Al de andere Belgische blauwe hardsteen heeft, volgens de technische fiche een gemiddelde geluidssnelheid van 5.527 m/s, met een minimum van 5.367 m/s en een maximum van 5.687 m/s.

#### 5.4.6 Elasticiteitsmodulus

Heel wat eigenschappen van gesteenten worden bepaald door de wijze waarop ze reageren op krachten. Deze krachten veroorzaken een spanningstoestand die leidt tot vervormingen. De verhouding tussen de aangebrachte spanning en de vervorming is de basis voor de bepaling van de elasticiteitsmodulus. De elasticiteitsmodulus is een materiaaleigenschap die in de natuursteensector een steeds grotere rol gaat spelen. Men onderscheidt de dynamische elasticiteitsmodulus en de statische elasticiteitsmodulus.

De elasticiteitsmodulus (of modulus van Young)  $E$  wordt door de wet van Hooke gedefinieerd als de verhouding tussen de aangebrachte spanning  $\sigma$  en de vervorming  $\epsilon$ :  $E = \sigma / \epsilon$

met  $E = \Delta L / L$ , waarbij  $\Delta L$  de lengteverandering is en  $L$  de oorspronkelijke lengte.

Aangezien  $\epsilon$  dimensieloos is en  $\sigma$  uitgedrukt wordt in  $N/mm^2$ , heeft  $E$  dezelfde dimensie als de spanning.

De longitudinale statische elasticiteitsmodulus wordt door een geleidelijk toenemende belasting en meting van de lengteverandering van het proefstuk bepaald:  $E_s = \sigma / \epsilon$ . Ze wordt gewoonlijk bepaald door het meten van de langsvormingen van een proefstuk dat onderworpen wordt aan een geleidelijke aangroeiende drukkracht. Deze proef wordt beperkt tot een spanning die niet groter mag zijn dan een bepaalde waarde, die vooraf berekend wordt uitgaande van de gekende of vooraf bepaalde druksterkte.

De longitudinale dynamische elasticiteitsmodulus  $E_d$  is de tangens van de hellingshoek in de oorsprong van een spanning-vervormingscurve bepaald door een normale statische belastingsproef. De  $E_d$  wordt uit de meting van de geluidssnelheid of de resonantiefrequentie berekend, rekening houdend met een reeks parameters van het proefstuk en van het gesteente.

De blauwe hardsteen van het Boven-Tournaisiaan heeft, volgens de technische fiche, een gemiddelde statische elasticiteitsmodulus van 86,9 GPa, met een minimum van 78,5 GPa en een maximum van 95,3 GPa. De gemiddelde dynamische elasticiteitsmodulus van deze blauwe hardsteen bedraagt 77,6 GPa, met een minimum van 74,9 GPa en een maximum van 80,3 GPa. De blauwe hardsteen van het Midden-Tournaisiaan heeft, volgens de technische fiche, een gemiddelde statische elasticiteitsmodulus van 86,3 GPa, met een minimum van 82,3 GPa en een maximum van 90,3 GPa. De gemiddelde dynamische elasticiteitsmodulus van deze blauwe hardsteen bedraagt 78,4 GPa, met een minimum van 77,4 GPa en een maximum van 79,4 GPa.

#### 5.4.7 Krasbreedte

Deze hardheidsmeting is voornamelijk van toepassing op kalksteen. Met de bepaling van de krasbreedte kan voor ieder gesteente een cijferwaarde voor de hardheid bekomen worden. Deze methode biedt het voordeel dat de waarden in betrekking kunnen gebracht worden met de fysische en mechanische karakteristieken.

In de mineralogie werd door Friedrich Mohs in 1824 een relatieve hardheidsschaal ingevoerd. Deze bestaat uit tien mineralen waarbij ieder mineraal het voorgaande mineraal krast.

Daar de hardheidsschaal volgens Mohs opgesteld is voor mineralen, kan men voor de meeste gesteenten, opgebouwd uit verschillende mineralen en als dusdanig heterogeen van hardheid, geen juiste hardheidswaarde weergeven (tabel 75).

Mineraal	Hardheid volgens Mohs
talk	1
gips	2
calciet	3
fluoriet	4
apatiet	5
orthoklaas	6
kwarts	7
topaas	8
korund	9
diamant	10

**Tabel 75: Relatieve hardheidsschaal volgens Mohs.**

De hardheidskarakteristiek, bepaald door de methode van de krasbreedte, wordt bekomen door de breedte te meten van een, op een effen oppervlak van een gesteenteblok, gemaakte kras. De bekomen waarde zal in betrekking staan met de moeilijkheid van behouwen en met de slijtage van de instrumenten. De breedte van de krassen varieert doorgaans tussen 0,1 mm voor de hardste steensoort en 3,5 mm voor de zachtste. De breedte van de krassen bij blauwe hardsteen bedraagt gemiddeld 0,22 mm met een minimum van 0,19 mm en een maximum van 0,25 mm.

De proef wordt uitgevoerd op vlak geslepen oppervlakken gedroogd zijn tot een constante massa. Men gebruikt dan de sclerometer van Martens, welke bestaat uit een kleine wagen rustend op twee wielen en een pen van behandeld staal, die belast wordt met een massa van 3 kg.

Met een handgreep wordt de wagen over het proefstuk getrokken en wordt het oppervlak bekrast. Het deel van de plaat waarop de proef gebeurt, wordt vooraf zwart gemaakt voor een beter contrast. Op deze wijze worden op regelmatige afstand krassen getrokken met een lengte van ongeveer 10 tot 12 cm. Op iedere kras en op regelmatige intervallen verricht men 10 aflezingen van de krasbreedte met behulp van een vergrootglas, waarmee men tot op 1/10 mm nauwkeurig kan meten. Men berekent dan de gemiddelde krasbreedte van de proefplaat op ten minste 40 metingen.

De blauwe hardsteen van het Boven-Tournaisiaan heeft, volgens de technische fiche, een gemiddelde krasbreedte van 0,22 mm, met een minimum van 0,19 mm en een maximum van 0,25 mm. De Blauwe hardsteen van het Midden-Tournaisiaan heeft, volgens de technische fiche, een gemiddelde krasbreedte van 0,19 mm, met een minimum van 0,15 mm en een maximum van 0,23 mm.

#### 5.4.8 Thermische vervormingen

Natuurstenen reageren net als de meeste natuurlijke materialen op temperatuurschommelingen. Een stijging of daling van de temperatuur veroorzaakt een verlenging of een verkorting die evenredig is met de temperatuurschommeling en afhangt van de aard van het materiaal. Bij het plaatsen van natuursteenelementen (bv. platen aan gevels) moet men rekening houden met het thermisch gedrag van het gesteente en de draagconstructie (bv. beton) ter bepaling van de vereiste voegbreedte en van de belasting op het gebruikte verankeringsysteem.

De thermische uitzettingscoëfficiënt, welke bij elk gesteente verschillend kan zijn en zorgt voor een verschillende reactie bij temperatuursverschillen, wordt gegeven door:  $a = \epsilon / \Delta t$  met  $\Delta t$  het temperatuursverschil in K (of °C),  $\epsilon$  de verlenging (of verkorting) van de plaat in mm/m en  $\alpha$  de thermische uitzettingscoëfficiënt in mm/mK.

De proef ter bepaling van de thermische uitzettingscoëfficiënt wordt uitgevoerd, na het drogen tot constante massa bij  $70 \pm 5$  °C, op een van de twee grootste vlakken van een prisma. Metalen meetpunten worden op een afstand van 200 mm in twee loodrechte richtingen op een vlak gelijmd. De metingen worden uitgevoerd bij verschillende achtereenvolgende temperaturen, die minstens gedurende één dag worden aangehouden. Het verschil tussen twee temperaturen moet minstens 20°C bedragen. Een reeks van temperaturen kan zijn: 20, 45, 70, 45, 20, -20 en 20 °C.

Materiaal	Thermische uitzetting ( $10^{-3}$ mm/mK)
Beton	11.7
Gneis	5 – 8
Graniet	5 – 9
Kalksteen	3 – 7
Leisteen	2 – 10
Marmer	1 – 16

**Tabel 76: Indicatieve cijfers voor de thermische uitzetting van enkele materialen (WTCB, TV 205).**

De blauwe hardsteen van het Boven-Tournaisiaan heeft, volgens de technische fiche, een gemiddelde thermische vervorming van 0,0046 mm/mK met een minimum van 0,0036 mm/mK en een maximum van 0,0056 mm/mK. De blauwe hardsteen van het Midden-Tournaisiaan heeft, volgens de technische fiche, een gemiddelde thermische vervorming van 0,0048 mm/mK met een minimum van 0,0038 mm/mK en een maximum van 0,0058 mm/mK.

#### 5.4.9 Schoksterkte

De bepaling van de schoksterkte is belangrijk voor vloeren en gevelbekledingen. Er wordt hierbij normaal gezien onderscheid gemaakt tussen schokken voor vloeren en deze voor gevelbekledingen.

In de Belgische norm, NBN B 27-005, wordt de stootproef beschreven die men gebruikt voor het testen van vloerbedekkingen en van elementen in contact met de vloer. In deze proef laat men een gietijzeren bol van 1 kg van op respectievelijk 0,5 m, 1 m, 1,5 m, 1,8 m en 2.2 m vallen op tegels die vooraf in een vol mortelbed zijn gelegd en men beschrijft de eventuele opgelopen schade die tijdens de proef ontstaat, alsook de valhoogte vanaf wanneer de tegel breekt. Zeer belangrijk op de invloed van de resultaten is de plaatsingsvoorwaarde van de tegels. Daarom wordt aangeraden om de proef uit te voeren op het geheel draagconstructie/mortel/tegel, zoals het in de praktijk voorkomt. Om verschillende soorten gesteenten te vergelijken moet men steeds dezelfde ondergrond voorzien.

Voor dunne gevelbekledingen die meestal verankerd worden, past men een aan andere proef toe. Deze houdt in dat een massa die van een hoogte  $h$  met een slingerbeweging valt, een impactenergie ontwikkelt  $E=mgh$ , uitgedrukt in Joule. Ook deze proef wordt onder plaatsingsvoorwaarden uitgevoerd.

#### 5.4.10 Slijtsterkte

De slijtsterkte is de weerstand van de steen tegen afslijten en wordt wel eens verward met de hardheid van het materiaal. De kennis van de slijtsterkte is belangrijk voor een latere toepassing als vloerbekleding. Ter bepaling van de slijtweerstand is een gans gamma aan proefmethoden ontwikkeld en op Europees niveau is er nog geen consensus over de invoering van een bepaalde proefmethode. In België gebruikt men de Amsler-methode, terwijl men op andere plaatsen in Europa ook de Böhme- of Capon-methode toepast. De proef bestaat erin een oppervlak af te slijten met behulp van een slijtwiel en een slijtpoeder. Hierbij meet men de afslijting.

Bij de Amsler-methode wordt een proefstuk, dat een draaibeweging ondergaat, onderworpen aan de wrijving van een bezande slijttafel van speciaal gietijzer, die een opgelegde slijtweg aflegt. De slijtsterkte wordt uitgedrukt in mm/1000m afgelegd door de slijttafel. De draaisnelheid van het slijtwiel bedraagt 75 rotaties per  $60 \pm 3$  seconden. Het mobiel wagentje wordt door het tegengewicht gedwongen zich te verplaatsen in de richting van het slijtwiel. Het opslagreservoir voedt een cilindervormige of rechthoekige uitstroomtrechter die op het uiteinde voorzien is van een uitstroomspleet met lengte  $45 \pm 1$  mm en een breedte van  $4 \pm 1$  mm (fig. 194).

Het gebruikte slijtmiddel is korund (wit gesmolten aluminaat) met korrelverdeling (F80) in overeenkomst met de norm FEPA 42 F 1984. Het slijtmiddel mag slechts drie keer gebruikt worden. De hoeveelheid slijtmiddel die van de uitstroomtrechter naar het slijtwiel stroomt bedraagt minstens 2,5 liter per minuut bij een constant debiet (BUYLAERT, 1999).



Het opslagreservoir wordt gevuld met droog slijtmiddel. Het proefstuk wordt op een zodanige manier op het wagentje geplaatst dat de inprenting zich op een afstand van 15 mm van de rand van het proefstuk bevindt en dat het slijtstof onder het proefstuk kan wegvloeien. De vergaarbak wordt onder het wiel geplaatst en het proefstuk wordt in contact gebracht met het slijtwiel. Vervolgens wordt de debietregelaar gelijktijdig met het starten van de motor geopend. Visueel wordt nagegaan of de stroom van het slijtmiddel gelijkmatig is. Na 75 rotaties wordt het wiel en de slijtmiddelstroom gestopt.

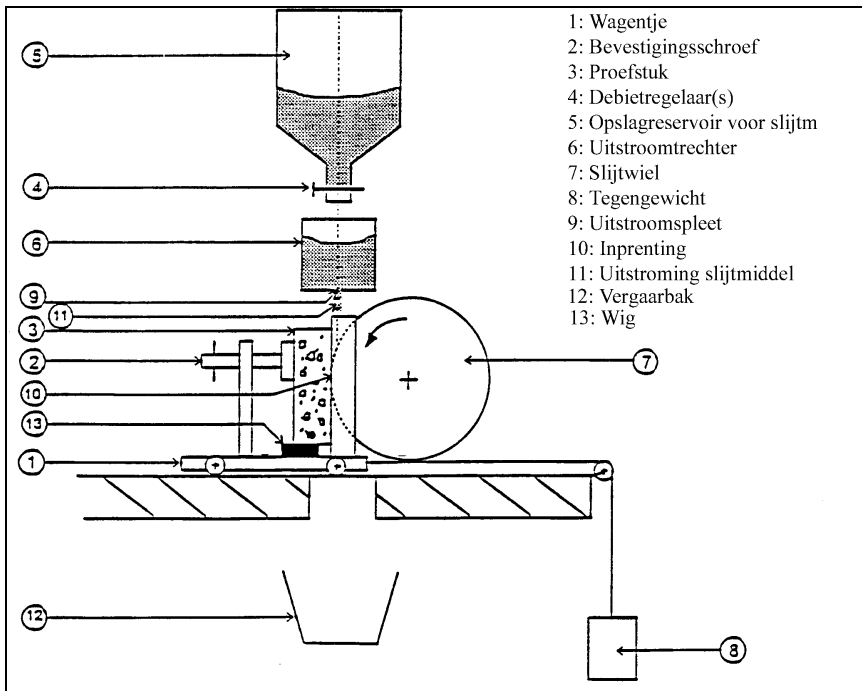


Fig. 194: Schets van de slijtmachine met aanduiding van de onderdelen. (Uit het Europese normontwerp prEN 1340:1995).

Het meten van de inprenting gebeurt als volgt (fig.195):

- onder het vergrootglas worden de buitenranden van de inprenting in de lengterichting  $l_1$  en  $l_2$  gemerkt met behulp van een potlood en een stalen lat,
- in het midden van het proefstuk wordt loodrecht op de lengterichting een as A-B getekend en op  $10 \pm 1$  mm van de uiteinden de assen C en D,
- de meetwaarden worden bekomen door de schuifpasser te plaatsen op de punten A en B en tweemaal C en D aan de binnenrand van de langsranden  $l_1$  en  $l_2$

Het gemiddelde van de 3 meetresultaten, afgerond op 0.5 mm, wordt weerhouden als de meetwaarde van de inprenting.

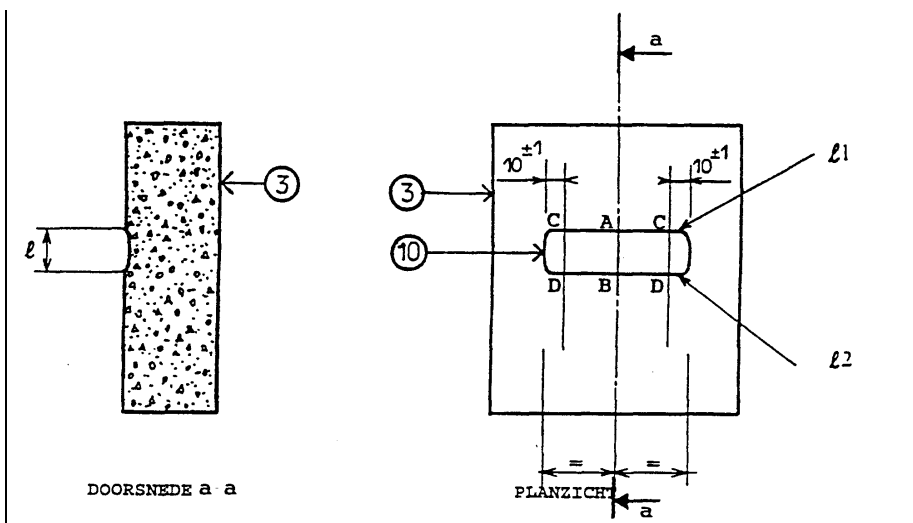


Fig. 195: Proefstuk voorzien van een inprenting. De betekenis van de cijfers wordt weergegeven in fig. 194 (Uit de Belgische norm voor beton NBN B15-240).

De technische fiche van de blauwe hardsteen vermeldt een waarde van gemiddeld 2,87 ( $\pm 0,40$ ) mm/1000 m voor de Amsler-methode. De Franse Capon-proef (NF B 10-508) is op hetzelfde principe gebaseerd maar de afmeting van het slijtwiel en de kracht waarmee het proefstuk tegen het slijtwiel wordt gedrukt is wellicht anders.

De blauwe hardsteen van het Boven-Tournaisaan heeft, volgens de technische fiche, een gemiddelde slijtsterkte van 2,87 mm/1000m, met een minimum van 2,47 mm/1000m en een maximum van 3,27 mm/1000m. De blauwe hardsteen van het Midden-Tournaisaan heeft, volgens de technische fiche, een gemiddelde slijtsterkte van 2,94 mm/1000m met een minimum van 2,78 mm/1000m en een maximum van 3,1 mm/1000m.

#### 5.4.11 De technische fiche

Tabel 77 bevat de gemiddelde technische kenmerken voor de Belgische blauwe hardsteen van het Boven-Tournaisaan, tabel 78 enkel de technische kenmerken voor de blauwe hardsteen van Yvoir, groeve Saint-Roch (Midden-Tournaisaan).

Kenmerk	Eenheden	Gemiddelde proefresultaten
Schijnbare volumieke massa	kg/m <sup>3</sup>	2687 ( $\pm 15$ )
Porositeit (vacuüm van 740 mm Hg)	vol. %	0,28 ( $\pm 0,13$ )
Druksterkte	N/mm <sup>2</sup> (MPa)	157,9 ( $\pm 19,0$ )
Buigsterkte	N/mm <sup>2</sup> (MPa)	16,7 ( $\pm 2,5$ )
Geluidssnelheid	m/s	5527 ( $\pm 160$ )
Statische elasticiteitsmodulus	GPa	86,9 ( $\pm 8,4$ )
Dynamische elasticiteitsmodulus	Gpa	77,6 ( $\pm 2,7$ )
Slijtsterkte(Amsler-methode)	mm/1000m	2,87 ( $\pm 0,40$ )
Thermische uitzetting	mm/mK	0,0046 ( $\pm 0,0010$ )
Krasbreedte( met Martens-sclerometer)	mm	0,22 ( $\pm 0,03$ )

**Tabel 77: Technische fiche voor de Belgische blauwe hardsteen met uitzondering van deze uit de groeve Saint Roch.**

Kenmerk	Eenheden	Gemiddelde proefresultaten
Schijnbare volumieke massa	kg/m <sup>3</sup>	2703 ( $\pm 6$ )
Porositeit (vacuüm van 740 mm Hg)	vol. %	0,19 ( $\pm 0,14$ )
Druksterkte	N/mm <sup>2</sup> (MPa)	157,4 ( $\pm 31,2$ )
Buigsterkte	N/mm <sup>2</sup> (MPa)	16,2 ( $\pm 2,4$ )
Geluidssnelheid	m/s	5500 ( $\pm 163$ )
Statische elasticiteitsmodulus	GPa	86,3 ( $\pm 4,0$ )
Dynamische elasticiteitsmodulus	Gpa	78,4 ( $\pm 1,0$ )
Slijtsterkte(Amsler-methode)	mm/1000m	2,94 ( $\pm 0,16$ )
Thermische uitzetting	mm/mK	0,0048 ( $\pm 0,0010$ )
Krasbreedte( met Martens-sclerometer)	mm	0,19 ( $\pm 0,04$ )

**Tabel 78: Technische fiche voor de Belgische blauwe hardsteen uit de groeve Saint Roch.**

## 5.5 Tomografisch onderzoek op afgewerkte tegels

### 5.5.1. Inleiding

De blauwe hardsteen kan op verschillende manieren worden afgewerkt. We stelden ons de vraag of sommige van deze technieken niet agressiever voor de steen zijn dan andere. Om dit te onderzoeken werden verschillende afgewerkte tegels uit de Carrières du Hainaut tomografisch onderzocht. Het was de bedoeling om aan de hand van de tomografische beeldvorming een idee te krijgen van de effecten van het boucharderen, vlammen, frijnen en ijsbloemen van de steen. We willen namelijk de invloed van deze technieken nagaan op de porositeit, met aandacht voor microscheurtjes.

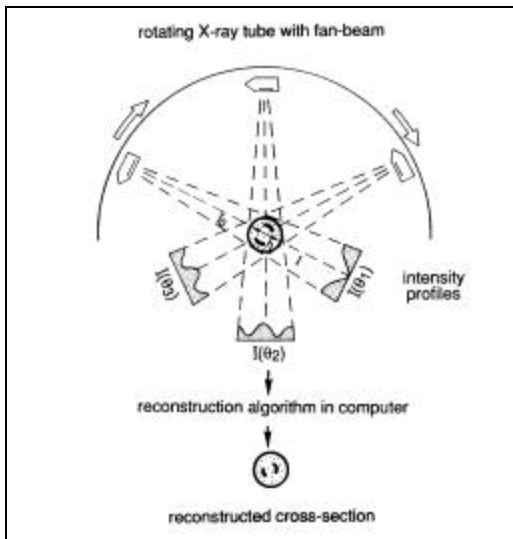
### 5.5.2. Principieën van computergestuurde X-stralen tomografie (CT)

Computergestuurde X-stralen Tomografie is een niet-destructieve, radiologische beeldvormingstechniek. In tegenstelling tot een conventionele radiografische opname waarbij het onderzoeksvoorwerp bestudeerd wordt vanuit één enkele hoek (waardoor minder dichte delen gemaskeerd worden door dichtere delen), wordt bij CT

gebruik gemaakt van een X-stralenbron die samen met de detectoren omheen het te onderzoeken voorwerp cirkelt (Fig.1). De invallende (verondersteld monochromatische) smalle X-stralen bundel met intensiteit  $I_0$  wordt bij doorgang door het voorwerp geattenuëerd tot intensiteit  $I$ , waarbij de verhouding  $I/I_0$  functie is van de dikte  $h$  van het voorwerp en van zijn materiaalkarakteristieken (w.o. de lineaire attenuatiecoëfficiënt  $\mu$ ) (wet van Lambert).

$$I/I_0 = \exp(-\mu h)$$

De techniek van de klassieke tomografie bestaat uit een reconstructie van doorsneden op basis van schaduwprojecties (radiografieën) die vanuit een groot aantal verschillende hoeken gemaakt werd (fig. 196).



**Fig. 196:Principen van de computergestuurde X-stralen tomografie (CT).**

Gezien de grote voorraad aan informatie, kunnen door beeldverwerking willekeurige sneden door het voorwerp worden gemaakt, 3D-voorstellingen gereconstrueerd, “valse-kleur”-coderingen aangebracht, zones voor detailonderzoek (‘Regions of Interest ROI’) geselecteerd, statistische bewerkingen uitgevoerd. Kwantificering van petrofysische eigenschappen is derhalve mogelijk, evenals meting en simulatie van gas- en vloeistofverplaatsingen in poreuze media, gezien het niet-destructief karakter van het CT-onderzoek.

Met behulp van de recent ontworpen desktop X-stralen microscoop-micro-tomograaf, onderzoeken we onze monsters. De maximale energie van het gebruikte toestel bedraagt 130 kV, waarbij de resolutie van de detector  $2,5 \times 2,5$  bedraagt. Het beeldformaat voor schaduw projecties en voor gereconstrueerde doorsneden bestaat uit  $1024 \times 1024$  pixels.

De gereconstrueerde informatie kan voorgesteld worden als doorsneden doorheen het voorwerp of als pseudo-3D beelden met mogelijkheden van ‘software rotatie en cutting’. Een speciale 3D-viewer gebaseerd op Liquid Crystal Shutters kan gebruikt worden voor stereoscopische presentatie van de interne structuur van het object als een ‘virtueel realiteits’beeld op het scherm. Alle software draait onder Windows95. Het is interactief en gebruiksvriendelijk, en ondersteunt beeld- en doorsnede-printing als halftone beelden door elke Windows-ondersteunde printer, en beeld export in BMP formaat.

### 5.5.3. Het onderzoek en de resultaten

Om een zo goed mogelijke ruimtelijke resolutie te bekomen, trachten we de monsters zo klein mogelijk te zagen. Gemiddeld waren de monsters iets kleiner dan  $0,5 \text{ cm} \times 0,5 \text{ cm} \times 0,5 \text{ cm}$ . We zorgden ervoor dat de bewerkte oppervlakten langs één zijde van het kleine kubusje was gesitueerd. We onderzochten eerst een gebouchardeerd monster, het algemeen verondersteld meest beïnvloede monster. We concentreerden ons op de doorsnede van het kubusje en meer bepaald op het laagje net onder het gebouchardeerde oppervlak.

De computer kreeg volgende instellingen (gegevens Florias Mees), waarbij de opnamefase ongeveer 75 min duurde:

8.370536 um // cross-section pixel size

Magnification x35.00

Source 130kV / 76uAY-position 11.00 mm

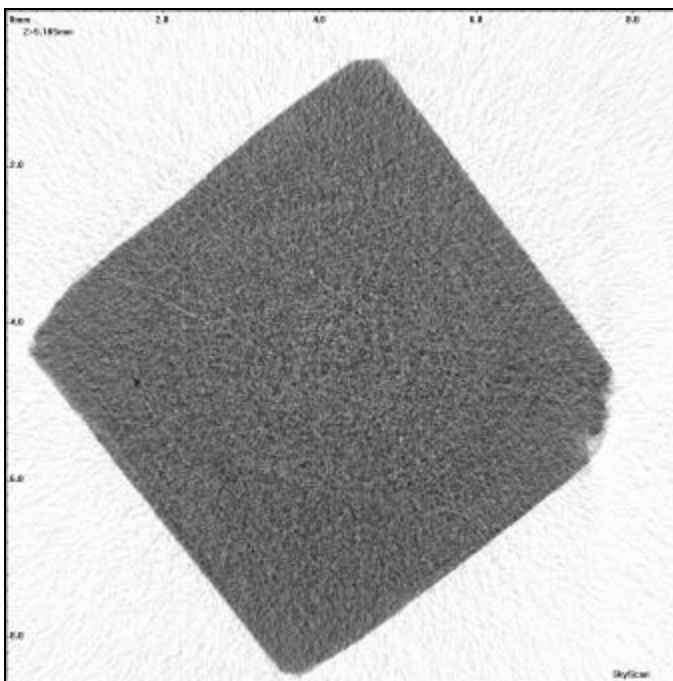
Rotation step  $0.90^\circ$

Exposure 6.9 sec.

Averaging by 2 frames

Rotation 180°  
Random movement 20  
Filter: Al 0.8mm

De beelden van het eerste monster bezaten grijswaarden begrepen tussen 0 en 0,35. Bij de opnamen moet men rekening houden met het beam-hardening-effect. Dit effect doet zich voor als de stralenbundel vanuit een ijler medium in een denser medium komt (van lucht naar steen). Op het beeld lijkt de rand van het gescande voorwerp veel dichter dan in werkelijkheid het geval is. Omdat de stralenbundel niet volledig monochroom is, zullen grotere golflengten preferentieel geabsorbeerd worden. Om die reden moeten we dus een correctiefactor uitvoeren om de beam-hardening zo veel mogelijk te corrigeren. De beam-hardening correction bedroeg 5 op een schaal begrepen tussen 0 en 10. De post alignment bedroeg hier 0. Deze post alignment is een correctiefactor die toegepast wordt als het monster niet exact centraal op de as van de bron en de detector staat. Om na te gaan of de bron, de as van het monster en het centrum van de detector uitgelijnd zijn, vergelijkt de computer de projectie bij 0° en het spiegelbeeld van de projectie bij 180°. De post-alignment correction is gebaseerd op de verplaatsing die nodig is om deze beelden perfect te laten samenvallen. Enkel het centrale deel van de beelden wordt hierbij vergeleken (200 x 200 pixels). Indien binnen dit deel geen sterke contrasten aanwezig zijn, kan geen verschuiving gedetecteerd worden en zal de software steeds (vaak verkeerdelijk) een post-alignment correction van 0 pixels voorstellen.

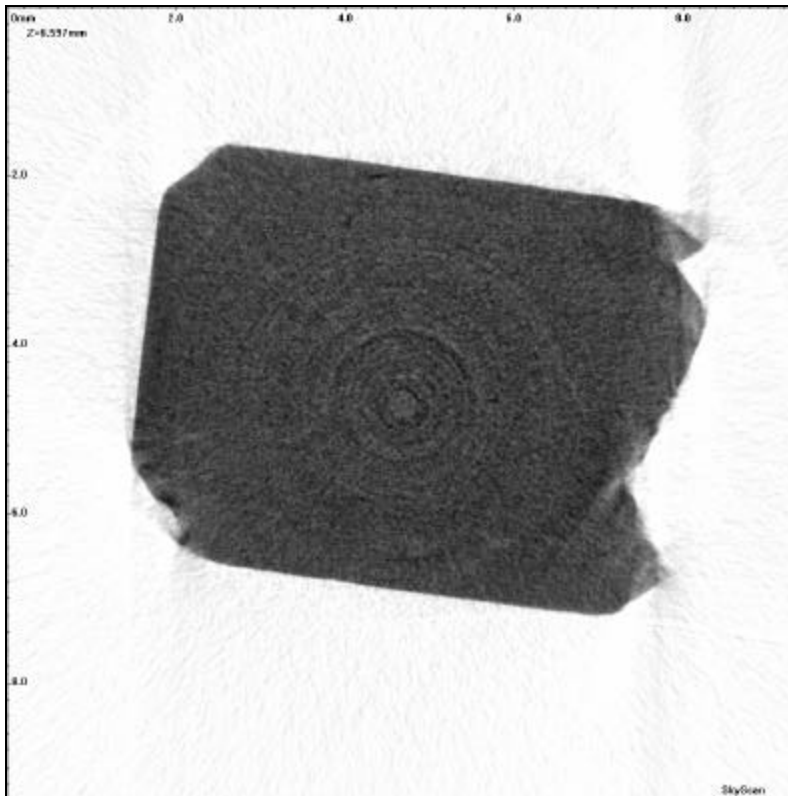


**Fig. 197: Monster 1.**

De eerste resultaten waren miniem, daar er veel artefacten (door de computer gemaakte kunstmatige beelden) zichtbaar waren (fig. 197). We vermoedden dat het gesteente te homogeen was en dat de poriën of microscheurtjes te miniem waren om zichtbaar te zijn. Waarschijnlijk is het povere resultaat anderzijds ook een indicatie dat het gesteente zeer sterk is en weinig invloed ondervindt van het boucharderen. Om toch een beter resultaat te bekomen, onderwierpen we een ander gebouchardeerd monster aan het tomografisch onderzoek, waarbij de instellingen verscherpt werden. Voor de acquisitie werden dezelfde condities gebruikt als voor de eerste opname. De rotation step werd echter op 0,45° gebracht en de frame averaging werd op 4 gebracht. Verder kregen we ook een klein verschil in grootte. Hierdoor duurde de opname van het monster ongeveer 5 uur.

De beelden van het tweede monster bezaten grijswaarde begrepen tussen 0 en 0,6. De beam hardening correction bedroeg 5 en de post alignment 1.





**Fig. 198: Monster 2.**

In de tweede opname zijn er vrij prominente ringartefacten aanwezig, te wijten aan detectorfouten (fig. 198).

Uit de mCT opnamen kunnen we besluiten dat er met deze techniek geen barsten werden waargenomen. Dit betekent dat er geen barsten zijn of dat de aanwezige barsten niet voldoende breed zijn voor detectie met de gebruikte techniek en omstandigheden. Aangezien 1 pixel overeenstemt met 8,4  $\mu\text{m}$  in de eerste opname, betekent dit dat een barst 16,8  $\mu\text{m}$  breed moet zijn om in de reconstructie zeker te verschijnen als 1 pixel met een grijswaarde die overeenstemt met die van lucht.

Om deze gegevens te controleren hebben we slijpplaatjes gemaakt van gebouchardeerde en gevlamde tegels. Microscopisch hebben we geen fijne breuken onder het oppervlak kunnen waarnemen. Dit bevestigt wat we met de mCT hadden waargenomen. We kunnen besluiten dat de invloed van de verschillende afwerkingstechnieken, waarschijnlijk zo miniem is dat de steen niet echt wordt geschaad. Deze technieken hebben dan ook geen invloed op de kwaliteit van de afgewerkte producten.

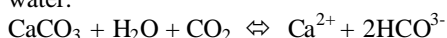
## 5.6 Verwerking

Alle materiaal is onderhevig aan verwerking, ook de blauwe hardsteen. Chemische en fysische aspecten spelen een belangrijke rol. De weersinvloeden zijn vaak te herleiden tot de invloed van warmte, koude, water en wind. Bovendien kunnen deze invloeden elkaar versterken.

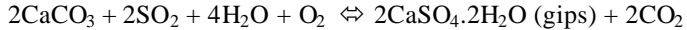
De kwaliteit van het milieu speelt eveneens een rol van betekenis bij de verwerking. Deze chemische verwerking kan naast de mechanische en biologische schadeprocessen zowel gelijktijdig als afzonderlijk plaatsvinden.

Zon kan materiaal opwarmen waardoor het uitzet; indringend water kan bevriezen; voortdurende luchtstroming kan materiaal eroderen; een agressief milieu (hoge zuurgraad) kan de kalksteen aantasten; korstmossen kunnen door zuurafscheiding voor een lichte aantasting zorgen, enz. De snelheid van verwerken, de kwaliteit van het milieu, biologische effecten en mechanische krachten, al dan niet in onderlinge samenhang, staan in relatie met de kwaliteit van het toegepaste materiaal en zijn afwerkingsvorm en bepalen de levensduur van de steen.

De erosie bij kalksteen is vooral chemisch van aard. Calciumcarbonaat, waaruit de kalksteen overwegend is opgebouwd, zet zich om in het oplosbare calciumbicarbonaat door de invloed van opgelost koolstofdioxide in water.



Deze reactie kan van links naar rechts verlopen, als het water zuurder wordt door oplossen van CO<sub>2</sub> en kalk oplost. Ze kan ook van rechts naar links verlopen, als er CO<sub>2</sub> uit de oplossing verdwijnt en kalk neerslaat. SO<sub>2</sub> is in belangrijke mate mede-verantwoordelijk voor de verzuring van het milieu en geeft aanleiding tot een versnelde verwerking van historische gebouwen of gesteenten in het algemeen:





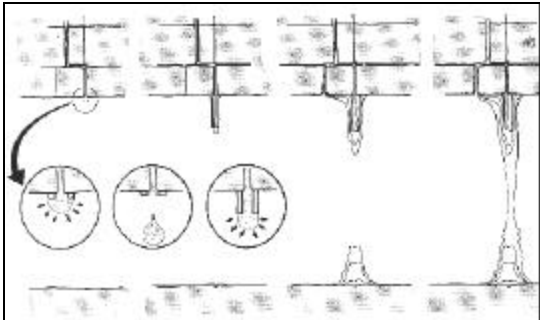

De verwerking van historische gebouwen hangt sterk af van de gebruikte bouwmaterialen. Vele historische gebouwen zijn opgetrokken uit materialen bestaande uit kalksteen of uit gesteenten die een belangrijke hoeveelheid calciet bevatten.




Gebieden waar kalksteen aan de aardoppervlakte door water is opgelost noemt men karstgebieden (Karst is de naam van een gebied in NW-Joegoslavië, tussen Triest en Ljubljana. Hoe gefractureerder het kalksteenmassief (gelaagdheid, diaklazen, breuken), hoe makkelijker het agressieve water in het gesteente kan binnendringen en het gesteente oplossen. Tenslotte zal het oplossingsresidu de ondergrondse holten verlaten. Een kalksteenmassief zal zich dus omzetten in een netwerk van breder wordende spleten. Beetje bij beetje zullen sommige van deze spleten preferentieel vergroten. Dit proces versterkt zich: hoe groter een spleet, hoe groter de doorlatendheid en hoe meer water er kan door stromen. Vanaf een min of meer homogeen gefractureerd massief zullen we stilaan overgaan naar een georganiseerd netwerk met een hoofdafwateringssysteem en bijhorende holten en kleinere spleten.

Enkel in een kalksteensubstraat kunnen karst-systemen zich ontwikkelen. De fracturatie zorgt voor de penetratiemogelijkheden van het gesteente. Het water kan de gelaagdheid over een grote afstand volgen. Galerijen zullen zich hier dan ook volgens de gelaagdheid vormen. Een put kan door een verticale diaklaas gevormd zijn. Een zaal kan zich vormen op plaatsen waar verschillende typen van fracturaties elkaar kruisen. Het reliëf zorgt voor de stromingsrichting van het water. Een rivier zal geheel of gedeeltelijk ondergronds verdwijnen vanaf het een karstgebied bereikt.

Het klimaat werkt intermediair zoals de vegetatie en de neerslag. We weten dat hoe meer het regent, hoe sterker de karstificatie is. De vegetatie speelt hierin een fundamentele rol, omdat zij de oorzaak is van de koolstofdioxideproductie in de superficiële bodem. Laten we ook niet vergeten dat deze opgeloste koolstofdioxide in het water voor het zure karakter zorgt en hierdoor de kalksteen corrodeert. Hoe intenser het leven (vegetatiebedekking, microbiologisch leven, gravende dieren, enz.), hoe meer koolstofdioxide in de bodem zit en hoe geschikter het water is om grote hoeveelheden kalksteen op te lossen. Meestal gaat de intensiteit van het leven gepaard met de pluviometrie. Men ziet makkelijk in dat warme, vochtige klimaten het meest verwerend zijn. Men bemerkt dat de erosieve werking van onze Kwartaire klimaten een fundamentele invloed hadden op de ontwikkeling van onze karstsystemen (QUINIF, 1993).

In tegenstelling met een zandige watervoerende laag, is een karst watervoerende laag (of aquifer) ruimtelijk gezien extreem heterogeen. Grote gesteentevolumes zijn totaal droog, terwijl andere zones doorkliefd zijn met door water gevulde holtes. Nochtans organiseren deze ondergrondse holten zich onderling als een hydrografisch netwerk zoals dit aan het oppervlak. In het laatste geval onderscheiden we stromen, zijrivieren van eerste orde, van tweede orde, enz. en alluviale vlakten die in een directe relatie staan met het stromend water. In karstgebieden vinden we ook hoofdafwateringskanalen die ongehinderd grote hoeveelheden water kanaliseren (grote doorlatendheid en een kleine capaciteit). Naburige zones met een grote capaciteit en een beperkte doorlatendheid zijn verbonden met deze afwateringskanalen. We hebben dus te maken met grote leegtes, toegankelijk voor de mens en smallere, ontoegankelijke spleten. Foto's van karstverschijnselen zijn weergegeven in hoofdstuk 3. Tabel 79 bevat allerlei vormen van verwerking.

Verweringsvormen	Beschrijving	Foto
Net van fijne barstjes (faïençage)	Het barstennetwerk van zeer kleine barstjes aan het oppervlak van de steen.	 <p data-bbox="938 640 1448 699">Barstennetwerk (DE HENAU &amp; TOURNEUR, 1998/1999).</p>
Scheuren	Er kan een geheel van een soort barstjes optreden, waarbij de buitenste laag afbrokkelt.	 <p data-bbox="938 1232 1448 1291">Scheuren ("schaafwondjes") (DE HENAU, &amp; TOURNEUR, 1998/1999).</p>
Concretie	<p data-bbox="386 1304 922 1360">Stalagmietische afzettingen (kalkneerslag) groeperen alle types van stalagmieten en stalactieten.</p> <div data-bbox="386 1373 922 1690">  </div> <p data-bbox="386 1694 922 1751">Vorming van stalagmieten en stalactieten (<a href="http://www.speleo.nl">www.speleo.nl</a>)</p>	 <p data-bbox="938 1848 1448 1906">Concretievorming (DE HENAU &amp; TOURNEUR, 1998/1999).</p>

Desaggregatie	Door een oppervlakkige mechanische verwerking (warmte, water, wind, vorst).	 <p data-bbox="935 625 1425 682">Desaggregatie van blauwe hardsteen (DE HENAU &amp; TOURNEUR, 1998/1999).</p>
Versplintering	De lagen met uitspringende fossielen worden niet als van een goede kwaliteit beschouwd en worden normaal niet als bouw materiaal ontgonnen. De tegels op Place Jourdan te Brussel zijn afkomstig van de Buffet de la dure crôte. Een grondige selectie van steen uit deze laag dringt zich dan ook op.	 <p data-bbox="935 1056 1446 1113">Versplintering (DE HENAU, &amp; TOURNEUR, 1998/1999).</p>  <p data-bbox="935 1885 1446 1942">Uitgebrokkelde fossielen op de Place Jourdan te Brussel (foto V. CNUDE).</p>

Tabel 79: Verschillende vormen van verwerking.



# HOOFDSTUK 6: Geofysische prospectie

## 6.1 Inleiding

In de ontginningsindustrie is geofysische prospectie van groot belang. Vroeger begon men de ontginning op plaatsen waar de blauwe hardsteen aan de oppervlakte voorkwam. Tegenwoordig baseert men zich op gegevens van boringen en op resultaten van geofysisch onderzoek. Bij de prospectie zoekt men niet enkel naar het verloop van de blauwe hardsteenlagen, maar tevens naar de kwaliteit ervan. Als de steen sterk verbrokken is, zal hij ook niet van grote waarde zijn en eerder als steenslag gebruikt worden. Als men ontdekt dat er een dikke laag tertiair materiaal en gedolomitiseerde kalksteen boven de goede kalksteen ligt, berekent men of het financieel aanvaardbaar is om deze grote hoeveelheid bedekkend materiaal te verwijderen.

Om na te gaan hoe groot de ontginbare reserves blauwe hardsteen in België zijn, past men in sommige gevallen geofysische prospectie toe. Wanneer er een bepaalde interessante plaats gedetecteerd is kan men door boringen verder onderzoek uitvoeren. Men kan eventueel boorkernen nemen en/of boorgatmetingen verrichten. Zo bekomt men een duidelijker beeld van de situatie in de ondergrond.

In de provincies Namen, Luik en een deel van Luxemburg heeft het ISSeP in 1994 onderzoek gedaan naar de reserves van blauwe hardsteen. Ook in de Provincie Henegouwen is er veel onderzoek gebeurd naar het verloop van de breuken in de ondergrond en de kwaliteit van de blauwe hardsteenlagen. In de streek van Zinnik hebben we zelf enige geofysische prospectie verricht. Hiervoor konden we beroep doen op apparatuur van het Laboratorium voor toegepaste geologie van de RUG.

## 6.2 Geofysische prospectie toegepast in de provincie Henegouwen

### 6.2.1 Inleiding

In de streek rond Zinnik, waar actueel 3 grote groeven actief zijn, namelijk de groeve Clypot (Neufvilles) en de groeven Hainaut (Zinnik) en Gauthier-Wincqz (Zinnik), worden nieuwe potentiële uitbatingszones van blauwe hardsteen bedekt door kleiige en zandige sedimenten (AUQUIERE, & NETELS, 1994). De groeve Hainaut staat bekend om het vele onderzoek dat zij hier verricht. Gezien de grote hoeveelheid aan gegevens en de welwillendheid van de werknemers, was het voor ons interessant was om hier geofysische onderzoek uit te voeren.

### 6.2.2 Geologisch kader

Tussen Feluy-Arquennes en Ath vinden we door de erosieve werking van de verschillende rivieren talrijke ontsluitingen van het Devoon en het Carboon. Tussen de valleien is er geen enkele directe observatie mogelijk van Paleozoïsche lagen door de bedekking met silt-zand-klei van het Krijt, het Tertiair en het Quartair. Algemeen bestaan de lagen van de noordelijke zijde van het Synclinorium van Namen uit een reeks regelmatige monoclinale banken met een strekking van N 100-110° E en een helling van 12° S. Verschillende aanduidingen laten lokale verstoringen van deze regionale regelmatigheid vermoeden.

De tectonische structuur wordt tot op heden beheerst door longitudinale, WE tot WNW-ESE gerichte breuken, in het verlengde van enkele breuken die herkend worden in Doornik en in de vallei van de Dender (CONIL, 1959; GROESSENS, 1978). De belangrijkste breuken zijn de "Guelenne-Long Pont" (F5) en de breuk van Cambron (F7)(fig. 199 en 200). Deze breuken zorgen van noord tot zuid voor een toename en een verbreding van een reeks ontsluitingen van het Dinantiaan. Het geheel van deze longitudinale breuken wordt doorsneden door transversale breuken of door horizontale verschuivingen. De richtingsanomalieën en de helling van de lagen duiden op een redelijke kanteling van de massieven te wijten aan deze vervorming. De gekantelde massieven hebben een NW-SE voorkeursrichting, een hoek makend met de longitudinale breuken (CONIL, 1959). Op basis van deze tectonische waarnemingen werd een boorcampagne naar de uitbreiding van de lagen tussen Zinnik en Ecaussinnes uitgevoerd, op aanvraag van de N.V. Carrières du Perlonjour. Tevens werd er ook een geoelectrische prospectie uitgevoerd, gefinancierd door de N.V. Gralex en de N.V. Carrière Gauthier-Wincqz (AUQUIERE, & NETELS, 1994).

De ter plaatse uitgebate blauwe hardsteen behoort tot de Crinoïdenkalksteen van Ecaussinnes, tussen de "délit à la terre bleue" en de "délit à la terre noire" of de "Belle Litée". Enkele banken onder en boven de délit's gelegen worden ook als blauwe hardsteen uitgebaat, waardoor de totale dikte van de uitgebate blauwe hardsteen ongeveer 30 m bedraagt, met ongeveer 23 m tussen de délit's. De Crinoïdenkalksteen van Ecaussinnes wordt

bedekt door een zwarte, gefossiliseerde kalksteen met kleihoudende lagen zonder chert. Deze worden op hun beurt bedekt door het Tn3c of de “raches”, die als steenslag wordt gebruikt.

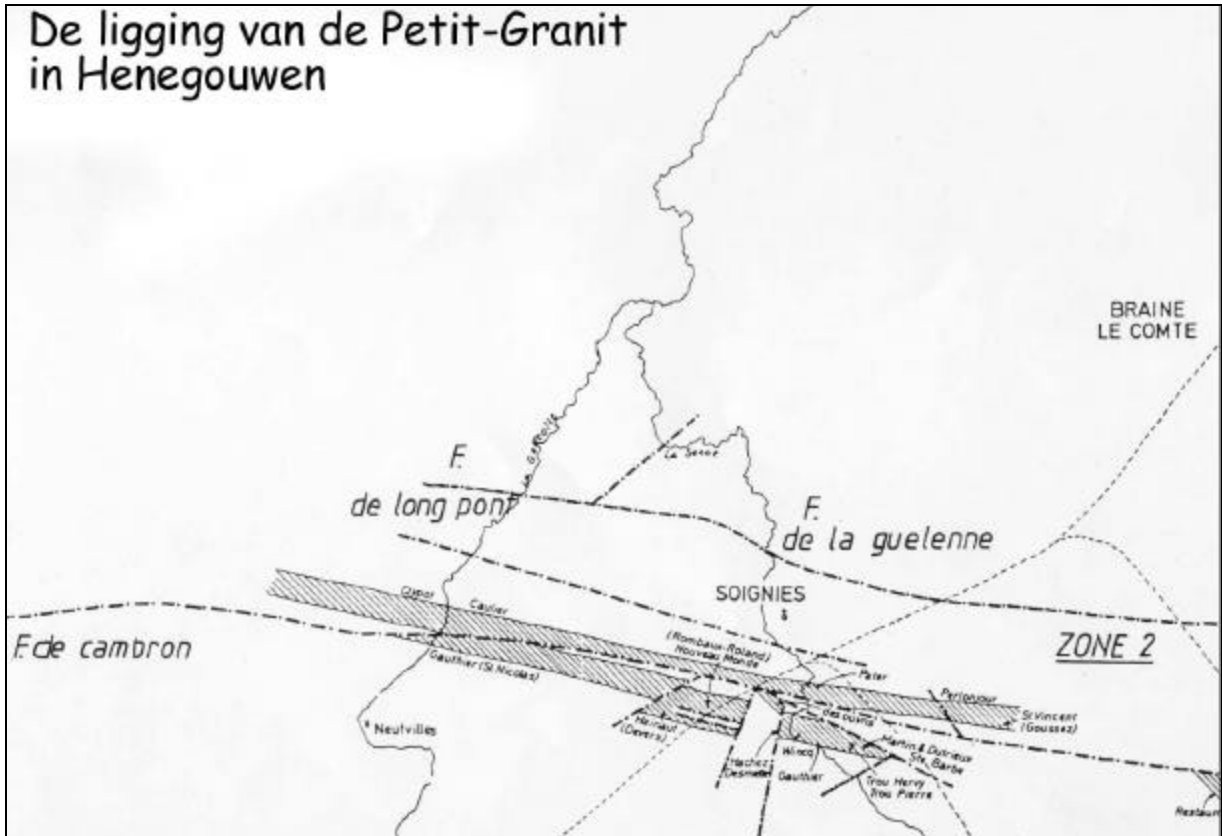


Fig. 199: De ligging van de blauwe hardsteen in Henegouwen, met aanduiding van de grote breuken (AUQUIERE, & NETELS, 1994).

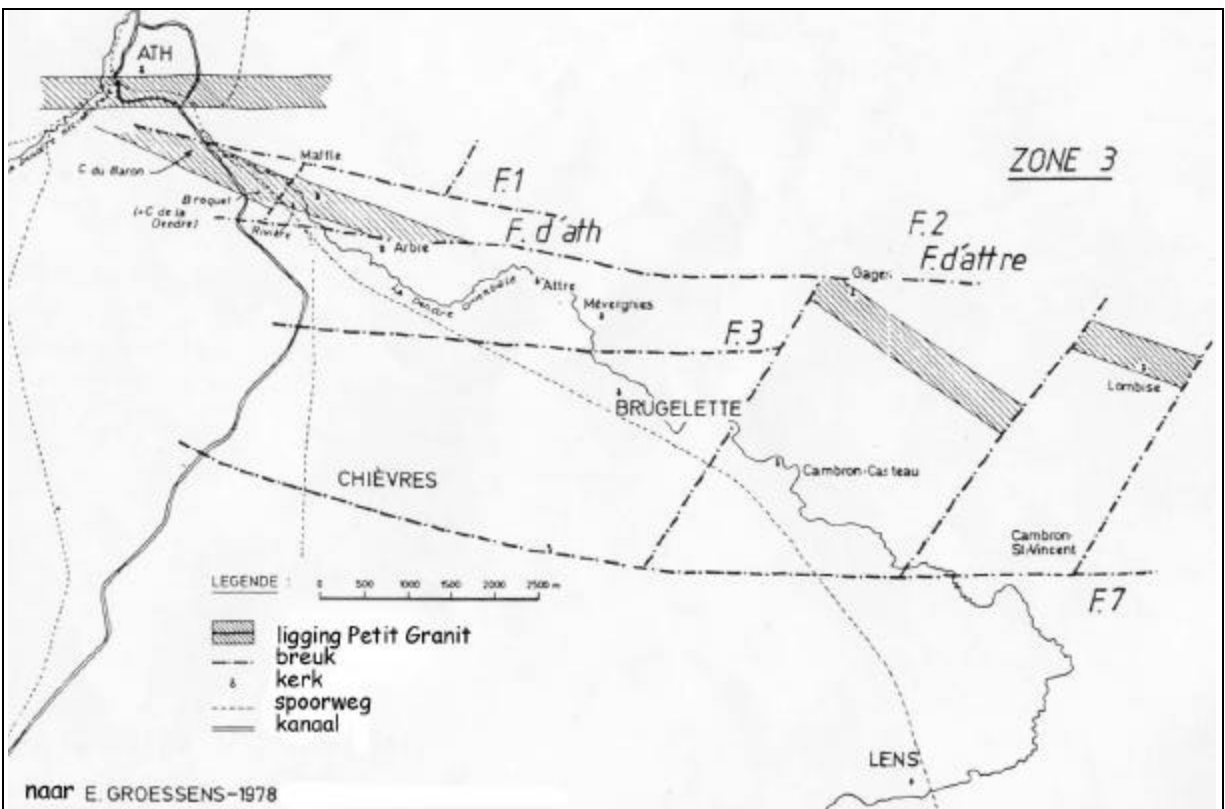


Fig. 200: De ligging van de blauwe hardsteen in Henegouwen, met aanduiding van de grote breuken (AUQUIERE, & NETELS, 1994).

### 6.2.3 Het onderzoek

De bedoeling van dit onderzoek was na te gaan of men met de geofysische methodes de breuken kon opsporen en de goede en slechte lagen onderscheiden.

De groeve Hainaut liet voordien de gebroken en gekarstificeerde kalksteen, gelegen onder een dikke laag Tertiair materiaal, geo-electrisch en electro-magnetisch karteren (fig. 201). Deze onderzoeken werden uitgevoerd met de bedoeling een lokale structurele kaart te bekomen met de localisatie van de paleodrainen, essentieel om de circulatie van het karstwater, dat de uitbating van de groeve kan verstoren, te kennen, (NETELS, V & DOYEN, L., 1997).

De elektrische prospectie werd toen uitgevoerd met behulp van een continue profilering volgens de Wenner methode. De afstand tussen de elektroden varieerde tussen 8 en 96 m.

De electromagnetische prospectie werd uitgevoerd door middel van de V.L.F. methode, welke de hoek van de inclinatie meet, in parallelle lijnen op een interval van 20 m en met een meting op elke lijn met een tussenafstand van 4 m. De resultaten van de geofysische propectie werden direct gecontroleerd met boringen. Op basis van de resultaten van dit onderzoek, kon men de breuken en de karstzones in kaart brengen en deze vergelijken met het regionale tectonische kader. Op basis van dit onderzoek kon men één van de electromagnetische anomalieën interpreteren als een actieve paleodrain, bevestigd in een boring. De kennis hiervan zal, na aangepaste maatregelen, leiden tot een daling van de pompingskosten.

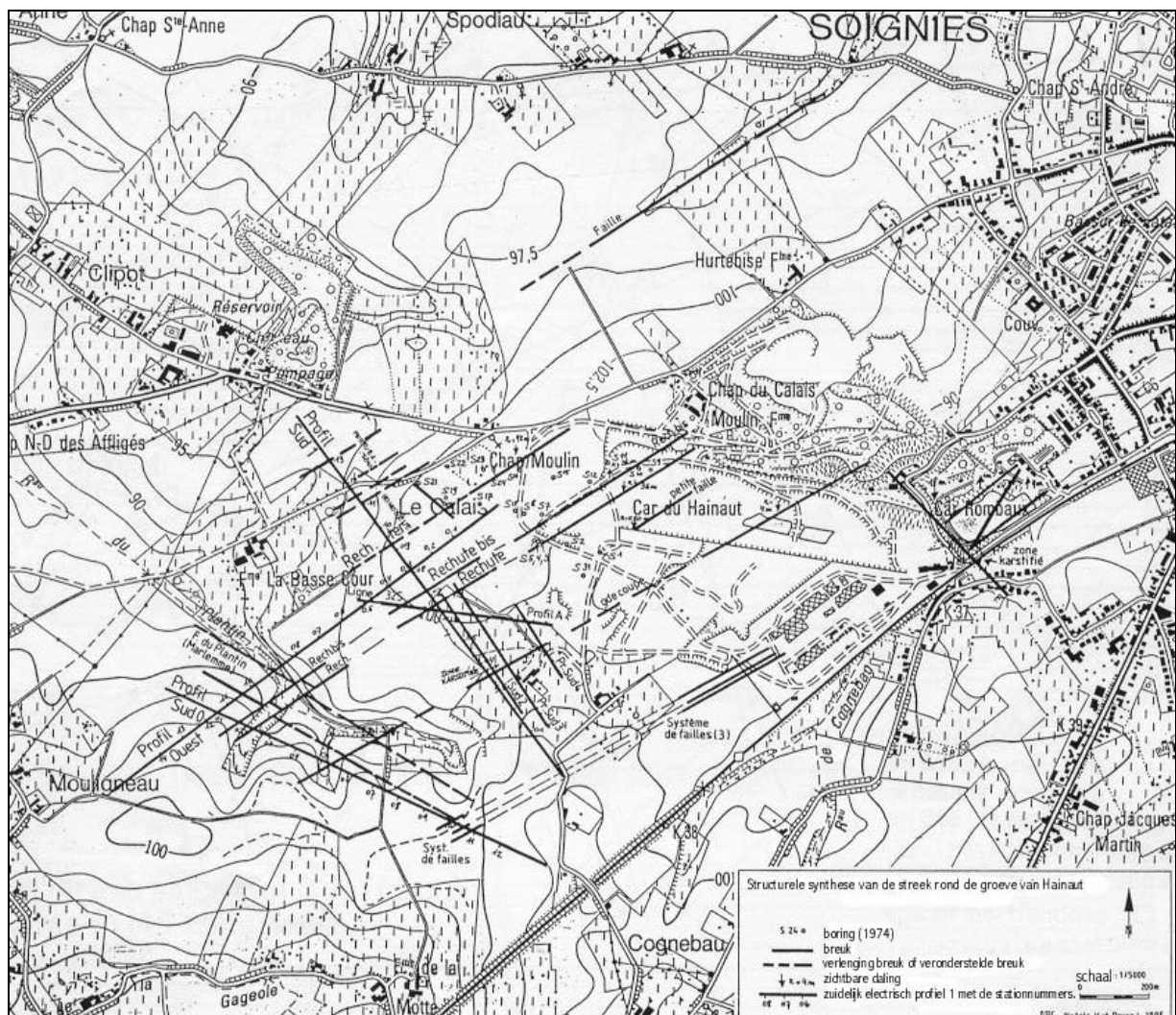


Fig. 201: Aanduiding van de profielen voor de geofysische methodes (NETELS & DOYEN, 1997).

De verschillende onderzoeken, uitgevoerd in de Carrières du Hainaut, hebben de verschillende grote breuksystemen aangetoond, die de gelaagdheid van de blauwe hardsteen verstoren.

In de groeve komt er een schuifbreuk voor met een richting N 60° E, waardoor de lagen, subvertikaal, in twee gelijke delen worden opgesplitst. Deze breuk wordt de "Grande Coupe" genoemd en zorgt voor een daling van 4 m in het westelijke deel ten opzichte van het oostelijke deel (fig. 201 en 211). De groeve wordt in het oosten begrensd door een breuksysteem en in het westen door de "Rechute" en de "Rechute bis", waarlangs de

verschuivingen subverticaal gebeurden. Deze breuken liggen ongeveer evenwijdig aan de “Grande Coupe”, met verschuivingen van de blokken gaande van enkele meters tot tientallen meters. Uit de boorkernen van boorgat CH15 en CH36 kunnen we afleiden dat het deel met boorgat CH15 10 m verplaatst is, ten opzichte van het deel met boorgat CH36. Tussen deze boorgaten liggen de “rechute” en de “rechute bis”. We leiden deze verplaatsing af uit het feit dat we weten dat de lagen normaal 20 m dalen over een afstand van 100 m. Daar de “délit à la terre” in boorgat CH15 op 95 m zit en de afstand tussen beide boorgaten ongeveer 100m is, weten we dat deze délit in boorgat CH36 normaal op 115m diepte zou moeten voorkomen. Uit de boorkernen van boorgat CH36, merken we dat de “délit à la terre” echter maar op 105 m diepte voorkomt, dus 10 m hoger. Ofwel is het deel met boorgat CH36 gestegen, ofwel is het deel met boorgat CH15 gezakt, als gevolg van de twee breuken, tussen beide boorgaten. Er zijn echter nog geen metingen gebeurd tussen de 2 breuken, zodat we niet weten welke beweging langs elke breuk afzonderlijk gebeurde. Men vermoedt dat het deel met boorgat CH15 op 10 m hoger ligt dan het deel gelegen tussen de Rechute bis en de Rechute, terwijl het deel met boorgat CH36 ongeveer 21,5 m hoger zou liggen (fig. 201, 202 en 211).

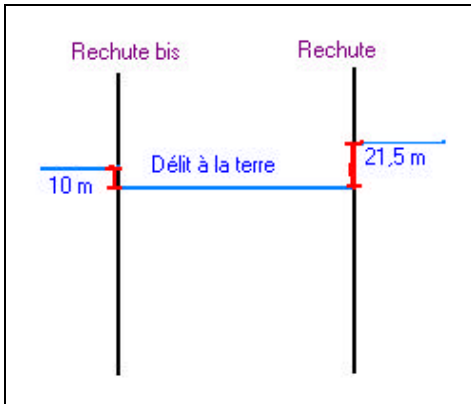


Fig. 202: Schets van de relatie tussen de “Rechute bis” en de rechute.

Het sterk verstoorde gebied tussen de 2 breuken zal dan ook enkel bruikbaar zijn voor steenslag en niet echt voor de ontginning van blauwe hardsteen als bouw materiaal.

In de late zomer van 2000 startte men ten zuidwesten van de groeve met een nieuwe boorcampagne. De bedoeling was om de kwaliteit van de kalksteen daar te kennen en meer kennis op te doen over het verloop van de breuken.



Foto 95: Nemen van de boorkernen in groeve Hainaut op 4.9.2000 (foto V. CNUUDE).

Na het nemen van de boorkernen werden deze in het detail beschreven door Dr. V. Netels, geoloog van de groeve Hainaut. De gaten werden met PVC-buizen, onderaan met filter, uitgerust.

Uit de resultaten van de boorkernen kon men afleiden dat men in het algemeen bovenaan een leemlaag heeft van ongeveer 6 m dikte, met daaronder een silthoudende klei van een paar meter. Daaronder bevindt zich de groene Ieperse klei, een 10-tal meter dik, boven een dolomietlaag, eveneens een 10-tal meter dik (fig.214). Deze laatste



ligt op de “raches”, die zich tot op 90 m diepte kan bevinden. Op die diepte bevindt zich de “*délit à la terre*”, waaronder de goede blauwe hardsteen voorkomt.

Bovenaan staat er water op de Ieperse klei, maar pas op 60 m diepte komt men opnieuw in een watervoerende laag. In deze groeve pompt men 650 m<sup>3</sup>/uur water op.

Om eventueel later geofysisch onderzoek te evalueren op zijn efficiëntie en terzelfdertijd bijkomende informatie te verzamelen werd in eerste instantie beroep gedaan op een verkenning met RADAR.

#### 6.2.4 Ground penetrating radar (GPR): studie van discontinuïteiten



RADAR is een acroniem voor RADio Detection And Ranging. Radar systemen waren oorspronkelijk ontwikkeld om de aanwezigheid en de positie van voorwerpen te detecteren door gebruik te maken van het uitzenden en het ontvangen van radiogolven. Door de electromagnetische eigenschappen van radiogolven waren radarsystemen in staat om gegevens te verzamelen in bijna alle atmosferische omstandigheden, dag en nacht. Om deze reden werden zij belangrijk voor een groot aantal toepassingen.

Radar systemen werden voor het eerst gebruikt in 1930 voor het detecteren van schepen op het water en om hun afstand in te schatten. Beeldvormende radarsystemen worden sinds 1950 gebruikt. Ze waren oorspronkelijk ontwikkeld door het leger. Radar werd door het leger gebruikt voor remote sensing en werd door wetenschappers omgebouwd voor het ontwikkelen van nieuwe toepassingen. Het toepassen van radar in boorgaten wordt al meer dan 20 jaar in de geofysische technieken gebruikt, vooral bij onderzoek naar zouten in de Verenigde Staten. Vanaf het einde van de jaren '80 werd in België, door de groep EBRA-Tec ( een samenstelling van KUTEC en G-Tec), radar toegepast in boorgaten (in reflectie modus en in tomografie) in het kader van het herkennen van open groeven en voor de studie van funderingen en tunnels. Dit liet toe de interpretietechnieken te bevorderen in een sterk gevarieerd gamma van geologische condities (CORIN, et al , 1996). Deze techniek werd o.a. frequent toegepast voor de aanleg van de spoorlijn voor de TGV Parijs-Brussel-Keulen.

De kennis van discontinuïteiten (positie, eigenschappen) in een gesteentemassa is van groot belang in de mijnindustrie, aangezien de permeabiliteit van de gesteentemassa en hun draineerbaarheid erdoor worden beïnvloed. Er bestaan verschillende methodes die toelaten om de gesteenten rond een boorgat tot op grote afstand te onderzoeken, zoals electromagnetische, gravimetrische, seismische en onderzoek met radar. De ground penetrating radar is een geofysische methode die vaak gebruikt wordt om breuken te lokaliseren in resistieve gesteenten. Een meer gedetailleerde studie is vereist om de diëlectrische en geometrische parameters van de breuk te kennen (Grégoire, G. & Halleux L, internetinformatie). De methode is gebaseerd op de voortplanting van hoog frequente electromagnetische golven (MHz, GHz) in de ondergrond. Deze golven worden gereflecteerd door discontinuïteiten, zoals breuken (verandering van de diëlectrische eigenschappen). Het gebruik van hoge frequenties zorgt voor een verbetering van de ruimtelijke resolutie. De dieptepenetratie staat in verband met de eigenschappen van de grond en daalt met een stijging van de frequentie. Deze kan in niet geleidende ondergrond tot 10 m beperkt zijn.

De metingen kunnen vanaf het oppervlak worden uitgevoerd (reflection mode), vanuit een boorgat (reflection mode) of 2 of meerder boorgaten terzelfdertijd (transmission mode).

De methodologie die toegepast wordt in dit onderzoeksproject is gebaseerd op modellering, laboratorium metingen en in situ metingen.

De Finite Time domain technique wordt toegepast voor het simuleren van electro-magnetische golfvoortplanting in 3-D media, gebruik makend van de eindige differentiaaloplossing voor de formules van Maxwell. De diëlectrische parameters van het medium en de breuk worden als constant beschouwd en onafhankelijk van de frequentie. Deze benadering zorgt voor een beperking van het programma. De celgrootte is verbonden met de kleinste golflengte, die zorgt voor een beperking van de ruimte die kan gemodelleerd worden, en met de vulmaterialen (de grondmaterialen hebben een kleinere golflengte dan lucht, waardoor de celgrootte gereduceerd wordt).

Bij de reflectiemodus worden de dipoolantennes, die signalen uitzenden en ontvangen, in een boorgat geplaatst. Ze worden langs de te onderzoeken zone geplaatst en voor elke positie van de antennes wordt er een electromagnetische puls gegenereerd door de antenne die de signalen uitzendt. Elke diëlectrische variatie in een gesteente is in staat om een deel van de impulsenergie te reflecteren naar de receptor. Deze variaties kunnen veroorzaakt worden door een discontinuïteit of een heterogeniteit in het gesteente, zoals door een gelaagtheid, een breuk of een holte. De geregistreerde signalen worden op een analoge manier weergegeven, zoals bij de reflectiesismiek. Op de radarsectie stelt de verticale as de positie van de antennes in het boorgat voor, terwijl de horizontale as de voortplantingstijd weergeeft (fig.203). Deze voortplantingstijd kan omgezet worden in een gemiddelde afstand wanneer de snelheid van de voortplanting van de golf in het gesteente gekend is. Er is een

zekere ervaring nodig voor een zinvolle interpretatie van de resultaten van radar in een boorgat. Er kunnen twee types van reflectors geobserveerd worden.

Vlakke reflectors worden gekenmerkt door een zekere laterale continuïteit. Als dit vlak bijna evenwijdig aan het boorgat zit, wordt zijn weergave op de radarsectie bijna zonder geometrische distorsie voorgesteld. Als het vlak daarentegen het doorgat doorsnijdt, wordt dit vlak weergegeven onder de vorm van twee halfvlakken, die overeenkomen met dezelfde reflector, maar waarbij een halfvlak overeenkomt met het deel boven het snijpunt en het andere halfvlak met het deel eronder. Door de geometrische distorsie is de hoek tussen het vlak en het boorgat anders weergegeven dan de werkelijkheid. Men zal dit dus moeten corrigeren.

Puntpunctreflectors hebben geen laterale continuïteit. Deze zijn het product van heterogeniteiten waarvan de grootte kleiner of gelijk is aan de lengte van het golfsignaal. De armen van de hyperbool hebben geen enkele geometrische betekenis. Het is belangrijk om er de aandacht op te vestigen dat deze hyperbolen toch zeer belangrijk zijn, ondanks het feit dat ze voor verwarring kunnen zorgen. Zij kunnen de eigenschappen van een holte of een tunnel weergeven en laten ons toe om een evaluatie te maken van de voortplantingstijd van de golven doorheen het gesteente. Deze bepaling is echter minder precies dan wanneer men resultaten bekomt door meting van de calibratiesnelheid, tijdsmetingen van de doorvoer of metingen tussen de boorgaten.

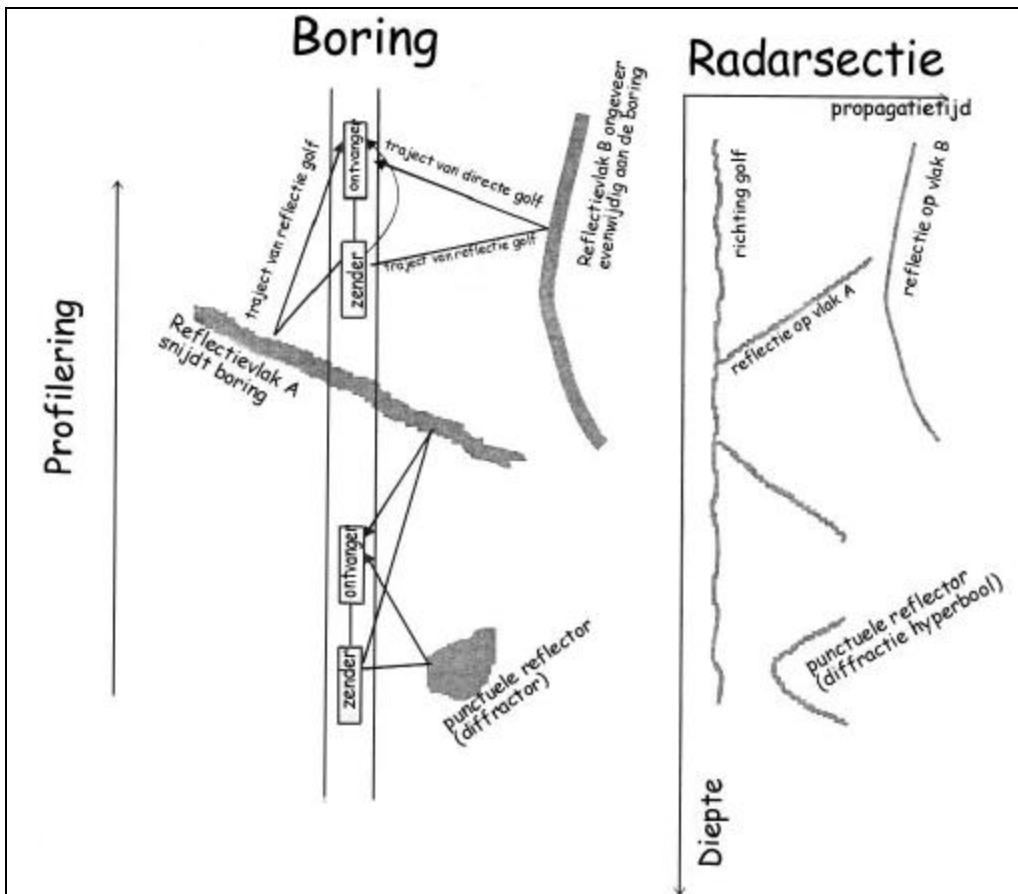


Fig. 203: Het principe van radar met reflectie mode in een boorgat (naar CORIN et al, 1996).

De interpretatie van de resultaten worden meestal gedaan door middel van nomogrammen, waarbij rekening wordt gehouden met de geometrische distorsie (fig. 204). Deze nomogrammen stellen de trend voor die zich voordoet in verschillende posities van de radarsectie voor een gegeven snelheid en configuratie. Het is eveneens mogelijk om een migratieprocedure toe te passen in het punt van de transformator van de radarsectie, uitgedrukt in termen van tijdspropagatie, en in een sectie, uitgedrukt in termen van afstand, welke geen geometrische distorsie voorstelt (CORIN, et al, 1996).

De onderzoeksstraal is afhankelijk van de elektrische weerstand van het te onderzoeken materiaal. Hij varieert van minimum enkele meters in een bodem die klei- tot silthoudend is, tot 300 m en meer in uitzonderlijke situaties (zoals bij puur zout, droge massieve kalksteen; weinig verwerde graniet en ijs).

Bij gebruik van de reflectiemode zorgt de radar in het boorgat voor een beeld met hoge resolutie, met detail van de geometrische structuur van het gesteente rondom het boorgat en indicaties voor de aanwezigheid van lokale

anomalieën rondom het boorgat. De eigenschappen van het materiaal mogen niet geschat worden op basis van de reflectiemode. Hiervoor zal men beroep moeten doen op de tomografie.

Het gebruik van dipoolantennes zorgt ervoor dat het beeld niet georiënteerd is, waarbij de richting van een reflector ongekend blijft. Men zal dus op zijn minst nood hebben aan complementaire geologische informatie. Dit zal niet noodzakelijk zijn wanneer dezelfde reflector identificeerbaar is in tenminste drie boorgaten. De laatste ontwikkelingen van de radar in een boorgat lieten toe om een ontvangende antenne te bouwen die de mogelijkheid had om het azimuth van elke reflector te bepalen. Op deze manier kan men een driedimensioneel beeld reconstrueren van het gesteente rond het boorgat.

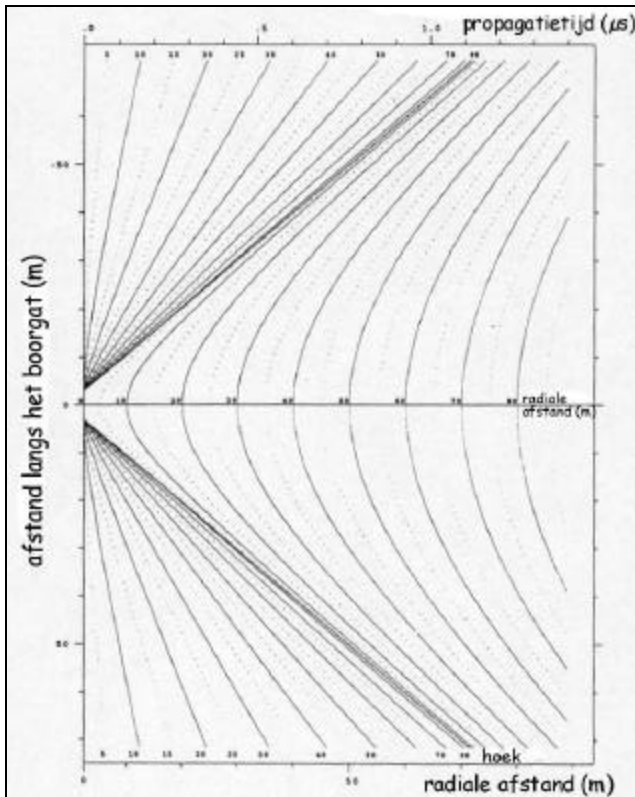


Fig. 204: Een nomogram (naar CORIN, et al, 1996).

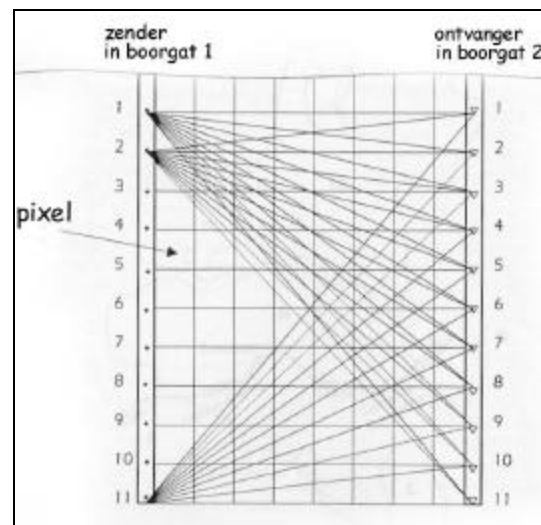


Fig. 205: het principe van radar met tomografie mode in een boorgat (naar CORIN, et al, 1996).

Voor de tomografie zijn er in de omgeving van het te onderzoeken gebied twee boorgaten noodzakelijk (fig. 205). Hierbij wordt de antenne die de signalen uitzendt in het ene boorgat geplaatst, terwijl de ontvangantenne zich in het andere boorgat bevindt. Voor elke positie van de antenne, die de signalen uitzendt van ongeveer 20 tot 60 MHz, wordt het signaal geregistreerd door de ontvangende antenne voor een serie regelmatige verplaatsingen met constante onderlinge afstand langs het andere boorgat. Elk geregistreerd signaal correspondeert met een traject tussen de boorgaten en men bepaald voor elk afzonderlijk de voortplantingstijd van het signaal en zijn amplitude.

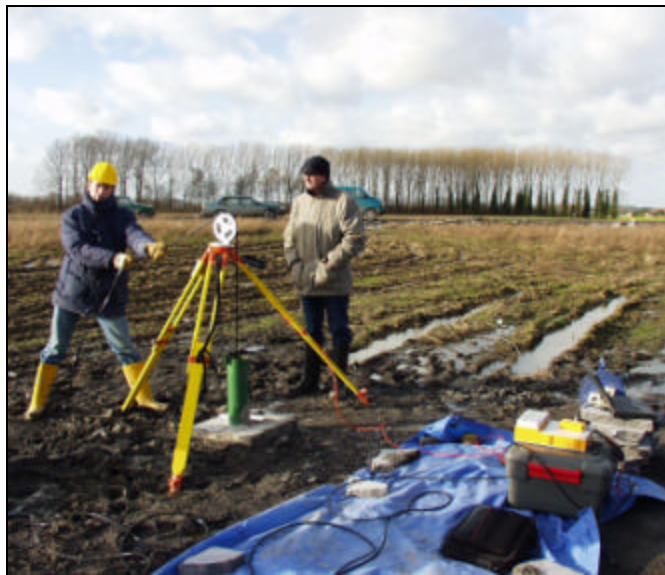
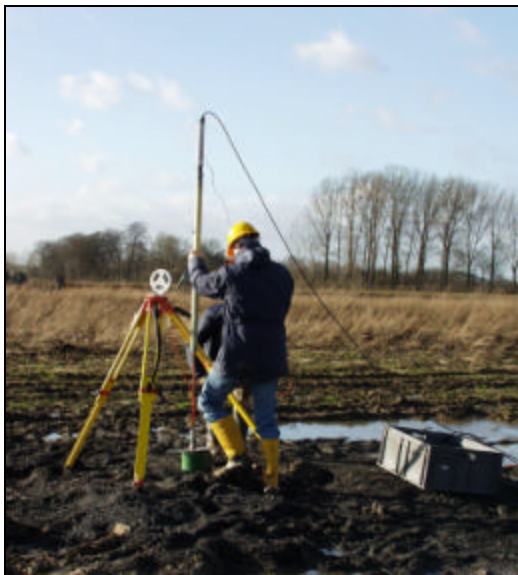
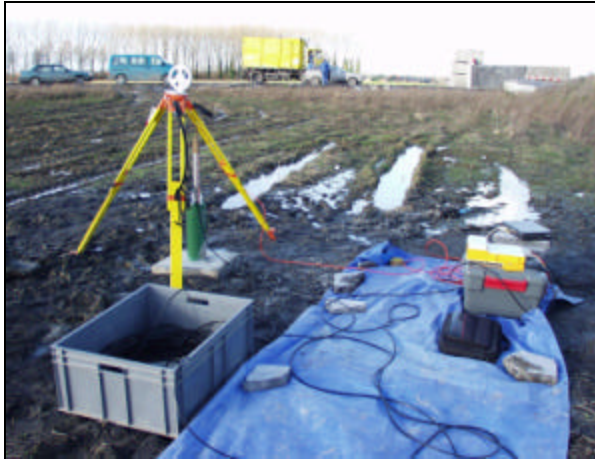
De zone tussen de boorgaten wordt daarna onderverdeeld in pixels met hun karakteriserende eenheden. Het wordt hierdoor mogelijk om de verspreiding van de snelheden tussen de boorgaten te berekenen, gebruik makend van het geheel aan gemeten voortplantingstijden. Deze methode noemt men de inversie tomografie

Het is belangrijk om er de aandacht op te vestigen dat de limieten inherent zijn aan de methode zelf, maar ook aan de interpretatietechniek. Een aantal van deze beperkingen werden behandeld door DYER-WORTHINGTON (1988) en door SIGGINS (1992):

- De resolutie van de methode is een complexe functie van de lengte van de golf, de ruimte van de boorgaten en de stappen van de meting. Ze is algemeen van metrische orde. Het is noodzakelijk om rekening te houden met de grootte-orde wanneer men tomografische resultaten vergelijkt met geotechnische gegevens.
- Het proces van de inversie tomografie laat niet toe om een laag evenwijdig aan een boorgat juist te bepalen. De aanwezigheid van dergelijke laag zorgt voor de aanwezigheid van artefacten in de resulterende secties.
- De interpretatie procedure veronderstelt een bidimensioneel onderzoeksgebied. Het is goed mogelijk dat er bepaalde zaken de metingen beïnvloeden en zorgen voor laterale variaties die niet in acht werden genomen.

Op 8 december 2000 demonstreerde G-tec in een boorgat van de groeve Hainaut de radar in reflectie mode (foto 96). Deze demonstratie lukte enkel volledig voor het boorgat CH38, daar in boorgat CH40 de sonde al vlug vast raakte, waarschijnlijk door een onregelmatigheid in het boorgat.

De sonde bevatte een zender en een ontvanger, op ongeveer 1,85 m van elkaar. De zender zond signalen uit van ongeveer 250 MHz uit. De sonde wordt verbonden met de computer via een optische kabel. Zulke kabels zijn duur, maar hebben het voordeel dat ze niet voor een verstoring zorgen zoals het geval is bij een coaxkabel. Bij het gebruik van een coaxkabel heeft men moeite om een goede synchronisatie te krijgen. De PVC, die in de boorgaten zit en een inwendige diameter van 83 mm heeft, en het zoete water in de boorgaten hebben geen invloed op de resultaten. Diaklazen en kristallisaties zijn voorbeelden van verstoringbronnen die moeilijk afzonderlijk te detecteren zijn.



**Foto 96: Het opstelling van de apparatuur en het neerlaten van de sonde in het boorgat H38 (foto V. CNUDDÉ).**

Voor een geologische interpretatie van de radarmetingen moet men rekening houden met verschillende factoren. We weten dat de resultaten van een tomografieradar zich voordoen onder de vorm van secties, die de verstoring van de radarsnelheid weergeven en de attenuaties (of de effectieve resistiviteiten) tussen de boorgaten.

Een bruikbare benadering van de snelheid van de radar wordt gegeven door:  $v = c / \sqrt{\epsilon_r}$

waarbij:  
 $v$  = de snelheid van de radargolf (m/ $\mu$ s)  
 $c$  = de lichtsnelheid in het luchtledige (300 m/ $\mu$ s)  
 $\epsilon_r$  = de relatieve permittiviteit van het materiaal

Deze formule is geldig in milieus met relatief weinig geleiders en waar de materialen niet-magnetisch zijn, waarbij de magnetische permeabiliteit gelijk is aan 1.

De relatieve permittiviteit varieert van 1 (lucht) tot 81 (water). De meest voorkomende mineralen bezitten een waarde tussen 4 en 9 (zo heeft calciet bijvoorbeeld een permittiviteit van 6,5 tot 7,5). Het is daarom evident dat een breuk de permittiviteit kan beïnvloeden, wanneer deze bijvoorbeeld gevuld is met water. Water zorgt voor een vermindering van de radarsnelheid. Er bestaan verschillende formules die de permittiviteit koppelen aan de



hoeveelheid van het water. De resultaten verschillen hierdoor licht en het is ideaal indien er een calibratie wordt uitgevoerd om rekening te houden met de natuur van het terrein.

Een benadering voor de attenuatie van de radar wordt gegeven door:  $a = 1640 / \epsilon_r \cdot \nu_e$

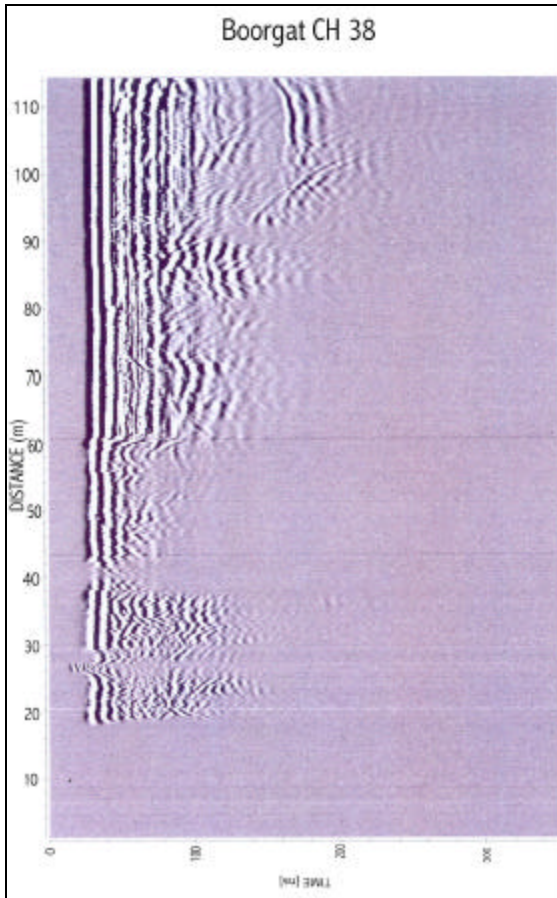
Waarbij:  $a$  = attenuatie (dB/m)

$\nu_e$  = effectieve resistiviteit van het terrein bij de beschouwde frequentie (Om)

$\epsilon_r$  = relatieve permittiviteit

Uit  $\epsilon_r$ , bekomen uit de tomogram van de radarsnelheden, en  $a$ , bekomen uit het attenuatie tomogram, kan men een tomogram voor de effectieve resistiviteit herrekenen. De resistiviteit staat vooral in functie van het gehalte aan klei en de mineralisatie van het water. Men moet echter opmerken dat de resistiviteit afhankelijk is van de gebruikte frequentie van de antenne, waarbij een verhoging van de frequentie zich vertaalt in een daling van de resistiviteit van het terrein, dat met deze frequentie wordt onderzocht.

In fig. 206 worden de ruwe gegevens weergegeven van de radarmetingen uit boorgat CH 38.



**Fig.206: Ruwe gegevens bekomen bij de radarmeting in boorgat CH 38 (G-tec, 2000).**

De linker figuur van fig. 207 stelt de niet behandelde gegevens voor bekomen in boorgat CH 38 terwijl we in de rechter figuur een identificatie krijgen van de voornaamste reflectoren. Uit de gegevens van de radar kunnen we voor boorgat CH 38 afleiden dat de totale dikte van de losse aarde 18 m is. Verder kunnen we afleiden dat de *délit à la terre* hier waarschijnlijk op 91 m diepte zit. Wanneer we dit vergelijken met de resultaten uit de boorkernen, dan zien we dat de 18 m dikke losse bovenlaag, overeen komt met de 6 m dikke silt, de 2 m dikke silthoudende klei en een 10 m dikke groene klei. In het boorgat CH38 start de dolomiet op 18 m diepte en de “raches” op 29 m.

Wanneer we naar de resultaten van de radar kijken, dan zien we dat vanaf 60 m diepte vlakke reflectoren verschijnen. Ook de diepte van de *délit à la terre* komt overeen met wat er in de boorkern is teruggevonden. In dit geval doet de *délit à la terre* zich voor als een puntreflector.

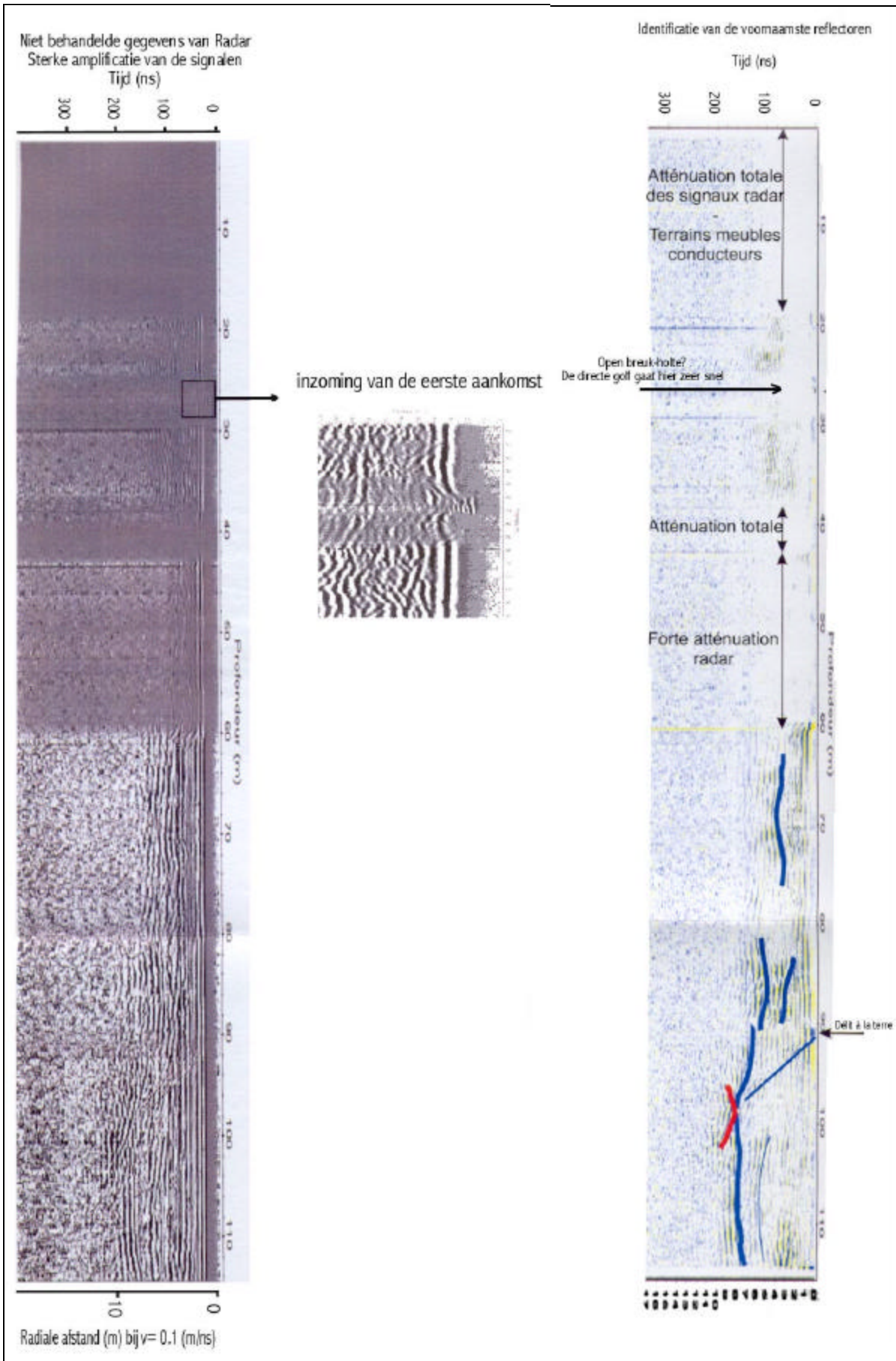


Fig. 207: ruwe gegevens en verwerkte data van boorgat CH 38 (G-Tec, 2000).

Wanneer we naar de resultaten van de radar voor boorgat CH40 kijken (fig. 208), dan merken we op dat de sonde op ongeveer 50 m diepte vastraakte in het boorgat.

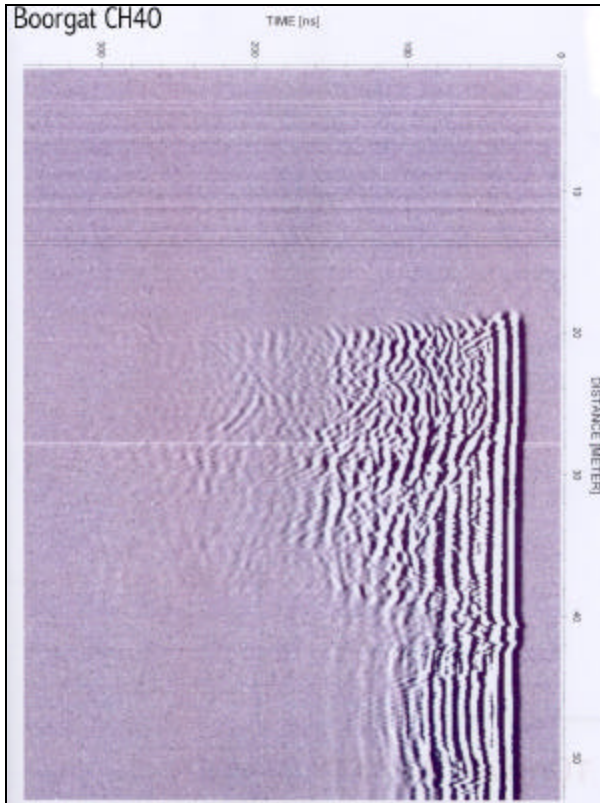


Fig.208: Ruwe data bekomen bij de radarmeting in boorgat CH 40 (G-tec, 2000).

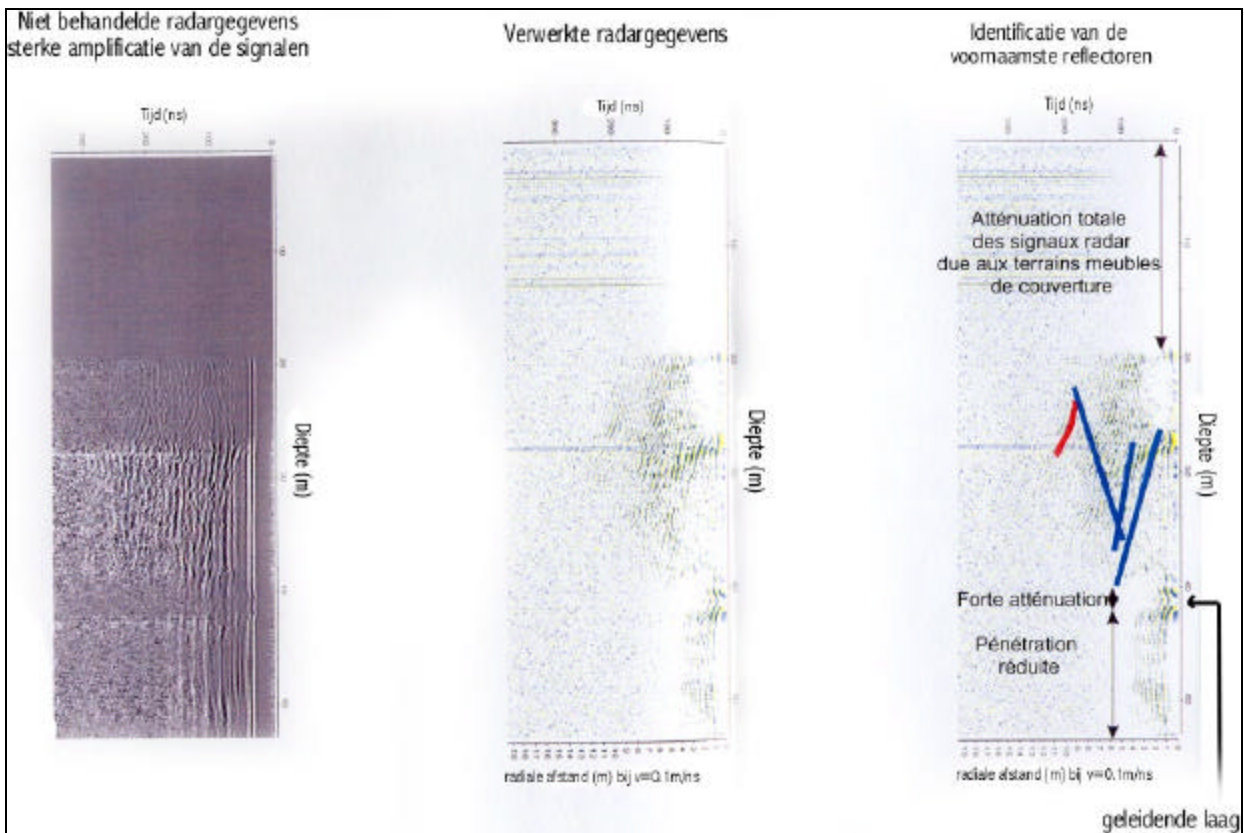


Fig.209: De ruwe data, de verwerkte gegevens en de interpretatie van de lagen in boorgat CH 40 (G-tec, 2000).

Wanneer we de verwerkte resultaten van boorgat CH40 bekijken (fig. 209), dan kunnen we opmerken dat men volgens de radargegevens bovenaan ongeveer 19 m los materiaal heeft, met enkele meters dieper een



punreflector en verschillende vlakke reflectoren. Verder merken we op dat op ongeveer 42 m diepte een geleidende laag aanwezig is. Als we deze gegevens vergelijken met de waarnemingen uit de boorkernen, dan merken we op dat we in boorgat CH40 met een slechte, sterk gebroken kalksteen te maken hebben. Waarschijnlijk wijzen de vlakke reflectoren op meerdere breuken. Verder merken we op dat het losse materiaal 19,5 m dik is (4 m leem, 4 m kleihoudende silt, 10,5 m groene klei, 1 m kleihoudende silt) wat zeer goed met de gegevens uit de radar overeenkomt. Op 19,5 m diepte starten de raches, die 70,7 m dik zijn. Volgens Dr. V. Netels, de geoloog van de groeve, had men hier te maken met een zeer sterk verbrokken gesteente. Aangezien we niet in detail de beschrijving hebben over de zone met de raches, kunnen we ook moeilijk de punreflector en de geleidende laag verklaren.

Algemeen kunnen we dus zeggen dat de gegevens van de radar de algemene trend van de lagen kunnen weergegeven.

### 6.2.5 Resistiviteitsmetingen

De resistiviteitsmethode vindt zijn oorsprong in 1920 door het werk van de gebroeders Schlumberger.

De laatste jaren heerst er een trend voor het gebruik van resistiviteit voor infrastructuurprojecten en milieustudies, twee toepassingen die een stijgende rol toegekend krijgen in onze moderne wereld.

Het onderzoek bestaat erin de verdeling van de resistiviteit in de ondergrond na te gaan, door metingen uit te voeren aan de oppervlakte. Uit deze metingen kan dan de echte resistiviteit in de ondergrond geschat worden. Deze resistiviteit staat in verband met verschillende geologische parameters, zoals de mineralen, de porositeit, de compactie, de graad van waterverzadiging in het gesteente en het zoutgehalte van het water. De onderzoeken naar de elektrische resistiviteit wordt al vele jaren gebruikt in de hydrogeologie, de mijnindustrie en bij geotechnisch onderzoek.

De resistiviteitsmetingen worden normaal uitgevoerd door een stroom in de grond te brengen door middel van 2 stroomelektroden, waarbij het resulterende potentiaalverschil gemeten wordt door 2 spanningselektroden. Hieruit kan men dan de schijnbare resistiviteit berekenen:  $\rho_a = kV/I$

waarbij k de geometrische factor is, die afhankelijk is van de opstelling van de vier elektroden. De resistiviteitsmeters geven normaal een resistiviteitswaarde,  $R=V/I$ , zodat in de praktijk de schijnbare resistiviteitswaarde kan berekend worden door:  $\rho_a = kR$ .

De berekende resistiviteit is niet de echte resistiviteit van de ondergrond, maar een schijnbare waarde die gelijk is aan de resistiviteit van een homogene bodem. De relatie tussen de schijnbare resistiviteit en de werkelijke resistiviteit is complex. Om de werkelijke resistiviteit te bekomen, zal men een inversie van de metingen van de schijnbare resistiviteit moeten uitvoeren met behulp van een computerprogramma.

Na de radarmetingen, zijn we met een team van het Laboratorium voor toegepaste geologie van de RUG, op 28.02.2001, hetzelfde terrein gaan onderzoeken met het multi-elektroden resistiviteitssysteem Syscal R2 (foto 97) van de Firma IRIS INSTRUMENTS uit Frankrijk. Het is een ideaal toestel omdat het krachtig is (800 V, 2 A), het zeer gevoelig is (1µV resolutie na stacking), dat het de schijnbare resistiviteit berekend en het over een krachtig intern geheugen beschikt waarin het voor maximum 1.022 metingen gegevens opslaat zoals de stroom, de spanning, de spontane polarisatie, de afstand tussen de elektroden, de schijnbare resistiviteit, en het meetnummer. Het heeft ook het voordeel dat het bij een multi-elektrodenopstelling automatische schakelt over een reeks elektroden.

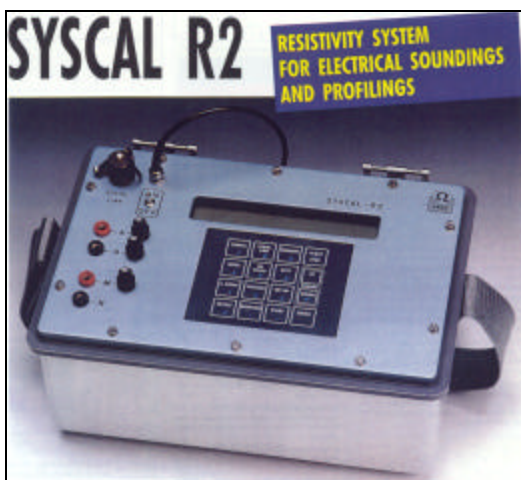


Foto 97: De Syscal R2.



Bij dit systeem voert men eigenlijk terzelfdertijd een profilering en een sondering uit. Bij een profilering gaan we de laterale veranderingen in de ondergrond na, door een vaste afstand tussen de elektroden te nemen en volgens een vaste tussenafstand op verschillende lokaties te meten. Door gebruik te maken van verschillende afstanden, kunnen we op verschillende diepten meten. Bij sonderingen gaan we de verticale resistiviteitsveranderingen na in een bepaald punt, door de afstand tussen de elektroden stelselmatig te vergroten. Het systeem werkt volgens de Wenner-methode, waarbij na de plaatsing van alle 32 elektroden, alle mogelijke combinaties worden afgegaan tussen 4 elektroden. Elke elektrode kan op zich een spannings- of stroomelektrode zijn. In fig. 210 zien we in station 1 de opstelling van de elektroden, die onderling op een afstand  $a$  van elkaar verwijderd zijn. Bij het multi-elektrodesysteem kunnen we een goed 2D-beeld krijgen van de ondergrond. In een normaal onderzoek (fig. 210) worden de elektroden op een rechte lijn geplaatst, waarbij de afstand tussen de elektroden constant is. In fig. 210 tonen we een mogelijke sequentie van een meting met de Wenneropstelling methode voor een systeem met 16 elektroden. In dit voorbeeld is de afstand tussen de elektroden gelijk aan " $a$ ". De eerste stap in de meting zal bestaan uit het meten van alle mogelijke schijnbare resistiviteiten, waarbij de afstand tussen de elektroden gelijk is aan  $a$ . Voor deze meting worden de stroomelektroden C1 en C2 en de potentiaalelektroden P1 en P2 gebruikt. Voor de eerste meting zullen de eerste vier elektroden gebruikt worden, terwijl voor de tweede meting, de elektroden 2 tot en met 5 worden gebruikt. Deze manier van werken wordt herhaald totdat men de elektroden 13, 14, 15 en 16 heeft gebruikt. Op die manier heeft men 13 (16-3) mogelijke metingen, waarbij de afstand tussen de onderlinge elektroden  $1a$  bedraagt. Wanneer deze sequentie van metingen voltooid is, wordt een nieuwe reeks metingen verricht, waarbij de afstand tussen de onderlinge elektroden  $2a$  bedraagt. Bij de eerste meting zullen nu de elektroden 1, 3, 5 en 7 gebruikt worden en bij de tweede meting, zullen de elektroden 2, 4, 6 en 8. Dit proces wordt herhaald tot men de elektroden 10, 12, 14 en 16 gebruikt. Voor een systeem met 16 elektroden zullen er 10 (16 - 2x3) mogelijke combinaties zijn met  $2a$ . Hetzelfde proces wordt nu uitgevoerd voor een afstand met  $3a$ ,  $4a$ ,  $5a$ , enz. Merk dus op dat wanneer de afstand tussen de elektroden toeneemt, het aantal metingen zal afnemen.

Op die manier meet het systeem schijnbare resistiviteiten voor alle mogelijke combinaties van de elektroden. Uiteindelijk zal het toestel eindigen met de resistiviteitsmeting waarbij de afstand tussen de elektroden maximaal is. Om de gegevens van een 2D-beeldvorming te plotten, gebruikt men de pseudosectiemethode. De pseudosectie geeft een benaderd beeld van de echte resistiviteitsverdeling in de ondergrond, maar geeft een verstoord beeld van de ondergrond, aangezien de vorm van de omlijnningen afhankelijk is van het type van opstelling en van de ware resistiviteit van de ondergrond. De pseudosectie is bruikbaar als voorstelling van de gemeten schijnbare resistiviteitwaarden in een picturale vorm en als een initiële hulp voor verdere kwantitatieve interpretatie. Een veel voorkomende fout is dat men de pseudosecties gebruikt als uiteindelijk beeld van de echte resistiviteit in de ondergrond.

Bij de resistiviteitsmetingen doen we beroep op de formule van Pouillet,  $R = \rho \times L/A$ , waarbij  $\rho$  de resistiviteit is die karakteristiek is voor het gesteente en uitgedrukt wordt in  $\Omega m$ .

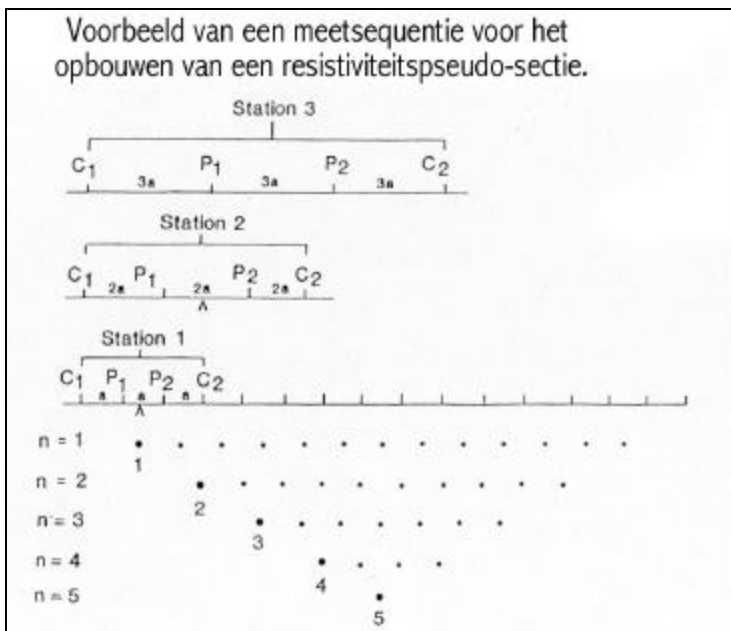


Fig. 210: Opstelling bij een multi-elektrodesysteem (HENRIET, 2000-2001).

Verschillende parameters beïnvloeden de resistiviteitsmetingen. Bij resistiviteitsmetingen is eerst en vooral de aard van het materiaal van belang. Zo heeft een Ieperse klei een weerstand van 4,2 tot 8 Om terwijl schalies eerder een resistiviteit van 50 tot 300 Om kunnen bezitten en kalksteen 500 tot 10.000 Om.

Onze eerste opstelling (area 1, line 1) had zijn eerste elektrode op 15 m ten noordwesten van boorgat CH15 (fig. 211). De eerste lijn was 155 m lang, waarbij de afstand tussen de elektroden 5 m bedroeg. Op fig. 211 wordt de exacte situering van het onderzochte profiel weergegeven door de rode lijn.

Onze tweede opstelling vond plaats in hetzelfde gebied, maar de afstand tussen de elektroden bedroeg nu 10 m (de maximale afstand die in onze mogelijkheid lag), waardoor het profiel 320 m lang was (area 1, line 2). Dit profiel was zo gekozen, omdat het verschillende boorgaten (CH15, CH36, 111, CDH 86 en CDH 35) kruiste.

Aangezien onze meting maar tot op ongeveer 50 m diepte gaat, kunnen we de invloed van de grondwatertafel, 60 m diep, niet waarnemen.

Wanneer we de gegevens van de boorkernen combineren met de gegevens van de berekende schijnbare resistiviteit van de pseudosectie, dan kunnen we een algemene trend waarnemen (fig. 212 tot 215).

De bovenste lagen, bestaande uit silt en zand, bezitten de laagste schijnbare resistiviteit van de pseudosectie van ongeveer 7,3 Om en minder. De groene klei en het groene zand hebben een hogere schijnbare resistiviteit van de pseudosectie begrepen tussen 7,3 en 27,4 Om. Het gebied met de dolomitisatie start ongeveer met een schijnbare resistiviteit van de pseudosectie van ongeveer 53 Om en kan gaan tot 383 Om op zijn diepste punt. De râches beginnen maar bij een schijnbare resistiviteit van de pseudosectie die hoger is dan 383 Om.

Op de berekende schijnbare resistiviteit van de pseudosectie hebben we tevens weergegeven waar de twee breuken zich ongeveer zouden moeten bevinden (fig. 215). De juiste plaats is echter niet gekend. Men baseert zich, voor de plaats van de breuken, eerder op het feit dat de boorkernen in de boringen CH37 en CH38 uit goede kalksteen bestaan, terwijl de boorkernen van de boringen die tussen CH37 en CH38 liggen, verbrokkelde kalksteen bevatten.

In fig. 211 wordt het grondplan van de Carrières du Hainaut weergegeven, met daarop onder andere de lokalisatie van de genomen boorkernen, de onderzochte profielen, en de situering van de breuken. De figuren 212 en 213 geven de berekende schijnbare resistiviteiten weer in de pseudosecties langs het gekozen profiel. Fig. 214 geeft de gegevens van de boorkernen weer, in de buurt van het onderzochte profiel. Tenslotte wordt in fig. 215 een combinatie getoond van de gegevens uit de boorkernen en de berekende schijnbare resistiviteit langs het profiel.

Uit de resultaten van deze resistiviteitsmetingen merken we dus een algemene trend op en kunnen we op een relatief vlugge manier een grove schatting maken van de diepte van de verschillende lagen. In ons geval kunnen we de breuken niet echt detecteren. De Wenner methode is relatief gevoelig voor verticale veranderingen van resistiviteit in het centrum van een opstelling van elektroden, maar is minder gevoelig voor het detecteren van horizontale veranderingen en van plaatselijke anomalieën.

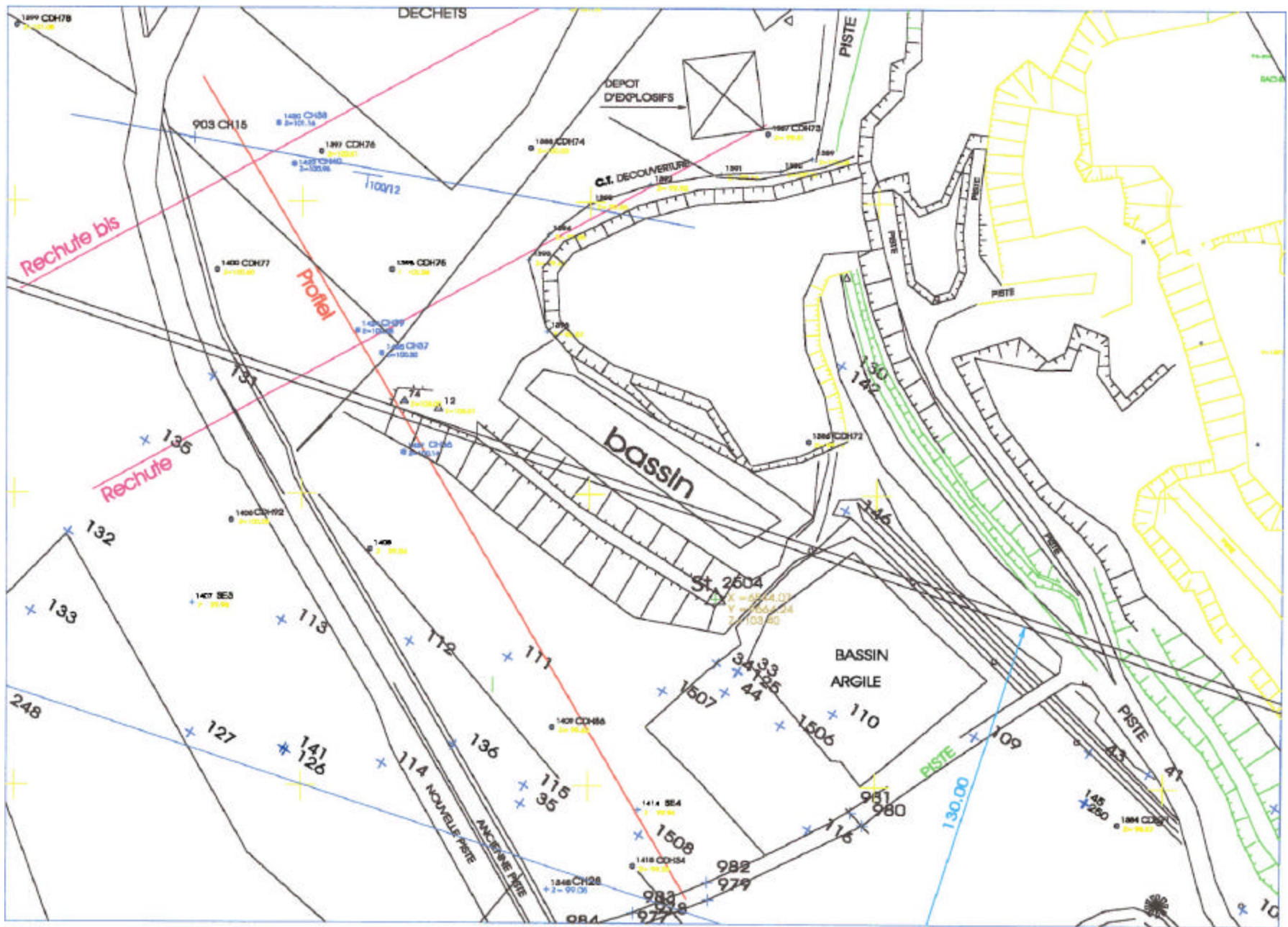


Fig. 211: Grondplan van de Carrières du Hainaut met de situering van de genomen boorkernen, de lokalisatie van de profielen en de situering van de breuken.



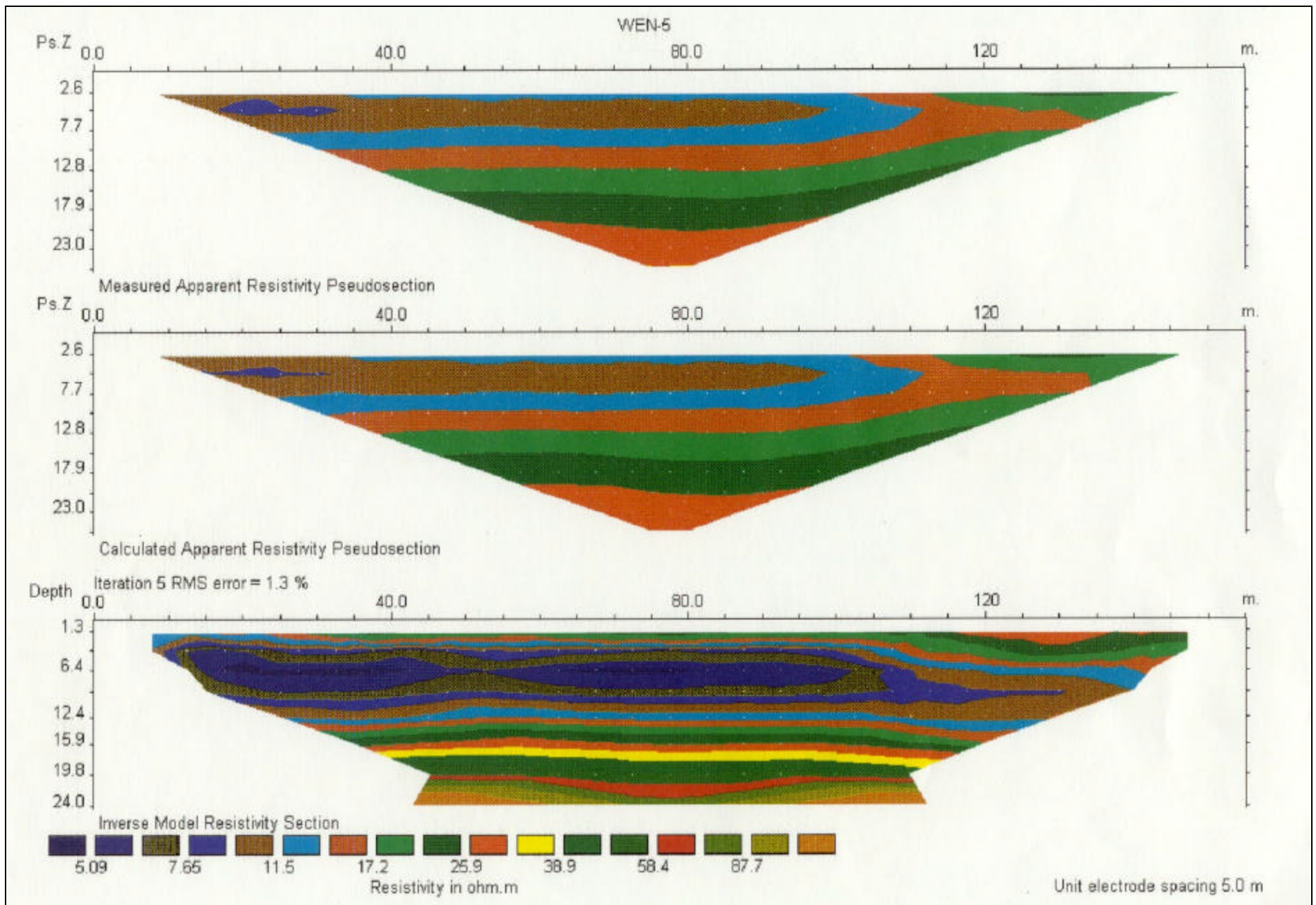


Fig. 212: Berekende schijnbare resistiviteit in de pseudosecties langs het profiel in de groeve Hainaut waarbij de afstand tussen de elektroden 5 m bedroeg.



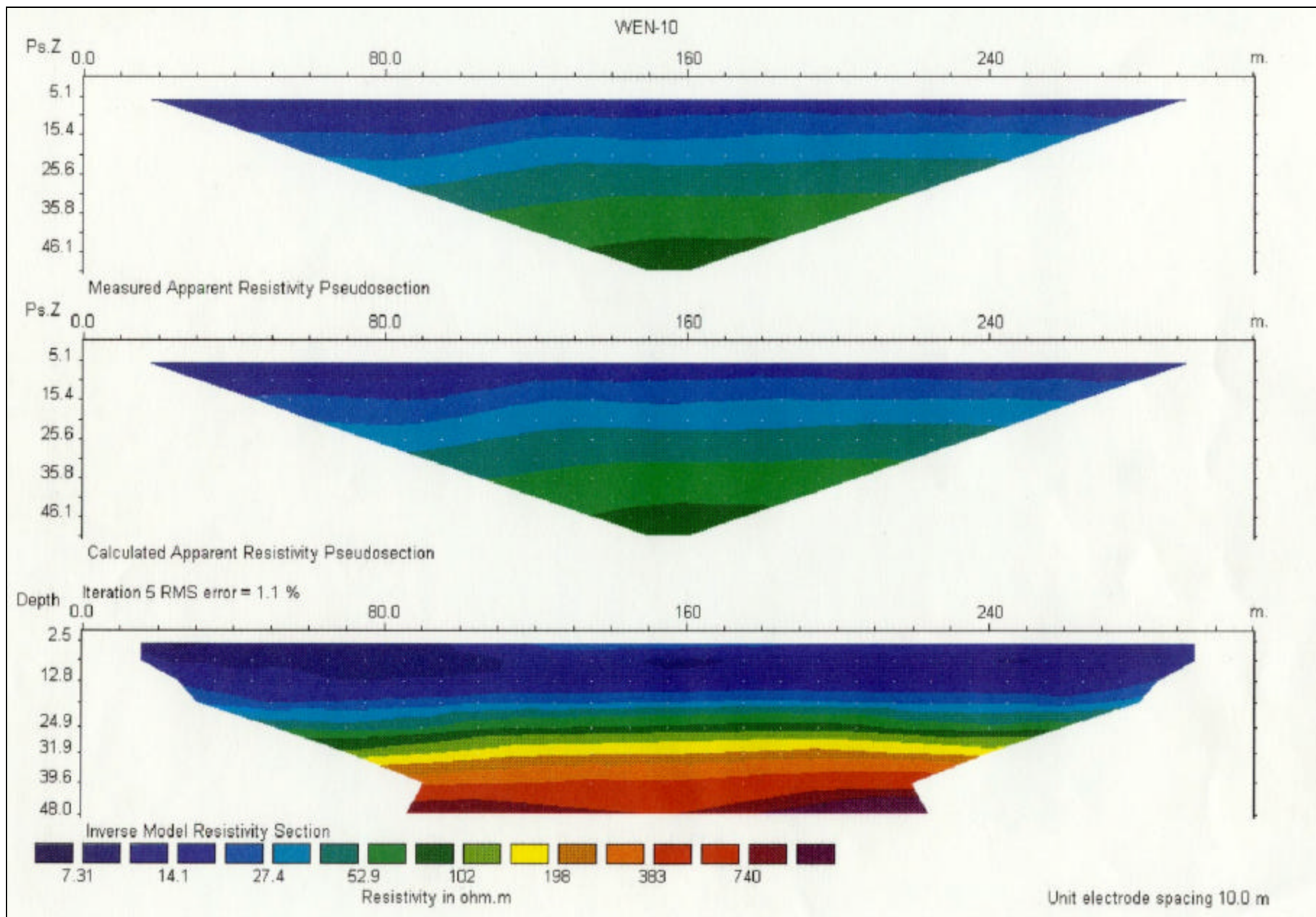


Fig. 213: Berekende schijnbare resistiviteit in de pseudosecties langs het profiel in de groeve Hainaut waarbij de afstand tussen de elektroden 10 m bedroeg.

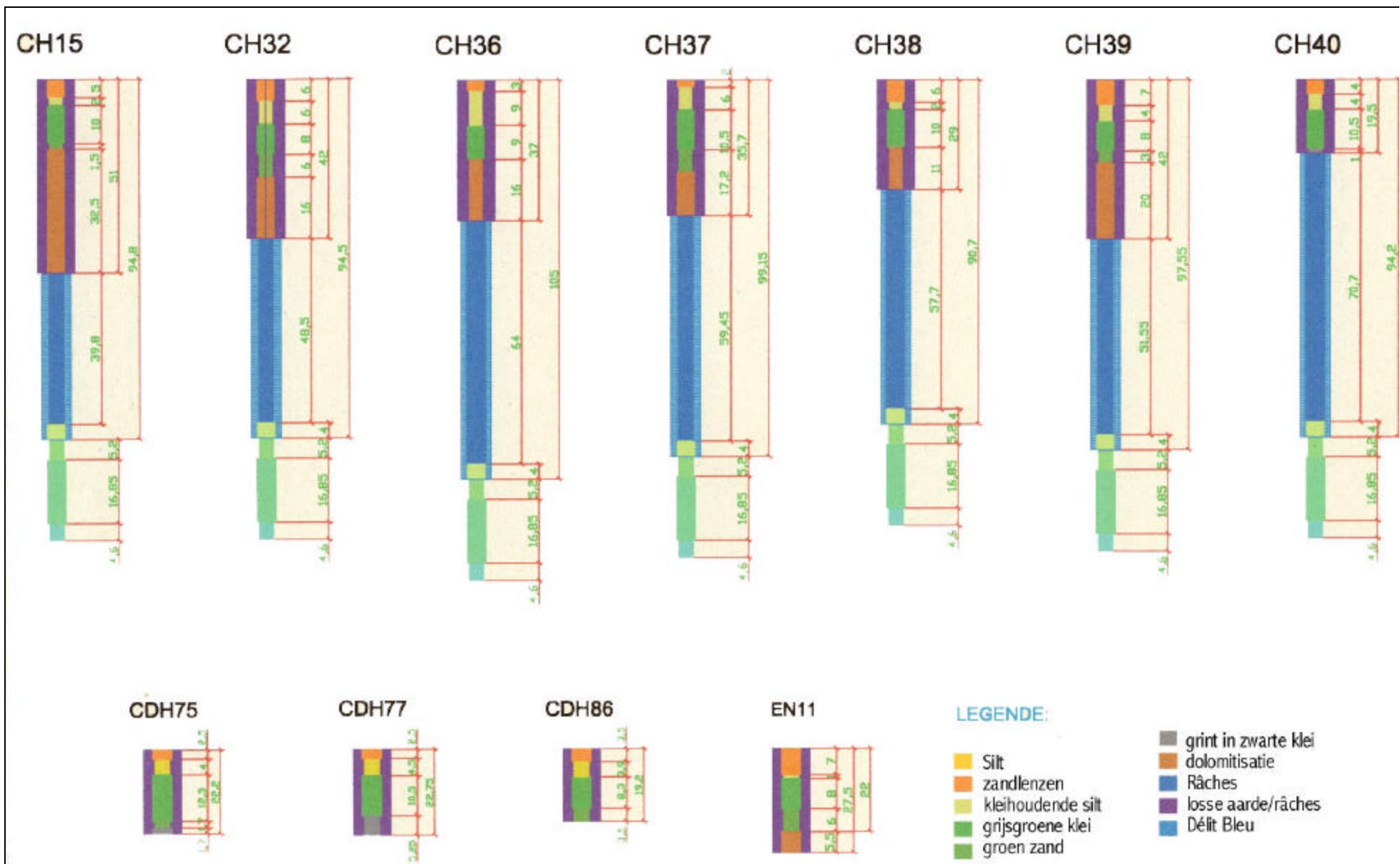


Fig. 214: De boorkernen gelegen in de buurt van het gekozen profiel.

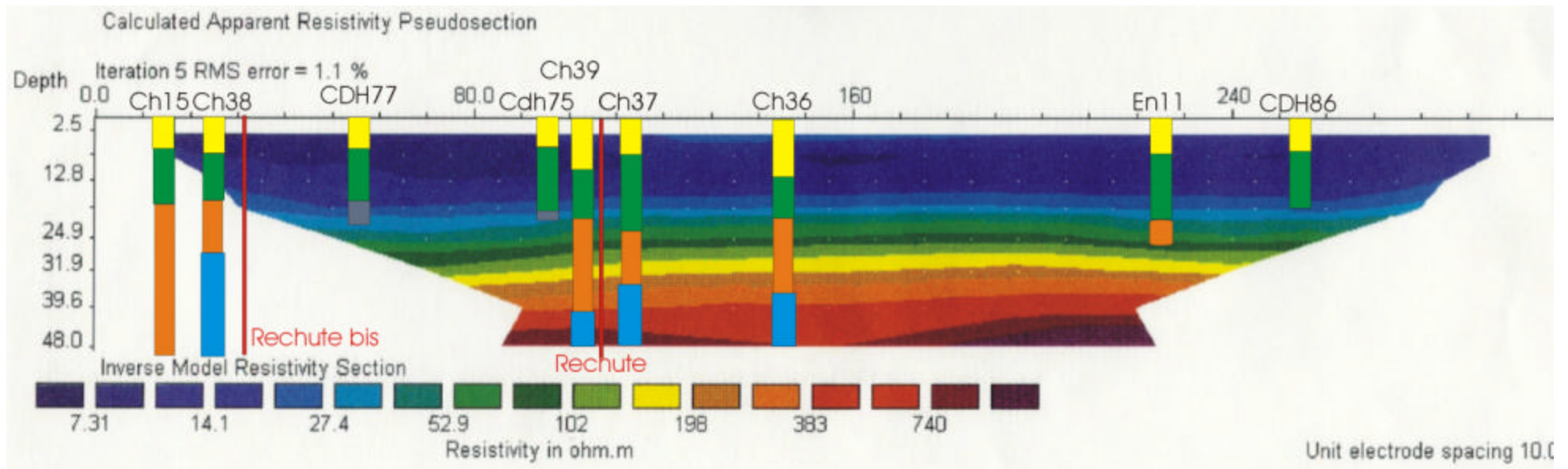


Fig. 215: De combinatie van de berekende schijnbare resistiviteit in de pseudosecties langs het profiel en de gegevens van de boorkernen.





## HOOFDSTUK 7: Algemeen besluit

Het onderzoek naar de blauwe hardsteen begon in de zomer van 2000 met het bezoek aan de nog ontgonnen groeven van de firma's Clypot S.A., Carrières Gauthier et Wincqz S.A., sprl Marbres et Pierres d'Yvoir, Nutons S.A., Carrières de Sprimont S.A., Carrières de la Préalle Sprimont, Carrière de Chanxhe S.A., Carrières Flay-co sprl, S.A. Nouvelles scieries et carrières Depauw, sprl Carrières Van Reeth-Hoefkens, S.A. Carrières Troydo, S.A. Carrières Jullien, S.A. Carrières du Hainaut en Carrière de la Région Wallonne. De gesprekken met de eigenaars en werknemers van deze groeven maakten ons snel het belang van de blauwe hardsteenontginning in België duidelijk. Onze betrachting was om het productieproces volledig te behandelen, vanaf de ruwe steen tot het afgewerkt product.

Uit de archieven van de Geologische Dienst te Brussel bleek dat er in België zeer veel ontginningen van blauwe hardsteen zijn geweest. Uiteindelijk vonden we ongeveer 400 groeven terug, verdeeld over 37 geologische kaarten. Daar we sommige groeven in andere publicaties terugvonden of zelf op het terrein waarnamen, maar deze niet in de gegevens van de Belgische Geologische Dienst aantreffen, is het dus mogelijk dat er nog enkele kleine oude groeven in onze inventaris ontbreken.

Door de hulp van Dr. Groessens (BGD), Dr. Tourneur (Pierre et Marbre de Wallonie) en Dhr. Philippart (ISSeP) konden we uitzonderlijke informatie bekomen, waardoor we meer en meer over het onderwerp te weten kwamen en er uiteindelijk meer en meer door werden geïntrigeerd.

In Namen, op de dienst DGRNE (service du documentation), konden we enkele nieuwe geologische kaarten bekomen die ons toelieten een deel van het Tournaisiaan in detail te volgen. Telkens zochten we zowel naar de oude als naar de nog bestaande groeven, waarbij we deze, waar mogelijk, op het veld bezochten. De 15 groeven die nu nog actief ontgonnen worden, werden door ons in detail bestudeerd.

Het veldwerk bestond uit het verzamelen van de beschikbare gegevens, het opmeten van de banken, het bespreken ervan, het maken van een coupe, het nemen van monsters voor latere proeven en zoeken van bijzondere kenmerken in de banken. Telkens maakten we een nieuwe coupe, die vergeleken werd met de oude gegevens. In nieuwe overzichtsschema's probeerden we de stratigrafische verbanden tussen de verschillende groeven weer te geven.

In het laboratorium werd een deel van de monsters vooreerst beperkt scheikundig geanalyseerd. De resultaten van onze  $\text{CaCO}_3$ -bepalingen voor de Crinoïdenkalksteen van de Ourthe (Tn3b) uit de groeven Trou des Chats (Dorinne, Spontin), Jullien (Pailhe, Clavier) en de groeven van Chanxhe en van Anthisnes, hebben we vergeleken met deze bekomen door LEGRAND (1946) voor de Crinoïdenkalksteen van Ecaussinnes (Tn3b). Verder vergeleken we het  $\text{CaCO}_3$ -gehalte in de Kalksteen van Landelies (Tn2b) uit de groeve Saint-Roch (Yvoir) met deze van het Tn3b. We kunnen besluiten dat bijna alle lagen van deze groeven uit het Midden- en het Boven-Tournaisiaan minstens 88 %  $\text{CaCO}_3$  bevatten, zoals vereist door de Appellation d'Origine Locale en gedefinieerd bij de registratie van de benaming "Arduin - Belgische blauwe hardsteen". Ook blijkt dat het verschil in  $\text{CaCO}_3$  tussen de verschillende banken van een bepaalde groeve vaak groter is dan de variaties tussen de groeven onderling.

Verder werden ook verschillende technische proeven gerealiseerd, waarbij we naast de bepaling van de porositeit, de schijnbare volumieke massa en de druksterkte, ook de buigtreksterkte op monsters met en zonder witte aders bepaalden. We toetsten onze resultaten aan deze gevonden in de literatuur en deze uitgevoerd door het WTCB en ISSeP in het kader van de homologatie, alsook aan de vereisten van de definitie in de Appellation d'Origine Locale en deze opgenomen in de registratie van de benaming "Arduin - Belgische blauwe hardsteen". We deden proeven om de spreiding van de resultaten binnen één groeve na te gaan, alsook de onderlinge verschillen tussen de ontginningen uit diverse zones. Specifiek besteedden we hierbij bijzondere aandacht aan het onderscheid tussen de verschillende lagen van het Midden-Tournaisiaan en de vergelijking met deze van het Boven-Tournaisiaan.

Onze bepaling van de schijnbare volumieke massa en de porositeit van de lagen uit de groeve Saint Roch (Midden-Tournaisiaan) gaf afwijkende resultaten in vergelijking met deze bekomen voor de homologatie. Onze resultaten leidden ertoe dat het WTCB en het ISSeP nieuwe proeven uitvoerden, die uiteindelijk onze resultaten bevestigden en een aanpassing van de homologatiefiche tot gevolg hadden. Hierdoor bleek de groeve Saint Roch voor deze specifieke kenmerken plots de beste resultaten te geven. De resultaten voor de druksterkte en de buigtreksterkte kwamen wel overeen met deze van de homologatiefiches. De criteria van de definitie in de

Appellation d'Origine Locale en deze van de registratie van de benaming "Arduin – Belgische blauwe hardsteen" voldeden voor al onze monsters. Enkel het  $\text{CaCO}_3$ -gehalte zou voor problemen kunnen zorgen. Door het nagaan van verschillende technische proeven bleek verder dat de blauwe hardsteen uit het Midden-Tournaisiaan niet minderwaardig is aan deze uit het Boven-Tournaisiaan. Hij blijkt zelfs een lagere porositeit en een hogere druksterkte te bezitten dan deze uit het Boven-Tournaisiaan.

We controleerden de buigtreksterkte van monsters met witte aders van verschillende dikte. Telkens hadden deze met een dikke witte ader, een buigtreksterkte die gemiddeld  $5 \text{ N/mm}^2$  lager lag, dan deze met een fijne witte ader of deze zonder ader. Uit het microscopisch onderzoek van de slijpplaatjes van deze monsters blijkt dat in de fijne witte, niet brekende aders de calciëtkristallen gewoonlijk de volledige breedte van de ader uitmaken en deze in de dikkere witte, niet brekende aders gewoonlijk goed met elkaar vergroeid zijn. Bij de dikkere witte breekbare aders hebben de calciëtkristallen zich gelijktijdig aan beide zijden van de ader ontwikkeld, waarbij het materiaal dat niet in de kristallen werd opgenomen, zich centraal in de ader bevindt. Hierdoor ontstaat in het centrale deel van deze zonaire aders een zwaktezone die sneller tot breuk leidt.

De grovere kristallen in de aders wijzen op een tragere kristalgroei, waarbij onzuiverheden niet in de kristalstructuur worden opgenomen en als zwarte slierten, in het midden van de ader, voor watervasthoudende zwaktezones kunnen zorgen. Fijnere kristallen in de aders wijzen dikwijls op een snellere kristalgroei, waarbij er makkelijker onzuiverheden in de kristalstructuur worden opgenomen en aldus geen zonaire opbouw ontstond. Hierdoor zijn de meeste aders met fijne kristallen minder zwak dan deze met grovere kristallen. Ook sommige fijne aders kunnen zonair opgebouwd zijn of onvolledig gevuld, wat tot een verzwakking leidt. De meeste dikke aders zijn van het brekende type, terwijl de meeste dunne aders vrij resistent zijn.

Om na te gaan of bepaalde afwerkingsvormen niet schadelijk waren voor de steen, onderwierpen we afgewerkte tegels uit de Carrières du Hainaut aan een tomografisch onderzoek, met de bedoeling een idee te krijgen van de effecten van het boucharderen, vlammen, frijnen en ijsbloemen op de steen. Onze aandacht werd hierbij toegespitst op de invloed van deze technieken op de porositeit, met aandacht voor microscheurtjes. Met de mCT opnamen konden we geen barsten waarnemen. De bekomen resultaten geven geen indicatie van een toename van poriën of microscheuren. Dit betekent dat er geen barsten zijn of dat de aanwezige barsten niet voldoende breed zijn voor detectie met de gebruikte techniek en omstandigheden. Ook het microscopisch onderzoek op slijpplaatjes van gebouchardeerde en gevlamde tegels wees niet op de aanwezigheid van microscheurtjes. Dit bevestigt wat we met de mCT hadden waargenomen.

We besluiten daaruit dat de invloed van de verschillende afwerkingstechnieken, waarschijnlijk zo miniem is dat de steen niet echt wordt geschaad en de afwerkingen geen invloed hebben op de kwaliteit van de afgewerkte producten. We kunnen tevens opmerken dat goed geselecteerde blauwe hardsteen, in tegenstelling met sommige andere natuursteen, weinig gevoelig is voor verwerking.

Tenslotte vestigden we onze aandacht op de geofysische prospectie toegepast nabij de groeve Hainaut (Zinnik), waar talrijke kernboringen waren uitgevoerd en boorkernen ter beschikking waren. Bodemradar en resistiviteitsbepalingen met een multi-electrodesysteem werden uitgevoerd en besproken.

De radaropnames geven het algemeen verloop van de lagen weer. Onze metingen met het multi-electrodensysteem van het Laboratorium voor Toegepaste Geologie van de RUG, toonde ons de schijnbare resistiviteit in de pseudosecties langs het profiel in de buurt van de groeve Hainaut. Wanneer we de gegevens van de boorkernen met de gegevens van de berekende schijnbare resistiviteit van de pseudosecties vergeleken, konden we een algemene trend waarnemen, waardoor we op een relatief vlugge en goedkope manier een grove schatting kunnen maken van de diepte van de verschillende lagen.

Dit boeiend onderwerp laat nog veel studie toe, waarbij elk onderdeel verder kan worden uitgediept. Onze grens hebben we uiteindelijk met spijt getrokken.

Onze interesse wekte duidelijk interesse bij de industrie op, die in de meeste gevallen haar eigen proefondervindelijke ervaring had, maar meestal slechts in uiterste nood in op een wetenschapper beroep deed. We hopen dat deze scriptie dan ook een aanleiding mag zijn tot verdere studies. De industrie lijkt er ons in ieder geval rijp voor.

## Referenties:

- ANDRE, J.-L. (1977-1978). *L'évolution de l'exploitation des carrières de petit granit de la Pierre de Liège*. (Mémoire en vue de l'obtention du Grade d'Ingenieur Commercial, Université de Liège, Liège).
- ANONIEM (1992). *Steen en marmer uit Wallonië: gebruik in het gebouw, technische fiches*. Ministerie voor Leefmilieu en Natuurlijke Rijkdommen van het Waalse Gewest.
- ANONIEM (1989). *1889-1989 Les carriers commémorent cent ans de syndicalisme*. Brussel: La Centrale Générale F.G.T.B.
- ANONIEM (1991). *Minières, Carrières, Industries connexes et Exploitation de Terrils (1957-1991)*. Bruxelles: Institut National des Statistiques.
- G-TEC - EXPLORATION GEOPHYSIQUE (2000). *S.A. Carrières du Hainaut. Reconnaissance du gisement. Test radar en forage*. Spa: G-tec S.A. (niet-gepubliceerd)
- AUQUIERE, M. & NETELS, V. (1993). Essai de réinterprétation structurale du gisement hennuyer de petit granit. Note préliminaire. *Bulletin de la Société belge de Géologie* 102(3-4) (1994), 333-357.
- BAGUET, L. (1985). Historique des carrières d'Ecaussinnes. *Annales du Cercle Archéologique du Canton de Soignies*, 31, 1-312.
- BAGUET, L. (1993). L'exploitation du Petit Granit à Ecaussinnes. *Bull. Soc. belge Géol.* 102(3-4) (1994), 321-325.
- BARRACLOUGH FELL, H. (1966). *Ecology of Crinoids. Physiology of Echinodermata*.
- BAVAY, G. (1993). La pierre et son archéologie en Haute-Senne (Hainaut). Introduction à une grille d'interprétation du matériau "Pierre". *Bull. Soc. belge Géol.* 102(3-4) (1994), 283-305.
- BAVAY, G. (1994). La "Grande Carrière" P.-J. Wincqz à Soignies. *Carnets du patrimoine* 3.
- BAVAY, G. (1996). Petite histoire du "Quartier des Carrières" à Soignies. *Bull. Périodique de l'A.S.B.L.* 10, 55-73.
- BAVAY, G. (1998). Trois temps pour un siècle. Naissance, vie et mort d'une carrière: le Perlonjour à Soignies (1888-1997). *Bull. périodique de l'A.S.B.L.* 13, 15-41.
- BAVAY, G. (1999). De la figuration des carrières considérée comme des Beaux-Arts: une représentation exceptionnelle de la Société anonyme des Carrières du Hainaut à Soignies (Belgique) en 1905. *Bull. périodique de l'A.S.B.L.* 14, 21-41.
- BERGER, H. (1890). Le calcaire dévonien, le petit granit et les pierres de la Meuse. *Annales des Travaux Publics de Belgique* 4(47).
- BERGER, J.L. (1994). Le Petit-Granit dans les provinces de Liège, Namur, Luxembourg. *Bull. Soc. belge Géol.* 102(3-4) (1993), 327-331.
- BOUCKAERT, J. & CONIL, R. (1970). Les couches de passage du Dévonien au Carbonifère dans la vallée de la Dendre ; découverte de conodontes à Brugelette. *Bull. Soc. belge Géol.* 79, 1-4.
- BOUCKAERT, J., CONIL, R., DELMER, A., GROESSENS, E., MORTELMANS, G., PIRLET, H., STREEL, M. & THOREZ, J. (1971). *Aperçu géologique des Formations du Carbonifère belge*. In: 7. Internationaler Kongress für stratigraphie und Geologie des Karbons (Krefeld). *Service Géologique de la Belgique, Professional Paper* 2, 1-97.
- BOUCKAERT, J., CONIL, R. et al (1974). Excursion J. In : *Guide-Book of the International Symposium On Belg. Micropal. Lim.* (Namen, 1974) (J. BOUCKAERT & M. STREEL, eds).
- CALEMBERT, L. (1938). Sur l'étude du Carbonifère et ses enseignements généraux. *Bulletin Scientifique de l'Association des élèves des écoles spéciales* 7, 217-254.
- BUYLAERT, J.P. (1999). *Herkomst en eigenschappen van een reeks granieten gebruikt als bouwmaterial in België* (Licentiaatsverhandeling, Universiteit Gent).
- CAMERMAN, C. (1947). *Les Roches Calcaires de la Belgique*. In: Centenaire de l' Association des Ingenieurs sortis de l'Ecole de Liège. Congrès de 1947, Section Géologie. Liège, 1947.

- CAMERMAN, C. (1960-1961). Les pierres naturelles de construction. *Annales des Travaux Publics de Belgique* 4.
- CONIL, R. (1959). Recherches Stratigraphiques sur les Terrains Dinantiens dans le Bord Nord du Bassin de Namur. Brussel. *Mém. de l'Académie Royale de Belgique, Classe des Sciences* 14(5), 1-176.
- CONIL, R. (1968). La Calcaire Carbonifère depuis le Tn1a jusqu'au V2a. *Ann. Soc. géol. Belg.* 90, B687-726.
- CONIL, R. & LEGRAND, R. (1959). Le Tournaisien supérieur rencontré par forage à Frasnes-les-Buissenal. *Bull. Soc. belge Géol.* 68, 39-46.
- CONIL, R. & LYS, M. (1964). Matériaux pour l'étude micropaléontologique du Dinantien de la Belgique et de la France (Avesnois). Algues et Foraminifère. *Mém. Inst. Géol. Univ. Louvain*, 23, 1-290.
- CONIL, R. (1964). Localités et coupes types pour l'étude du Tournaisien inférieur (Révision des limites sous l'aspect micropaléontologique). *Bulletin de l'Académie Royale de Belgique, Classe des Sciences, Mém. 4<sup>o</sup>, 2<sup>o</sup> sér.*, 15(4), 1-105.
- CONIL, R., PIRLET, H. & LYS, M. (1967). Echelle biostratigraphique du Dinantien de la Belgique. *Geological Survey of Belgium, Professional Paper* 13, 1-56.
- CONIL, R., MORTELMANS, G. & PIRLET, H. (1971). Le Dinantien. In : BOUCKAERT, J., CONIL, R., DELMER, A., GROESSENS, E., MORTELMANS, G., PIRLET, H., STREEL, M. & THOREZ, J. (1971). *Aperçu géologique des Formations du Carbonifère belge*. In: 7. Internationaler Kongress für stratigraphie und Geologie des Karbons (Krefeld). *Service Géologique de la Belgique, Professional Paper* 2, 1-97.
- CONIL, R., DREESEN, R., LENTZ, M.A., LYS, M. & PLODOWSKY, G. (1986). The Dévono-Carboniferous transition in the franco-belgian basin with reference to foraminifera and brachiopods. *Ann. Soc. géol. Belg.* 109, 19-26.
- CORIN, L., COUCHARD, I., DETHY, B., HALLEUX, L. & RICHTER, TH. (1996). Application des techniques de radar en forage aux grands travaux. *Géologues* 110, 29-42.
- DEBAST, Y. (1998). Technische beschrijving van de methodes en materialen gebruikt bij de Carrières du Hainaut voor het ontginnen en bewerken van blauwe steen. *Blauwe Steen uit Henegouwen* 5, 77-99.
- DE DORLODOT, H. (1895). Le Calcaire Carbonifère de la Belgique et ses relations avec celui du Hainaut Français. *Ann. Soc. géol. du Nord*, 23, 201-213.
- DE DORLODOT, H. (1897). Résultats de quelques excursions faites dans le calcaire carbonifère des environs d'Arquennes et des Ecaussines, en compagnie de M. Malaise. *Bull. Soc. belge Géol.* 2, 73-76.
- DE HENAU, P. & TOURNEUR, F. (1998/1999). Terminologie descriptive et iconographie des altérations de surface chez les matériaux pierreux. *Bull. Com. Royale monuments, sites et Fouilles*, 16(2). Luik : Jacques Barlet.
- DE JONGHE, S., GEHOT, H., GENICOT, L.Fr., WEBER, Ph., TOURNEUR, Fr., DUCARME, P., GOHY, F. & GROESSENS, E. (1995). *Pierres à bâtir traditionnelles de la Wallonie. Manuel de Terrain*. Ministère de l'Environnement, des Ressources Naturelles et de l'Agriculture pour la Région Wallonne et Louvain-la-Neuve: Centre d'histoire de l'architecture et du bâtiment (CHAB/UCL).
- DELEPINE, G. (1929). Sur la présence de *Cymaclymenia camerata* Schind. dans la zone d'Étroeungt à Sémeries (nord de la France). *Ann. Soc. géol. du Nord* 54, 99-103.
- DELEPINE, G. (1911). Recherches sur le Calcaire Carbonifère de la Belgique. *Mem. et Travaux des Facultés catholiques de Lille* 8(8). Rijsel.
- DEMANET, F. (1923). Compte rendu de l'excursion organisée par la société Belge de Géologie pour l'étude du Calcaire Carbonifère dans la région d'Yvoir. *Ann. Soc. géol. Belg.* 56.
- DEMANET, F. (1958). Contribution à l'étude du Dinantien de la Belgique. *Mém. Inst. Roy. Hist. Nat. Belg.*, 14, 5-152.
- DE TERRAIN, M. (1996). *Pierres à bâtir traditionnelles de la Wallonie*. Jambes: Direction générale des Ressources naturelles et de l'Environnement.
- DEWALQUE, G. (1875). Compte rendu de l'excursion de la Société géologique de Belgique du 19 septembre 1875. *Ann. Soc. géol. Belg.* 2(1874-1875).
- DUCASTELLE, J.-P. (1993). Les carrières de Maffle. *Bull. Soc. belge Géol.* 102(3-4) (1994), 307-319.



- DUCASTELLE, J.-P.(1994). Le Musée de la Pierre et les carrières de Maffle. *Carnets du patrimoine* 4. Maffle.
- DUCASTELLE, J.-P.(1994). Fours à chaux en Europe. *Documents du Musée de la Pierre* 6. Maffle.
- DUCASTELLE, J.-P.(1996). 1895: Fondation du syndicat des carrières à Maffle. *Bull. Périodique de l'A.S.B.L. Les Amis du Musée de la Pierre* 10, 11-23. Maffle.
- DYER, B. & WORTHINGTON, M.H. (1988). Some Sources of Distorsion in Tomographic Velocity Images. *Geophysical Prospecting* 36(3), 209-222.
- FALY, J. (1876). Compte-rendu de la session extraordinaire tenue à Mons (9, 10, 11 et 12 septembre 1876). *Ann. Soc. géol. Belg.* 3B, 93-138.
- FORIR, H., SOREIL, G. & LOHEST, M. (1898). Compte rendu de la Session extraordinaire de la Société Géologique de Belgique tenue à Hastière, à Beauraing et à Houyet (le 31 août et les 1<sup>er</sup>, 2 et 3 septembre 1895). *Ann. Soc. géol. Belg.* 26(1898-1899), 241-304.
- GEETS, S. (1998). *Geologie van België*. (Cursus, niet-gepubliceerd, Gent, Universiteit Gent).
- GERMAIN, J. (1974). *Les Carrières à Spontin (D12). Etude dialectique et ethnographique*, 231 p. Louvain.
- GOSSELET, J. (1881). L'Ardenne. *Mém. pour servir à l'explication de la carte géologique détaillée de la France*, n° 958. Paris: Baudry et Cie.
- GRIGOROVIC, M.B. (1972). *Mineralnosyrevaja baza promyšlennosti stroitelnogo kamnja*. Moskva: Nedra.
- GROESSENS, E. (1971). Les Conodontes du Tournaisien de la Belgique. Note préliminaire. *Prof. Paper. Service géologique Belgique*.
- GROESSENS, E. (1973). La Formation du Bocq à Yvoir. *Prof. Paper. Serv. géol. Belgique*. 1973/5.
- GROESSENS, E. (1974). Distribution de Conodontes dans le Dinantien de la Belgique. In: *International Symposium on Micropaleontological limits "Preliminary range Chart of Conodont biozonation in the Belgian Dinantian*. Namur: Publ. N° 17, 1-193.
- GROESSENS, E. & NOEL, D. (1974). Etude litho- et biostratigraphique du Rocher du Bastion et du Rocher Bayard à Dinant. In: *International Symposium on Micropaleontological limits*. Namur: Publ. N° 15, 17.
- GROESSENS, E. (1978). *Le petit granit. Rapport de stage*. Bruxelles: Service Géologique de Belgique.
- GROESSENS, E. (1981). L'industrie du marbre en Belgique. *Mém. de l'Institut Géologique de l'Université de Louvain* 31, 219-253.
- GROESSENS, E. (1991). *Les roches au Service de l'Homme: le Petit-granit*. Soignies: Musée de la pierre, Maffle, 2, 1-35.
- GROESSENS, E. (1993). L'Origine et l'évolution de l'expression "Petit-granit". *Bull. Soc. belge Géol.* 102(3-4), 271-276.
- GROESSENS, E. & TOURNEUR, Fr. (1993). Belgisch siergesteente al sinds de oudheid geliefd materiaal. *Natuursteen* 46(9), 28-31.
- GROESSENS, E. (1999). Excursion des 2èmes journées nationales du patrimoine géologique aux carrières Gauthier & Wincqz de Soignies. Soignies.
- HENROTTE, J. (1899). L' Industrie du ciment Portland dans la Tournaisis. *Annales des Mines* IV.
- HARDY, A.-F. (1973). *Etude lithostratigraphique et paléocéologique du "petit granit" de l'Ourthe*. (Mém. de Licence, Université de Liège, Liège.)
- HARDY, N. (1993). *Dossier sur le secteur de la pierre ornementale*. (niet-gepubliceerd)
- HENRIET, J.-P. (2000-2001). Geofysische prospectie. (Cursus, niet-gepubliceerd, Gent, Universiteit Gent)
- HEIRWEGH, J.-J. & VAN BELLE, J.-L. (1999). *De steen. De schilders, getuigen van ambachten*. Publication 8 de la Maison de l'Outil.
- HIBO, D. (1982). *Etude sédimentologique par microfaciès de l'Ivorien (zone à carina) du Bassin de Dinant, du Bassin de Namur, et du S.W. de l'Angleterre. Comparaison*. (Non-publié, Mém. lic. Sc. géol. min., Université de Louvain, Louvain-la-Neuve.)

- HIBO, D. (1994). Le petit-granit de la Vallée de la Meuse et du Bassin, carrier de Soignies: approche du contexte sédimentologique et comparaison. *Bull. Soc. belge Géol.* 102(3-4)(1993), 359-378.
- HINDE, G.J. (1888). A monograph of the British Fossil Sponges. *Palaeontogr. Soc.* 1, 1-172.
- JACOBS, P. (2000). Regionale geologie. (Cursus, niet-gepubliceerd, Gent, Universiteit Gent)
- KAISIN, F. (1922). Les facies du Dinantien de la Belgique: 1<sup>re</sup> partie: région centrale de la Belgique. In: *Congrès Géologique International livret guide pour la XIIIe session Belgique 1922*.
- LANGÉ, P. (1974). *Die Bestimmung des Verwitterungsgrades von Hartgesteinen und der Einflüsse verwitterter Gesteinsanteile auf die gesteintechnischen Eigenschaften von Brecherprodukten*. Diss., Hochsch. f. Architect. u. Bauw. Weimar.
- LARANGÉ, F., GÉRÔME, J-P, GROESSENS, E. & HIBO, D. (1998). Révision biostratigraphique du Calcaire de Tournai. *Ann. Soc. Géol. Du Nord* 6, 87-93.
- LEGRAND, R. (1946). *Etude géologique du petit granit de la région de Soignies*. (Non-publié, Thèse de Doctorat, Université Catholique de Louvain, Louvain.)
- LEGRAYE, M. (1926). Le passage du Famennien au Tournaisien entre Chanxhe et Rivage. *Ann. Soc. géol. Belg.* 48.
- LENTSCHIG, E. (1971). *Qualitätspässe für Werksteine*. Techn. Informationen Zuschlagstoffe und Natursteine, Grossräschen, S 13-19.
- LIBERT, J. (1911). Les carrières de petit-granit de la province de Liège. *Annales des mines de Belgique* 16, 803-930.
- LIEGEOIS, F. (1992). Soignies, toujours pierre vivante. *Pierre Bleue de Soignies, pierre toujours vivante* Bergen: F.T.P.H., pp. 23-28.
- LOHEST, M. & VELGE, G. (1894). Sur le niveau géologique du calcaire des Ecaussines. *Ann. Soc. géol. Belg.* 21, 181-184.
- MALÉCOT, L. (1866). *Notice sur les matériaux de construction employés en Belgique comme pierre de taille*. Luik : L. De Thier & F. Lovinfosse.
- MAMET, B. (1968). The Devonian-Carboniferous boundary in Eurasia. In: *Proceedings of the International Symposium on the Devonian System* (Calgary 1967), Vol. II, pp. 995-1007.
- MAMET, B., MIKHAILOFF, N. & MORTELMANS, G. (1970). La stratigraphie du Tournaisien et du Viséen inférieur de Landelies. Comparaison avec les coupes du Tournaisien et du Bord Nord du Synclinal de Namur. *Mémoires de la Société belge de Géologie* 9, 1-80.
- MAROTE, E. (1893). Qualités et défauts des pierres de taille et des marbres exploités dans la vallée de la Meuse Namuroise. *Annales de l'Association des Ingénieurs, Gand* 16, 351-407.
- MAROTE, E. (1923). *Les pierres de taille et marbres exploités dans la vallée de la Meuse namuroise*. *Ann. Travaux Publics* 2(24).
- MEYER, A. (1944). La faille de Moniat à l'Ouest de la Meuse (Région d'Onhaye). *Mém. de l'Institut Géologique de l'Université de Louvain*, 13, 213-253.
- MINISTERIE VAN DE WAALSE REGERING (1999). *20 Mai 1999- Arrête du Gouvernement wallon concernant l'attribution de l'appellation d'origine locale pierre bleue dite « petit granit d'âge géologique tournaisien »*.
- MÜLLER, Fr. (1984). *Gesteinkunde*. Ulm/Donau : Ebner Verlag-Naturstein Bibliothek, 1984, pp. 171-172.
- NETELS, V. & DOYEN, L. (1997). Cartographie géoelectrique et electromagnétique d'une aire faillée et karstifiée sous couverture tertiaire épaisse. Essai de résolution d'un problème hydrologique a la S.A. Carrières du Hainaut (Soignies, Belgique). *Bull. Soc. belge de Géol.* 105(1-2), 15-28.
- PEÑA, M.M. (1983). *La Pierre Bleue crinoïdique appelée communément Petit-Granit*.
- PESCHEL, A. (1974). *Zur Ermittlung und Bewertung von Festigkeitseigenschaften bei Natursteinen*. Z. angew. Geol. Berlin 20, S 118-128.

- PESCHEL, A. (1977). *Monographienreihe "Nutzbare Gesteine und Industriemineralien": Natursteine*. Leipzig: VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie.
- QUINIF, Y. (1993). *Les phénomènes karstiques en Caestienne*. La Meuse à l'Ardenne 16, pp.55-71.
- QUINIF, Y, VERGARI, A., DOREMUS, P., HENNEBERT, M. & CHARLET, J.-M. (1994). Phénomènes karstiques affectant le calcaire carbonifère du Hainaut. *Bull. Soc. belge Géol.* 102(3-4) (1993), 379-394.
- SIGGINS, A.F. (1992). Limitations of Shallow Cross-hole Radar Investigations. In: Fourth International Conference on Ground Penetrating Radar (Rovaniemi, Finland). *Geological Survey of Finland, Special Paper* 16, 307-316.
- STREEL, M. (1967). Critères palynologiques pour une stratigraphie détaillée du Tn1a dans les bassins ardenno-rhénans. *Ann. Soc. géol. Belg.* 89, 65-95.
- TARABELLA, M. (1994). L'Histoire des carrières d'Anthisnes. *Collection Mémoires d'Anthisnes*, I, 1-100.
- TOURNEUR, Fr. (2000). Veranderingen in de wereld van de Blauwe Steen ! *Steen en Marmer* 3-4, 22-24. Brussel: Koninklijke Bond der Meester-steenhouwers van België.
- VAN BELLE, J.-L. (1976). *L'Industrie de la pierre en Wallonie (XVIe-XVIIIe S.)*. In: Collect. Wallonie, Art et Histoire (DUCULOT, J., Ed.). Gembloux.
- VANDERBECK, I. (1988). *Etude sédimentologique et biostratigraphique du sub-Waulsortien dans le Synclinorium de Dinant.(Gendron-Spontin-Rivage)*. (Non-publié, Mém. lic. Sc. géol. min., Université Catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve.)
- VANDERCAMMEN, A. (1950). Contribution à l'étude des spongiaires hétéractinellides. *Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique* 16(19), 1-23.
- VAN ORSMAEL, J. (1982). *Lithogeochemie van de Dinantiaan karbonaatgesteenten in het Synclinorium van Dinant*. (Niet-gepubliceerde Doctoraatsverhandeling, Leuven, Katholieke Universiteit Leuven.)
- VELGE, G. (1895). Rapport sur l'excursion faite le 22 septembre 1894 à Feluy et à Rebecq-Rognon, sous la direction de MM. Lohest et Velge. *Annales de la Société royale de Malacologie de Belgique*, pp. 3-9.
- VELGE, G. (1896). Le calcaire carbonifère de Feluy. *Ann. Soc. géol. Belg.* 24.
- WELLINGTON, S.L. & VINEGAR, H.J. (1987). X-ray Computerized Tomography. *Journ. Petrol. Techn.* 8, 885-898.
- WOLTERS (1989). *Wolters' Algemene Wereldatlas*. Leuven: Wolters.
- WETENSCHAPPELIJK EN TECHNISCH CENTRUM VOOR HET BOUWBEDRIJF (1984). *Blauwe hardsteen (Petit granit)*. In: Technische Voorlichting nr. 156. Brussel: WTCB.
- WETENSCHAPPELIJK EN TECHNISCH CENTRUM VOOR HET BOUWBEDRIJF (1986). *Gesteenten en mineralen. Bijlage 1: De Doornikse Steen*. In: Technische Voorlichting nr. 163.1. Brussel: WTCB.
- WETENSCHAPPELIJK EN TECHNISCH CENTRUM VOOR HET BOUWBEDRIJF (1997). *Natuursteen*. In: Technische voorlichting nr. 205. Brussel: WTCB.
- WETENSCHAPPELIJK EN TECHNISCH CENTRUM VOOR HET BOUWBEDRIJF (1999). *Blauwe hardsteen*. In: Technische Voorlichting nr. 213. Brussel: WTCB.
- Internetsites:**
- <http://www.newcastle.edu.au>
- <http://www.nhmmaastricht.nl>
- <http://ulg.ac.be/paleont/>
- <http://carrieres-jullien.be>
- <http://biemans-natuursteen.nl>
- <http://cstc.cobonet.be>
- <http://www.carrieresduhainaut.com>
- <http://www.geocities.com>

[http://users.skynet.be/sky68333/biologie/dierenrijk/k\\_sponzen.htm](http://users.skynet.be/sky68333/biologie/dierenrijk/k_sponzen.htm)

<http://www.bio.uva.nl>

<http://users.skynet.be/nocarcentre>