

**Beperkte verspreiding**

**De Vlaamse Voerstreek:  
een geologische analyse van het Laat Paleozoïcum  
van deze regio en van het direct aangrenzend gebied**

**P.C.H. van Tongeren**

**Studie uitgevoerd in opdracht van ANRE**

**2005/MAT/R/0201**

**herziene versie  
maart 2006**



**Verdeellijst:**

ANRE 5 exemplaren.

BGD 2 exemplaren.

VITO 8 exemplaren  
(2x secretariaat MAT)  
(6x projectgroep Geo-Grondstoffen)

## SAMENVATTING

In dit rapport wordt het voorkomen van de Laat Paleozoïsche formaties in de Vlaamse Voerstreek en van het direct omringende gebied besproken. Er is een geologische kaart geconcipieerd met aanduiding van de Laat Paleozoïsche formaties (Vroeg / Laat Carboon en Laat Devoon) in de subcrop. Tevens is er een eerste structurele hypothese opgesteld m.b.t. een deel van de Paleozoïsche geschiedenis van het gebied.

Vooraf de gegevens van de boringen 's-Gravenvoeren (B) en Geverik-1 (NL) - evenals het hieraan gekoppelde seismisch onderzoek - vormden de basis voor een aantal van onze interpretaties m.b.t. de tektonische en sedimentaire geschiedenis van dit gebied. De Belgische kalksteengroeven en boringen binnen de regio (Visé - Berwinne, Bolland, en de 'K-groeve'-boringen) tonen zeer interessante aspecten van een gecompliceerde geologische voorgeschiedenis. Verder bleken de (schaarse) ontsluitingen binnen het Voerstreekgebied zelf en een aantal oudere Nederlandse karterboringen belangrijke informatiebronnen voor onze studie.

De regionale ontwikkelingen in het Laat Devoon en het Vroeg Carboon zouden in direct verband staan met de continue opstuwing(en) door het meer zuidelijk gelegen Varistische orogene front. Dit betreft vooral de kantelingen en de hiermee verband houdende op- of overschuivingen in de bekkenvormende Laat Devoon / Carboon plooiingsfase. Tevens worden hierdoor de verschillende soorten van plooiassen, richtingen en types van breuken verklaard die worden aangetroffen in het oostelijk deel van het Kempens bekken.

De vastgestelde sedimentaire en stratigrafische hiaten blijken binnen het bestudeerde gebied toe te nemen in ZW tot Z richting, ze nemen af in richtingen tussen NW en E. Vlak ten Z en E van Visé lijkt er een hoog te hebben bestaan dat (gedeeltelijk) het levergebied is geweest voor de sedimenten in de andere E en NE gelegen bekkendelen. Hier liggen ook restanten van uitvloeiinggesteenten (flanken van een vulkaan uit het Siluur?).

De Laat Devoon kalksteenformatie van Lustin lijkt zich inderdaad vooral op relatief hooggelegen delen te hebben ontwikkeld, op of langs de zuidflank van de 'Antiform van Maastricht'. Een sterker dalingsgebied tussen (op?) deze zuidflank en het Visé-hoog is niet onwaarschijnlijk, o.m. gezien het contrast tussen het klastische Laat Devoon bij Maastricht en de platformkalken (*formatie van Lustin*) meer zuidoostelijk bij de regio Visé.

Ons onderzoek heeft ook geleid tot een praktische aanbeveling om de voorlopig nog onderscheiden *formaties van Berceau, Goeroe en Oeuvre (Bottines)* - en mogelijk zelfs een deel van de *formatie van Visé* - samen te bundelen tot één enkele, diachroon verlopende formatie, de *formatie van Berneau* (typelocatie langs het spoorwegtraject bij Berneau in de Vlaamse Voerstreek). De huidige *formaties van Goérée en Souvré* zouden dan een apart lidstatus kunnen krijgen. Vooral voor de *Souvré formatie* is een aparte lithostratigrafische status toch wel belangrijk (omwille van de onderliggende hiaten). Eenzelfde kan allicht best ook voor delen van de *formatie van Visé* overwogen worden.

## INHOUDSOPGAVE

1	Inleiding.....	1
2	Overzicht van enige belangrijke regionale formaties.....	7
2.1	Devoon .....	7
2.1.1	Boven Devoon (Vroeg Frasniaan).....	7
2.2	Carboon .....	7
2.2.1	Onder Carboon .....	7
2.2.2	Boven Carboon.....	14
3	Het gebied ten noorden van Visé (Maastricht en omstreken) .....	16
3.1	Onder Carboon stratigrafie van een aantal belangrijke boringen.....	17
3.2	Regionale structuur van het Paleozoïcum. ....	30
3.2.1	Seismische interpretatie ten noordoosten van Maastricht.....	30
3.3	Analyse van de Paleozoïsche kaart van Nederlands zuid-Limburg .....	32
4	De Voerstreek en haar zuidelijke grensregio .....	36
4.1	Paleozoïsche voorkomens in de Voerstreek.....	36
4.1.1	Devoon .....	36
4.1.2	Carboon .....	36
4.1.3	Boring 's-Gravenvoeren.....	39
4.2	Enige verdere regionale boorgegevens en implicaties.....	40
5	De Vlaamse Voerstreek.....	47
5.1	Veralgemeende, Laat-Paleozoïsche geschiedenis.....	47
6	Paleozoïsche subcropkaart van de Voerstreek .....	50
7	Conclusies.....	53
8	Referenties.....	55



## 1 INLEIDING

De Palaeozoïsche gesteenten die onder het Krijt dagzomen in de ondergrond van het relatief kleine gebied van de Vlaamse Voerstreek, zijn in het algemeen vrij slecht gekend.

De Nederlandse Rijks Geologische Dienst gepubliceerde in 1977 - in de serie 'Geologische kaarten van Zuid-Limburg en omgeving' - een aparte subcropkaart van het Paleozoïcum. Bij deze kaart werden tevens kleine, aangrenzende delen van zowel Duitsland als België opgenomen (Felder et al, 1977). Onder het aangrenzende Belgische deel valt tevens het gebied van de Vlaamse Voerstreek (fig. 1).

In 2000 verscheen de oppervlakte Carboonkaart van het Belgische Kempens bekken, (Langenaeker, 2000). In 2001 bracht de Belgische Geologische Dienst het kaartblad 34 'Tongeren' uit, als onderdeel van een landelijke, systematische geologische kartering (De Geyter et al, 2001). Op deze kaart is de geologie van de Voerstreek eveneens aangegeven (fig. 2). Bij de samenstelling van deze laatste kaart was dhr. W. Felder (voormalige Rijks Geologische Dienst van Nederland, karteerdistrict zuid-Limburg te Heerlen) eveneens nauw betrokken. Het is dus niet verwonderlijk dat beide laatste kaarten in de overlappende gebieden nauwelijks van elkaar verschillen, en zeker niet, waar het de ligging van de werkelijk ontsloten, dagzomende Paleozoïsche gesteenten betreft.

Waar het Belgische kaartblad 'Tongeren' zich echter ruwweg beperkt tot een weergave van het actuele dagzomen van de regionale Tertiaire- en oudere formaties onder de Quartaire bedekking, geeft de Nederlandse kaart (1977) de lokale, geïnterpreteerde situatie weer, onder de basis van de Krijtgesteenten.

De weergave van de Paleozoïsche eenheden op deze laatste kaart berust grotendeels op de interpretatie van gegevens uit de talloze (ondiepe) karteerboringen; vaak gingen die tot (net) onder de Krijt bedekking. In het noordwesten, noorden en noordoosten van het kaartblad is veelvuldig gebruik gemaakt van de gegevens die de toenmalige mijnbouwindustrie - in zowel België als Nederland - heeft opgeleverd. In het zuidwesten en zuidoosten speelden de ontsluitingen van de Paleozoïsche gesteenten - m.n. in de ingesneden dalen van de Maas en diverse, locale zijriviertjes - een aanvullende rol. Het centrale en zuidelijke kaartdeel zijn eigenlijk nog het minst goed gekend.

Door al deze gegevens zijn de grenscontouren van de gebruikte (klassieke) Paleozoïsche eenheden daarom toch redelijk nauwkeurig gebleken.

Niettemin heeft deze kaart voor een deel toch ook een geconstrueerd / interpretatief karakter. Dit geldt m.n. voor het structurele gedeelte, dus voor het verzet en richtingverloop van de diverse breuken, plooiën en plooiassen, en hun consequenties, omdat deze zaken middels (ondiepe) boringen nu eenmaal minder goed kunnen worden bepaald.

Vanwege de vrij uniforme bedekking door gesteenten van de Late Krijt periode bemoeilijken de weinige 'harde' gegevens in het gebied van de Voerstreek zelf, een precieze, betrouwbare kartering en lithostratigrafische indeling van het onderliggende Paleozoïcum. Omdat in dit zuidelijke gedeelte van bovengenoemd kaartblad slecht weinig boringen zijn gezet, kan naar het (eventueel) aanwezig zijn en verloop van formaties doorgaans slechts gegist worden.

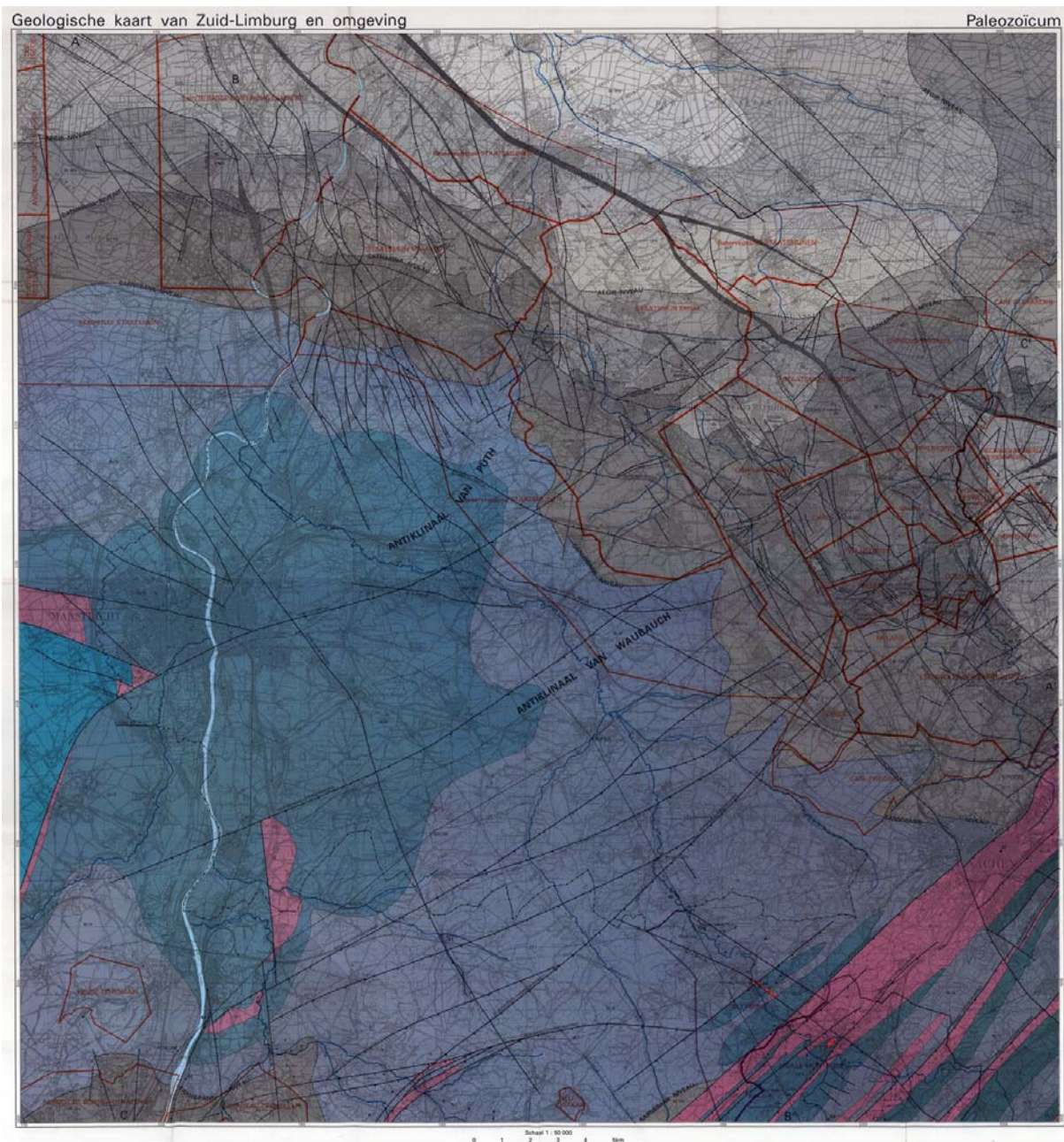
Niettemin is getracht de zeer beperkte, beschikbare gegevens m.b.t. de Vlaamse Voerstreek, toch te laten aansluiten bij de bestaande, elders gedefinieerde formaties en een idee te krijgen van de geologische geschiedenis en structuur van het gebied. Daarbij speelden niet alleen paleontologische gegevens een belangrijke rol (ouderdommen) maar er is ook gekeken naar enkele boringen in de relatieve nabijheid. De doorboorde gesteenten zijn

grotendeels ingedeeld volgens de huidige gangbare naamgeving voor de (Vlaamse) formaties; de gevolgde lithostratigrafische indelingen komen van de Databank Ondergrond Vlaanderen (DOV: zie Laenen, 2002, 2003).

Aanvullende informatie kwam verder vooral van het zuidelijk aangrenzende Waalse kaartblad Dalhem - Herve (1:50.000, No: 42 / 3-4, Barchy & Marion, 2000); (fig.3).

De formaties die voor de Voerstreek en directe omgeving belangrijk zijn, worden hieronder besproken in hoofdstuk 2.

*Hierbij moet worden aangetekend dat Laenen momenteel niet meer de formatie van Gottignies apart wil onderscheiden (zoals in Laenen, 2002). Deze wordt vervangen door / ingepast in, de formatie van Souvré, welke in Wallonië in gebruik is (Laenen, pers. comm.).*







Figuur 1. Geologische kaart van Nederlands zuid-Limburg en omgeving (inclusief Vlaamse Voerstreek); de subcrop van het Palaeozoïcum (Voormalige Rijks Geologische Dienst van Nederland; Felder et al, 1977).




## CARBOON

### BOVEN-CARBOON

#### Limburg Groep


	Westfalen D	} schalies, zandige schalies, zandstenen en steenkool (landafzettingen, plaatselijk zeeafzettingen)
	Westfalen C	
	Westfalen B	
	Westfalen A	

	Namurien	— schalies, zandige schalies, zandstenen en kwartsistische zandstenen en sporadisch steenkool (land- en zeeafzettingen)
---	----------	---


### ONDER-CARBOON

	Dinantien	— kalkstenen (zeeafzettingen)
---	-----------	-------------------------------















### DEVOON

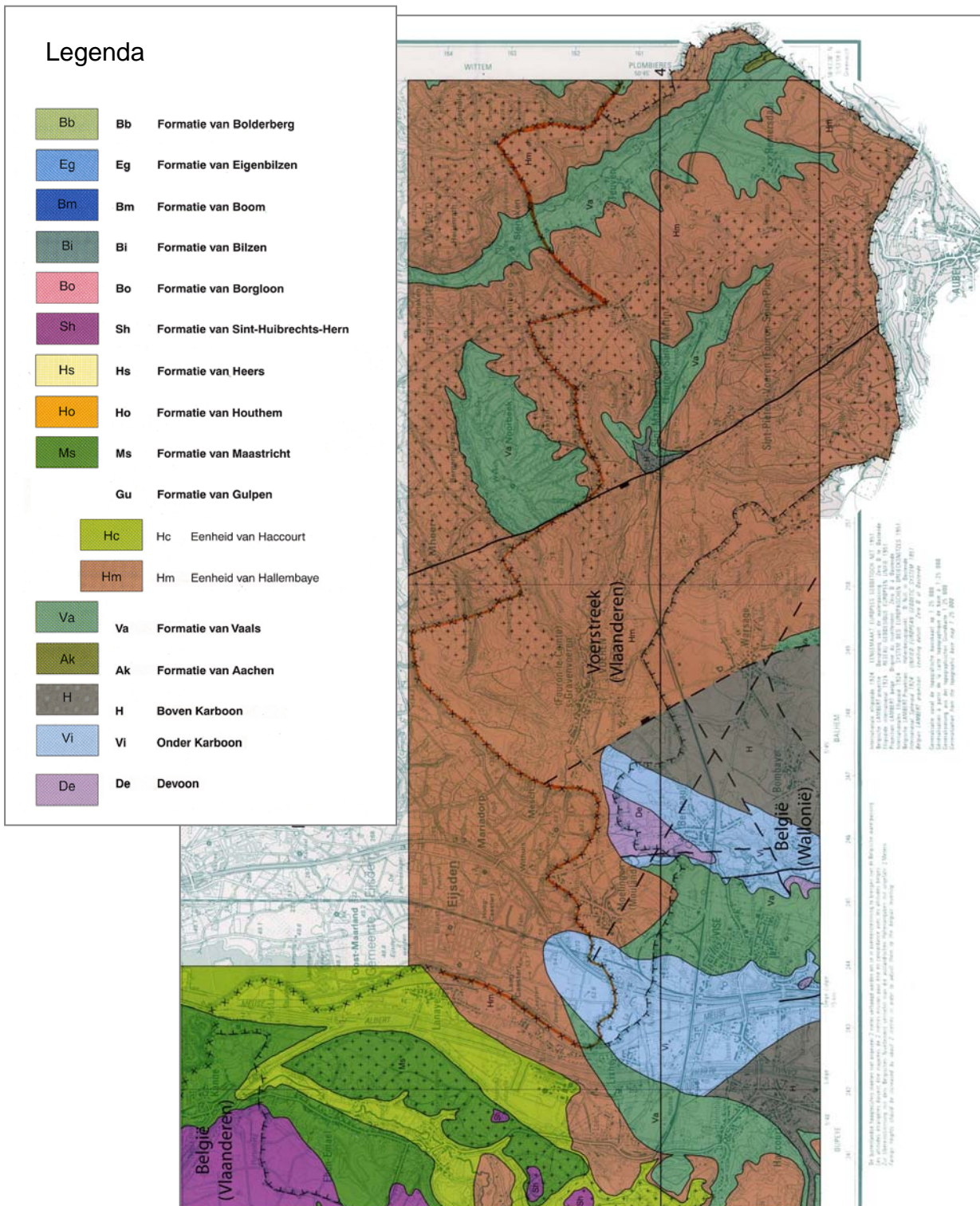
	Devoon	— harde en mergelachtige kalkstenen, zandstenen en schalies (zeeafzettingen)
---	--------	--

### CAMBRIUM-SILUUR

	Cambrium-Siluur	— leistenen, phylieten en kwartsieten (zeeafzettingen)
--	-----------------	--

### DIVERSEN

	Kwartiaire insnijding in het paleozoïsche gesteente
	Marien niveau
	Hoogtelijn van de bovenkant van het Paleozoïcum in m. t.o.v. NAP
	Breuk-afschuiving
	Breuk-op of overschuiving
	Breukzone
	Profiellijn met boorpunt en archiefnummer RGD
	Open groeve
	Ondergrondse groeve of mijngang
	Ontsluitingen (genummerde groeve/ontsluitingen zijn op achterzijde beschreven)
	Grenslijn mijnconcessies <span style="margin-left: 20px;">steenkool</span> <span style="margin-left: 20px;">erts</span>
	Steenkoolmijn of ertsmijn, gesloten Fe-ijzer, Pd-lood, Zn-zink
	Ertslichaam
	Rivier/beek



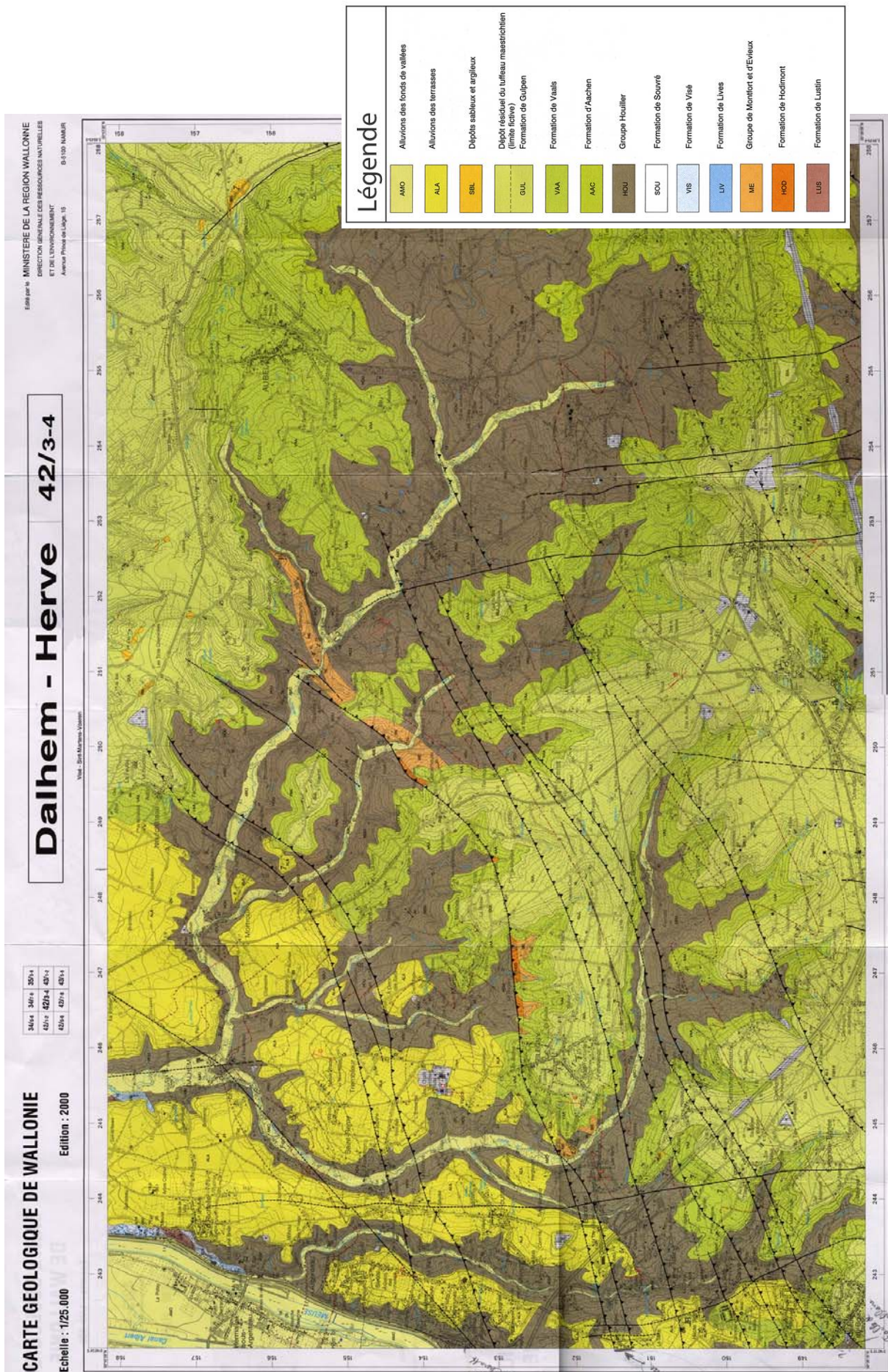
Figuur 2. Geologische kaart van België; gedeelte van het kaartblad no. 34: 'Tongeren' (Belgische Geologische Dienst / ANRE; De Geyter et al, 2000). Inclusief de geologie van de Vlaamse Voerstreek.

**NB.**

*De karterende geologen uit Wallonië gaan voor het Voerstreek gebied nog altijd uit van de Nederlandse RGD-kaart uit 1977 (Felder et al, 1977; Barchy & Marion, pers. comm. 2005). Omdat deze kaart eveneens door De Geyter et al (2001) gebruikt is, aansluit bij de voormalige mijngebieden, èn veel belangrijke informatie noordelijk van de Voerstreek zèlf verschaft, is ze in deze studie gebruikt als de voornaamste kaart bij de geologische analyse.*

Tevens is in dit rapport, vanwege de veelal noodzakelijke ouderdomsvergelijkingen tussen de diverse (zeer) oude boringen, in het algemeen de vroegere Dinantiaan indeling: V1, V2 V2a, b; V2a  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ , etc. aangehouden.





Figuur 3. Geologische kaart van Wallonië. Gedeelte van kaartblad 42 4/3 'Dalheim-Herve' (Ministère de la Région Wallonne; Barchy & Marion, 2000). De kaart situeert zich direct ten zuiden van de Vlaamse Voerstreek.

## **2 OVERZICHT VAN ENIGE BELANGRIJKE REGIONALE FORMATIES**

### **2.1 Devoon**

#### **2.1.1 Boven Devoon (Vroeg Frasniaan)**

##### *De formatie van Lustin.*

De formatie van Lustin heeft als typelocatie de ontsluitingen bij het dorpje Lustin, gelegen in de Maasvallei ten zuiden van Namen. De lithologie is als volgt: vrij massief uitziende grijze kalkstenen, rijk aan stromatoporen (zowel vertakt, als schotelvormig). De kalksteen is dikwijls gedolomitiseerd en / of gebreccieerd. De breccies gaan in deze regio lateraal vaak over in gekarstificeerde kalksteen, waarin zich holten bevinden die later zijn opgevuld met gesteenten uit het Onder Carboon (Dinantiaan) die zelf niet gebreccieerd zijn. Tussen de gesteenten van deze formatie en de overliggende sedimenten is (regionaal) doorgaans een discontinuïteitsvlak aanwezig.

De kalkstenen van de Lustin formatie worden geïnterpreteerd als ondiep-water sedimenten, afgezet net onder de getijdenzone, tot net daarboven (subtidal - supratidal). Getuigen hiervan zijn de karstachtige erosieverschijnselen en instortingbreccies als gevolg van eustatische zeespiegelschommelingen. Verschillende niveaus van verkarsting wijzen op verschillende zeespiegelfluctuaties. De breccies zouden zijn veroorzaakt door instortingen van deze ondergrondse oplossingsholten (karstholten) - op diverse stratigrafische niveaus! - tijdens perioden van emersie, dus wanneer ze boven de freatische zone kwamen te liggen (Poty, 1982, 1985, 1991). De gesteenten van de Lustin formatie hebben een 'vroeg tot midden' Frasniaan ouderdom. Ze werden biostratigrafisch gedateerd m.b.v. stromatoporen, tetrakoralen en conodonten.

Het voorkomen van meerdere verkarste niveaus, in combinatie met het type van sediment (ondiep - zeer ondiep) en het op de formatie volgende hiaat, wijzen in de richting van een gestage (tektonische) opheffing van dit gebied tijdens het Late Carboon (tenminste vanaf het midden Frasniaan). Deze opheffing duurt klaarblijkelijk minstens tot het (Vroeg?) Dinantiaan. Dan daalt het gebied weer tot onder de zeespiegel, met als bewijs de *gelaagde* Dinantiaan afzettingen in de karstholten. Het 'niet-verkarste' karakter van deze Dinantiaan gesteenten lijkt er tevens op te wijzen dat deze daling (in het begin) relatief snel of zonder al te grote zeespiegelfluctuaties verliep (Poty, 1982, 1991).

### **2.2 Carboon**

#### **2.2.1 Onder Carboon**

Van oud naar jong:

*Bay-Bonnet groep: formaties van Mons, Terwagne en de 'Breche de la Belle Roche'.*

In de oostelijke, aangrenzende Waalse kaartbladen Gemmenich - Botzelaer (35 / 5-6), Henri-Chapelle - Raeren (43 / 1-2) en Petergensfeld - Lammersdorf (43 / 3-4), in het gebied van op- / overschoven Paleozoïcum tegen de Duitse grens, dagzomen de kalkstenen van de Bay-Bonnet groep, waarin de (voornamelijk) kalksteenformaties van Mons, Terwagne en de 'Brèche de la Belle Roche' zijn ondergebracht. Deze formaties zijn iets ouder dan die van de Justenville groep (zie hieronder), en hebben een Vroeg Viseaan ouderdom. Ze worden hier niet verder besproken.

In deze regio dagzomen eveneens Onder Carboon gesteenten van Tournaisiaan ouderdom (de Bilstain groep) evenals een aantal formaties uit het Devoon (zie Laloux et al; 2000).

### ***Justenville groep: formatie van Lives en formatie van Seilles.***

In het bekken van de Ardennen werd in de Midden Viseaan periode (Livetiaan) m.n. de formatie van Lives afgezet. Dit zijn vooral bioklastische, ondiep, tot zelfs 'supratidal' gevormde kalkstenen (o.m. stromatolieten) die nu en dan zelfs gedeeltelijk boven water kwamen. Gesteenten behorende tot deze formatie zijn slechts dagzomend gevonden in het uiterste zuidoosten van het kaartblad Dalhem - Herve (Barchy & Marion, 2000) direct ten zuiden van een opschuiving.

*De grens tussen de formaties / gesteenten van het Kempens bekken en het bekken van de Ardennen loopt dus ergens ten zuiden van het noordwestelijk gelegen dorp Richelle en het zuidoostelijk gelegen deel van het Waalse kaartblad Dalheim - Herve.*

In de oostelijk aangrenzende kaartbladen Gemmenich - Botzelaer (35 / 5-6), Henri-Chapelle - Raeren (43 / 1-2) en Petergensfeld - Lammersdorf (43 / 3-4), wordt in het gebied van de Palaeozoïsche op- en overschuivingen in de nabijheid van de Duitse grens, vooral de formatie van Seilles genoemd. Met de formatie van Lives behoort deze formatie tot de zgn. Justenville groep. Ze bestaat vooral uit voornamelijk licht getinte platformkalken met oïden voerende, organo-klastische en algen bevattende lagen (Laloux et al, 2000). Al deze formaties worden hier niet verder besproken.

### ***De formatie van Visé.***

De formatie van Visé omvat een aantal kalksteenpakketten die - deels in oude steengroeven tussen de steden Visé en Hermaille sous Argenteau - dagzomen, net ten zuiden van de westpunt van de Voerstreek langs de oostelijke Maasoever (zie ook fig. 15). Hier is dan ook de typelocatie.

De dikte van de formatie is wisselend, maar ligt hier zo rond de 100 m.

Ouderdom: Viseaan (Belgische etage-indeling: Moliniaciaan - Warnantiaan; Britse etage-indeling: Chadiaan - Brigantiaan). Binnen de formatie van Visé kunnen een viertal voornaamste lithotypen worden onderscheiden (Barchy & Marion, 2000):

- 1) sedimentaire breccies (kalksteenelementen vanaf cm - meerdere dm) die afkomstig zijn van de oudere, Boven Devoon kalksteen uit de Formatie van Lustin ('brèche cyclopéenne').
- 2) ritmische kalksteenafzettingen - in bankdikten van meerdere decimeters tot meters - die voor het merendeel bioklastisch zijn - en soms breccieus. Ze zijn aan de bovenzijde vaak fijn(er) gelaagd.



*Deze twee sedimentaire facies zouden qua (laatste) genese, in feite tot de formaties van Goerée en / of Berneau gerekend kunnen worden, afhankelijk van hun ouderdom.*

3) massieve, bioklastische kalken.

4) kalken die bestaan uit opbouwende skeletten (biohermen).

*Deze sedimentaire facies - nog altijd binnen het 'kalkplatform' zouden genetisch gezien eigenlijk de formatie van Visé 'pur sang' moeten vormen.*

In de interpretaties van de diverse boringen zijn de 'platform kalken' ook steeds (getracht te) onderscheiden van de 'kalk-turbidietachtige' gesteenten.

Al deze kalkstenen zijn gewoonlijk vrij licht van kleur, en zeer rijk aan diverse fossielen (brachiopoden, koralen, gastropoden, goniatieten, foraminiferen e.d.). Het merendeel van de kalken is massief. Ze kunnen een drietal fasen van karstificatie hebben ondergaan (Pirlet, 1967b). In deze Viséaan-serie zitten dan ook meerdere hiaten.

De formatie wordt in het directe typegebied discordant opgevolgd door de formatie van Souvré (zie oostelijke oever van de Maas op kaartblad Dalheim-Herve; Barchy & Marion, 2000; Poty, 1985).

Vaak ook, wordt de formatie concordant bedekt door de formatie van Goerée (b.v. boring Geverik-1, zie § 7) met wie ze - voor wat betreft het grootste gedeelte van het Warnantiaan - tevens contemporair is. *De beide formaties komen dus deels gelijktijdig lateraal naast elkaar voor.*

*De ouderdom van de formatie van Visé (platformkalken zowel als turbidietachtige kalksequenties) kan zowel binnen het V2 als V3 vallen (en mogelijk zelfs binnen het V1). De formatie is dus - zeker in deze regio - sterk diachroon ontwikkeld.*

De kalken bij Visé worden deels geïnterpreteerd als hellingafzettingen, aan de voet van een steilwand (falaise) die werd gevormd door kalken van de formatie van Lustin. De erosie van deze steilwand, die periodiek geactiveerd werd door een aantal contemporaine breuken, leverde het materiaal voor de breccies. De helling initieerde tevens de vorming en de wat meer distale afzetting van kalkturbidieten (m.n. de bioklastische kalkafzettingen met gelaagde toppen); biohermen vormden zich vlak(?) vóór de steilwand.

Deze kalkzone van de formatie van Visé zou, ten noorden van het Hoog van Booze-Le Val Dieu (vlak ten zuiden van Visé), de zuidgrens gevormd hebben van de "Slenk van Maastricht" (Poty, 1991). Dit dalingsgebied ten zuiden van Maastricht maakte tijdens het Viséaan, zèlf weer een integraal deel uit van het zich vormende Kempens bekken ten noorden van het paleo-Brabant Massief (zie ook noord - zuid profiel Ned. zuid-Limburg hieronder).

De Kempense afzettingen verschillen daarom dan ook lithologisch van die van contemporaine sedimenten in het bekken van de Ardennen (Barchy & Marion, 2000).

*De formatie van Visé valt in haar 'Late' (jongere) deel qua tijd samen met de formatie van Goerée. In het 'Midden' deel van de formatie corresponderen de afzettinglithologieën (o.m. de 'graded beds') lateraal weer met de formatie van Berneau (zie hierna).*

### ***De formatie van Berneau.***

De naam van deze formatie komt van het dorpje Berneau, gelegen op ongeveer 2,5 km ten oosten van Visé. De typelocatie bevindt zich vlak ten noorden van Visé, langs de spoorweginsnijding van de lijn Tongeren - Aachen. Een groot deel van de Voerstreek-boring 's-Gravenvoeren (van ca. 736 - 280 m) wordt eveneens gerekend tot deze formatie. De ouderdom van de formatie loopt van het Vroeg Warnantiaan tot Laet Moliniaciaan (Brits: Asbiaan tot Arundiaan; figuren 4a, c). De formatie is dus grotendeels tijdequivalent met de formatie van Visé (zie hierboven). De lithologie van de formatie wordt gekenmerkt door cyclische afwisselingen van dikgebankte donkere kalkstenen met kleirijke lagen. Lokaal komen banken met grote kalksteenklasten voor. Van oud naar jong, zijn binnen de formatie een drietal grotere lithofacies eenheden onderscheiden (Muechez et al, 1987; Laenen, 2003):

- a. Een ritmische opeenvolging van naar jonger toe fijner wordende banken van crinoïden- en pellet-houdende kalken. Lokaal komen chert-niveaus voor. Meestal wordt de basis gevormd door bioklastische, pellet-houdende 'packstones', gevolgd door horizontaal gelamineerde 'packstones', wackestones en soms mudstones. Het contact tussen de verschillende sequenties is onregelmatig, en vaak erosief. Geïnterpreteerd als kalk-turbidietafzettingen.
- b. Massieve, bioklastische en pellet-houdende 'packstones'. Geïnterpreteerd als een hersedimentatie van eerdere kalksteenafzettingen.
- c. Dikgebankte, bioklastische en pellet-houdende 'packstones', met centimeter- tot decimeterdikke lithoklasten. De series kunnen zowel naar boven toe, als naar onder vergroevend zijn (coarsening-up / fining up). De lithoklasten bestaan uit microsparitische kalksteen, of bioklastische, of pellet-houdende 'packstones'. Geïnterpreteerd als 'debris-flow' afzettingen (Muechez et al, 1987).

Deze groep van kalkturbidieten en geassocieerde afzettingen komen voor op hellingen en in wat meer distale bekkenomgevingen. Naar het bekkencentrum toe, gaan ze lateraal over in dungebankte, donkere gelamineerde kalkstenen met steeds talrijker wordende, kleirijke intercalaties. Ook kan dan verkiezeling optreden.

*Wat hier als laterale (horizontaal) ontwikkeling wordt aangegeven, wordt b.v. in de boring Geverik-1 (zie ook fig. 7) in verticale zin getoond met de overgang Viseaan / Namuriaan. Dit bevestigt de algemene regel dat de faciële veranderingen die zich in een geboorde, verticale sequentie voordoen, in de algehele bekkenontwikkeling, gewoonlijk ook lateraal optreden.*

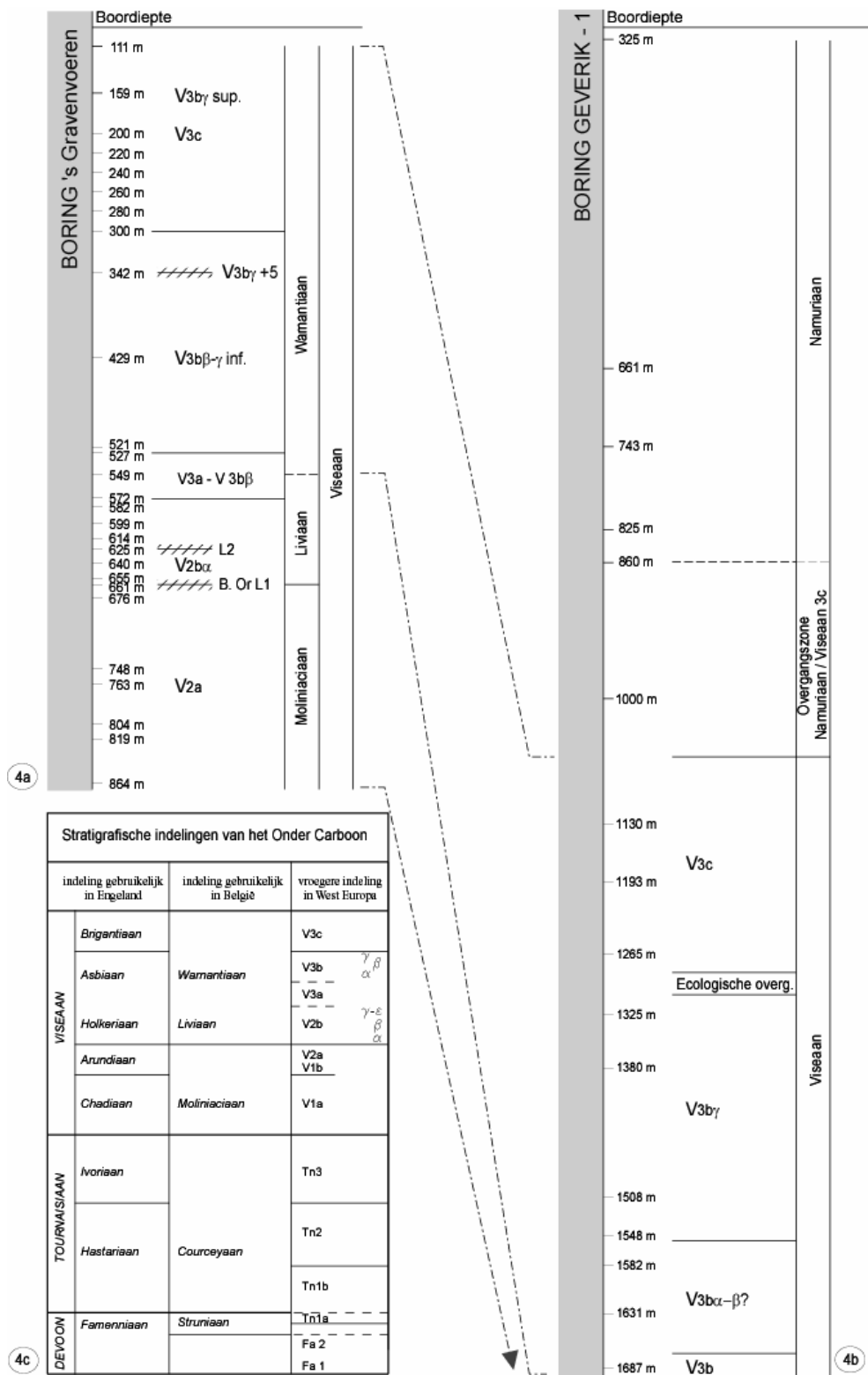
***De formatie van Berneau kan gerekend worden tot de formatie van Goerée (het oudste deel); of omgekeerd (zie hoofdstuk 4, § 4.1).*** Op Vlaams grondgebied is de formatie van Berneau overigens alleen maar in de Voerstreek aangetroffen, in bovengenoemde spoorweginsnijding van de lijn Tongeren - Aachen en in de boring 's-Gravenvoeren. Ook delen van de formatie van Visé zouden (genetisch) wel tot deze formatie gerekend kunnen worden.



### *De formatie van Goerée.*

De formatie van Goerée heeft als typeboring de boring S02-02 in het zuidelijke Nederlandse offshore gebied. De naam Goerée komt van het westelijke deel van het Nederlandse eiland Goerée-Overvlakkee in de provincie zuid-Holland. De ouderdom van de formatie is Warnantiaan (Britse terminologie: Asbiaan - Brigantiaan).

De formatie van Goerée bestaat voornamelijk uit dun- tot dikgebankte grijze tot zwarte kalksteen en (soms) dolomieten, die dikwijls verkiezeld zijn. De formatie wordt naar boven toe - dus naar jonger - kleirijker. Er komen dan eveneens meer dunnere, verkiezelde, zwarte, vaak carbonaathoudende schaliebanken voor, vooral aan de toppen van de gegradeerde afzettingen. Vervolgens gaan deze geleidelijk over in de overliggende formatie van Gottignies (liever: in de formatie van Souvré). De grens tussen deze formaties wordt getrokken aan de top van de laatste massieve kalksteen- of dolomietbank en het eerste, duidelijke optreden van - bij boring Geverik-1 metersdikke! - flinke schaliebanken (Van Tongeren & Pagnier, 1987).



Figuur 4a. Ouderdommen bepaald aan het Dinantiaan van de boring 's-Gravenvoeren (Voerstreek; Belgische Geologische Dienst).

Figuur 4b. Ouderdommen bepaald aan het Dinantiaan van de boring Geverik-1 (Nederlands zuid-Limburg; Voormalige Rijks Geologische Dienst van Nederland; Van Tongeren & Pagnier, 1986).

Figuur 4c. Stratigrafische indelingen van het Onder Carboon.

De dikke, conglomeratische microritmen in deze formatie zijn ontstaan door massatransport en zijn vermoedelijk hellingafzettingen, die relatief dicht bij een brongebied met rijke fauna gelegen hebben. Hun ouderdom in boring Geverik-1 loopt ongeveer van V3c - V3by (figuren 4b, 7).

Naar ouder toe gaat de formatie geleidelijk over in de blekere, massieve carbonaatgesteenten van de formatie van Visé (platformkalken). Vaak wordt de grens wat subjectief getrokken op de plaats van de dominante kleur (donkergrijs / gebleekt grijs). Niettemin is - op de 'gamma-ray log' (boorgatmetingen: natuurlijke radioactiviteit) - de grens met de platformafzettingen doorgaans vrij scherp te trekken omdat er abrupte wijzigingen in de 'log'-signatuur optreden. Ook delen van de formatie van Visé zouden (genetisch) waarschijnlijk wel tot deze formatie gerekend kunnen worden. De formatie van Goerée kan eveneens gezien worden als een meer distaal lid van de formatie van Berneau.

In de Nederlandse, zuid-Limburgse boring Geverik-1 komt de formatie van Goerée voor onder de 'overgangszone' - dus na de formatie van Gottignies / Souvré - vanaf 992 m t/m de basis van een 'mega-vergroevende' (coarsening-up) serie op 1508 m. De formatie kan dus een dikte bereiken van > 500 m! In feite vormt deze overgang de distale vervanging van turbidietsequenties met (diepe) bekkensedimenten (Wilson, 1975; Campbell, 1992).

Vanaf 1508 m naar onder toe, bestaat de aangeboorde serie bij boring Geverik-1 dan weer uit kalkplatform sedimenten van de formatie van Visé (Van Tongeren & Pagnier, 1987).

### ***De formatie van Souvré.***

De formatie heeft zijn type lokaliteit bij het gehucht Souvré, net ten zuiden van het stadje Visé, langs de oostelijke oever van de Maas. De formatie bestaat uit dungebankte, soms fijn gelamineerde, donkere, verkiezelde schalies en grijze, tot zwartige, verkiezelde kalken (phtanieten). Op de typelokaliteit komen wel ook enige (secundaire) dolomietlaagjes voor. Lokaal kunnen de lagen veel crinoïden en brachiopoden bevatten. De dikte van de formatie is te Souvré slechts een 13-tal m, maar loopt op tot ca. 20 m op het Waalse kaartblad Dalheim - Herve (Barchy & Marion, 2000), en tot wel ca. 76 m in de Nederlandse boring Geverik-1. De formatie vormt met haar schaliebanken - en ook kalklagen - duidelijk een vervangerende overgangsformatie tussen de onderliggende *formatie van Goerée* (vnl. ritmische kalksteenbanken) en de overliggende *formatie van Chokier* (Boven Carboon). In dit laatste geval gaat ze geleidelijk over in de veelal verkiezelde, soms kalkhoudende, zwarte bitumineuze schalies, rijk aan pyriet (ampelieten) en vaak met marine fauna (goniatieten, Posidoniellae; Laenen, 2002).

De formatie van Souvré vormt het Waalse equivalent van de (vroegere) Vlaamse formatie van Gottignies. In de boring Geverik-1 vormen deze verkiezelde carbonaten en schalies het oudste deel van de geleidelijke overgang tussen het Onder- en Boven Carboon. De precieze ouderdom kon echter niet worden vastgesteld: ofwel het allerjongste Viseaan (V3c; Belgische etage: Warnantiaan; Britse: Brigantiaan), of het oudste Namuriaan (Serpukhoviaan; Britse etage: vermoedelijk Pendleiaan). Dit was ook zo bij de Nederlandse Thermae-boringen (Bless, 1987; zie § 3). Vanwege de enkele, nog aanwezige kalksteenbanken, is de formatie in de boring Geverik-1 op lithologische criteria nog bij het Dinantiaan ingedeeld. Zij zou echter ook als een (zeer) distaal member van de formatie van Berneau (of Goerée) kunnen worden gezien.

De formatie van Souvré wordt in de gehele regio Visé - Maastricht aangetroffen, maar komt ook elders voor in het Kempens bekken (b.v. boring Turnhout; Laenen, 2002). De ouderdom zou variëren tussen het Pendleiaan tot het Asbiaan.

*De bovengenoemde, verschillende ouderdommen, wijzen in ieder geval op een regionaal diachronisme van de formatie.*

Zowel in het Visé gebied, als in de noordwestelijk gelegen boring Turnhout, vertoont de formatie een lichte hoekdiscordantie t.o.v. het onderliggende gesteente (Laenen, 2002). *Dit zou echter ook heel goed te maken kunnen hebben met het verschillende hellingsaspect tussen meer klastische hellingsgesteenten en carbonaatgesteenten. Bekkenwaarts van de 'shelf'-rand vertonen de eersten doorgaans een veel minder steile helling dan de tweede (Campbell, 1992).*

Deze formatie is aangeboord in het kaartblad Visé-Voeren, bij de 'Ferme du Temple', net ten noorden van het kaartblad Dalheim-Herve, en komt dus zeker voor binnen het gebied van de Voerstreek (Barchy & Marion, 2000). Tevens is ze aanwezig in de ontsluitingen / ontginningen langs de oostoever van de Maas en bij de Berwinne (fig. 15; Poty, 1985).

### 2.2.2 Boven Carboon

Hieronder volgen de onderscheiden formaties in het Vlaamse Namuriaan van oud naar jong (Laenen, 2002). ***Laenen (pers. comm.) vervangt echter momenteel de formatie van Gottignies door de formatie van Souvré, omdat deze laatste gedefinieerd en gekarteerd is in typelocaties en gebieden die beter aansluiten bij het Kempens bekken.*** De formatie van Gottignies daarentegen, is gedefinieerd in het synclinatorium van Namen. Qua stratigrafische positie en lithologie zijn de beide formaties echter identiek. Niettemin wordt hieronder om redenen van volledigheid toch enige aandacht aan de formatie van Gottignies gegeven.

#### ***De 'overgangsformaties' van Chokier en Gottignies.***

De gehanteerde lithostratigrafie in Vlaanderen onderscheidt op de overgang van het Onder naar het Boven Carboon als laatste Boven Carboon formaties die van Chokier (typelocatie: kasteel van Chokier) en Gottignies (typelocatie: ten N.O. van Gottignies; Laenen 2002). Beide formaties bereiken in hun typelocaties respectievelijk slechts respectievelijke dikten van 15, en 25 m.

De formatie van Chokier bestaat uit kalkhoudende, soms bitumineuze, pyrietrijke schalies, en silicaatgesteenten (cherten of ftanieten). De formatie heeft een rijke fauna (o.a. goniatieten en *Posidoniellae*). De ouderdom varieert van Alportiaan tot (vroeg) Arnsbergiaan (Namuriaan B / laat (?) Namuriaan A). De dikte van de formatie kan in bepaalde delen van het Kempens bekken flink oplopen (tot zelfs ca. 57 m bij boring Geverik-1; Laenen, 2002). Het zijn voornamelijk tamelijk distale sedimenten.

De (voormalige) formatie van Gottignies bestaat uit een afwisseling van dun gebande, verkieselde kalkstenen en silicaathoudende schalies (deels radiolarieten<sup>\*</sup>). Deze gesteenten

---

<sup>\*</sup> radiolarieten zijn afzettingen die grotendeels bestaan uit de kiezelskeletten van radiolariën (marien zoöplankton). Ze wijzen doorgaans op afzettingen in de diepere, meer distale delen van het bekken, onder de zgn. 'carbon compensation depth'. D.w.z. de (wisselende) diepte waaronder kalk gewoonlijk oplost.

vormen de overgang tussen de kalkstenen van het Onder- en de klastische gesteenten van het Boven Carboon.

In het Kempens bekken varieert de formatiedikte van een tiental meters, tot zelfs ca. 76 m in de boring Geverik-1. De ouderdom van de formatie varieert van: (Vroeg) Arnsbergiaan tot Pendleiaan (Vroeg Namuriaan). De formatie is lithologisch equivalent aan de Waalse formatie van Souvré.

Op lithologische gronden (enige kalksteenbanken vaak nog wel aanwezig) wordt de formatie in de praktijk gewoonlijk nog tot het Onder Carboon gerekend. Er is echter zeker sprake van 'interfingering' tussen de (percentages) kalksteen- en schalie afzettingen, die sterk afhankelijk is van de lokale bekkenpositie.

Het meer klastische deel van het gesteente wordt doorgaans reeds tot de formatie van Chokier gerekend. De formatie is in feite een (zeer) distaal onderdeel van de formatie van Goérée en / of Berneau.

Gezien bovenstaande behoeft de exacte ouderdomsbepaling op elke locatie niettemin nauwkeurige studie.

### ***De formatie van Andenne.***

De formatie van Andenne (Namuriaan) bestaat grotendeels uit opeenvolgingen van niet-marine, silthoudende schalies / kleistenen waarin ook - vooral in jongere strata - reeds een enkele koolriffel en soms een wortelbed of kleine koollaag, kan worden aangetroffen. Tevens zijn soms dunne banken met marine schalies aanwezig, vooral in de oudere laagpakketten. Een enkele maal bevatten deze goniatieten en / of zijn ze wat kalkhoudend. Op verschillende stratigrafische niveaus kunnen kwartsietische, vaak gebleekte zandsteenlichamen voorkomen.

De formatie van Andenne komt voor in de gehele ondergrond van de Vlaamse Kempen. Van oud naar jonger neemt de marine invloed geleidelijk af, om plaats te maken voor meer deltaïsche laagland en kustafzettingen' (lower delta- / coastal plain).

### ***De formatie van Châtelet.***

Deze formatie gedefinieerd in het bekken van Charleroi, bestaat hoofdzakelijk uit niet mariene schalies, silt- en zandstenen. Hierin bevinden zich sporadische enkele koollaagjes (tot ca. 75 cm), koolriffeltjes en wortelbedden. De formatie wordt opgedeeld in de *leden van Ransart* (oudste deel) en *Floriffoux* (jongere deel) door de goniatiehoudende mariene horizon 'Floriffoux' (= 'Finefrau Nebenbank'). De top van het lid van Floriffoux vormt de mariene horizon 'Wasserfall'. De basis van het lid van Ransart is de mariene horizon 'Ransart' (= 'Sarnsbank').

De ouderdom van deze formatie is Laat Bashkiriaan (Westfaliaan A; Laenen, 2002).

### 3 HET GEBIED TEN NOORDEN VAN VISÉ (MAASTRICHT EN OMSTREKEN)

In het gebied van de kaart van Nederlands zuid-Limburg en omgeving (inclusief Voerstreek; Felder et al; 1977) bevinden zich naast enkele ondiepere karter- en waterboringen in de nabijheid van Maastricht (b.v: Cadier en Keer no. 109, St. Geertruid no 391, Eijsden no's 61H 24 en 36, etc), ook een aantal diepere boringen. Deze geven samen een redelijk overzicht van de ontwikkelingen van het laatste Devoon, het Onder Carboon en het Vroege Boven Carboon in dit gedeelte van het Kempens bekken. Het betreft hier o.m. de diepboringen Kastanjelaan-2, Heugem-1, Houthem-1, Geverik-1, en de zgn. Thermae-boringen (2000, 2001, 2002) te Valkenburg (fig. 5).



Figuur 5. Overzicht van een groot aantal in deze studie gebruikte boorlocaties.

Op hun beurt sluiten deze boringen stratigrafisch weer goed aan bij de vele boringen in het Laat Namuriaan en het Westfaliaan (A - D) van zowel de Belgische als de Nederlandse mijnstreek, zodat ook dat deel van de Carboon ontwikkeling in het gebied goed bekend is. Hieronder volgt een beperkt overzicht van Carboon stratigrafie van een aantal van deze boringen, en - waar bekend - tevens van de bepaalde ouderdommen. Bij de behandelde boringen is de - in een aantal gevallen slechts vermoedelijke! - formatie-indeling gegeven.

### 3.1 Onder Carboon stratigrafie van een aantal belangrijke boringen.

#### De boring Lanaken.

Bij het vervaardigen van bovengenoemde 1977-kaart, is de door dhr. Forir van de Belgische Geologische Dienst geïnterpreteerde, oude *boring Lanaken* uit 1898 gebruikt (Forir, 1902; beschrijving M. Mourlon). Deze boring ligt ten noordwesten van Maastricht. De beschrijving spreekt over het aanboren van een 5-tal meters Palaeozoïsche afzettingen, waarvoor een H1a ouderdom wordt opgegeven ('*assise van Chokier*') d.w.z. het 'Namuriaan deel' van de overgangszone naar het Onder Carboon (Delmer, 1963; zie ook boring Geverik-1, hieronder). In deze zone zouden zich eveneens brokjes zwarte ftaniet (verkiezelde laagjes) bevinden. Dit wijst eveneens op de aanwezigheid van de overgangszone.

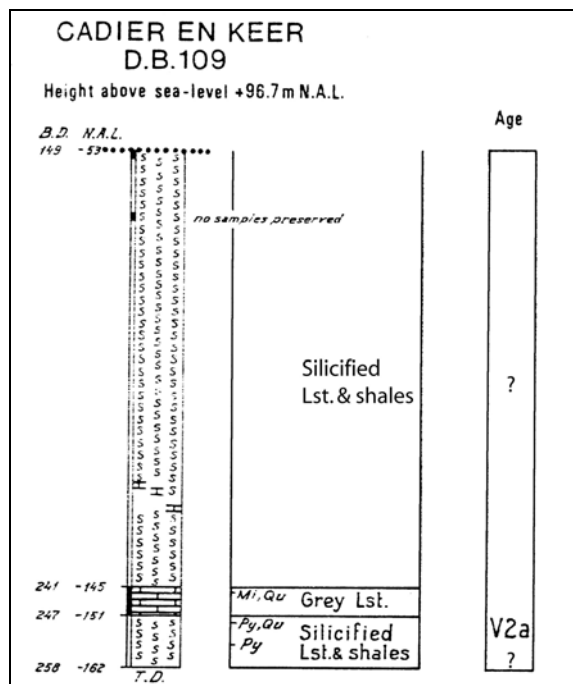
In deze boring zijn dus zeer waarschijnlijk sterk verweerde resten van de formatie van Chokier en / of een gedeelte van de *formatie van Souvré* aangeboord.

Hierop volgend werd als laatste nog 1 m Onder Carboon kalksteen geboord, met een vermoedelijke V2 ouderdom. Gezien de gesteente- en ouderdomontwikkeling in boring Geverik (zie hieronder) zou hier dan de *formatie van Visé* aangeboord kunnen (moeten) zijn.

Indien deze verschillende, opeenvolgende ouderdommen correct zijn, indiceert dit een hiaat op deze locatie (groot deel V3 afwezig).

De *boring Cadier en Keer* (D.B. 109) dateert van 1921. Top Carboon werd onder het maaiveld aangetroffen op 149 m diepte. Van 149 - 241 m werden donkergrijze tot zwarte verkiezelde schalies en kalkstenen aangetroffen. Later werd deze beschrijving veranderd in: "een sequentie die bestaat uit losse, ampelietenbreccies", in plaats van: "een vast, maar vrij broos gesteente". Vanaf 241 - 247 m, werd een donkergrijze, deels kleihoudende kalksteen herkend. Deze werd tot einddiepte (-258 m) gevolgd door deels verkiezelde en ontkalkte kalkstenen.

Dit laatste trajectstuk zou een V2a ouderdom hebben! (fig. 6).



Figuur 6. De voorhanden zijnde gegevens van de boring Cadier en Keer (D.B. 109).

De ouderdom van de sequentie van 149 - 241 m werd zowel door Patijn en Thiadens (1963), als door Legrand (1968), binnen het Namuriaan geplaatst. Daarvóór hadden de auteurs Tesch (1924) en Dorsman (1943) aangenomen dat de gehele sequentie in het Dinantiaan thuishoorde.

*Deze gegevens komen van enige losse documentbladeren van de voormalige hoofdafdeling "Geologisch Bureau" van de Nederlandse Geologische Dienst.*

Gezien de klaarblijkelijke 'ouderdomsverwarring', evenals de lithologie van het traject van 149 - 241 m, lijkt het er op dat hier de 'overgangszone' aangeboord zou kunnen zijn; d.w.z. mogelijk enige verweerde resten van de *formatie van Chokier* (?) maar vooral van de *formatie van Souvré* (waarschijnlijker). Mogelijk werd ook nog een klein deel van de *formatie van Goérée* (jongste deel?) aangeboord (m? - 241 - 258 m), maar dat lijkt onwaarschijnlijk gezien de V2a ouderdom op 249 m. Een stuk van de *formatie van Berneau* - deels tijdsequivalent met de *formatie van Goérée* - zou beter passen met de bepaalde ouderdom en lijkt tevens binnen de lithologie te vallen (ook verkiezelde niveau's, Muchez et al, 1987). Dit geldt echter eveneens voor de *formatie van Visé* (zie ook boring Heugem, hieronder).

*In vergelijking met de dikten en ouderdommen bij de boring Geverik-1 en andere boringen (zie hieronder) ziet het er niettemin naar uit dat tussen de als V2a gedateerde kalken (formatie van Berneau? Visé?) én de geïnterpreteerde overgangsformatie(s) (m.n. Souvré / top Goérée?) een hiaat (of zelfs meerdere) aanwezig zou(den) kunnen zijn.*

In de vlak bij Cadier en Keer gelegen **boring Margraten** (bij de 'Koeberg') wordt slechts ruim 2 m aangeboorde Onder Carboon kalksteen vermeld, op een diepte van ca. 150 - 152 m.

De Nederlandse **boring Mesch** (D.B. 108; Bless et al, 1976) ligt vlak bij de Belgisch - Nederlandse grens, ca. 2 km west-noordwest van 's-Gravenvoeren. De gehele onder Carboon sequentie in deze boring zou hier bestaan uit donkergrijze - zwarte cherten, verkiezelde schalies en deels verkiezelde kalkstenen. Enkele delen bevatten een overvloed aan sponsnaalden (radiolarieten).

De sequentie werd door Tesch (1924) en ook Dorsman (1945) in het Dinantiaan geplaatst. Patijn (1963), Thiadens (1963) en Legrand (1968) echter, interpreteerden een Namuriaan ouderdom. Analyse van microfossielen door Bless (1976) toonden een V3 (mogelijk V3b?) ouderdom.

Het ziet er naar uit dat hier verweerde sedimenten van de overgangszone tussen het Namuriaan en Dinantiaan zijn aangeboord. Waarschijnlijk hebben we hier te maken met een deel van de (*formatie van Chokier ?? en de top van de?) formatie van Souvré*.

In **boring St. Geertruid**, (karterboring 391) in groeve 62C-13 bij het gehucht Moerslag, aan de rand van het Savelsbosch en ca. 9 km ten zuidoosten van Maastricht, werd op een diepte van 83 m een Onder Carboon 'kalkbreccie' aangeboord met kalkfragmenten van een waarschijnlijke V3c ouderdom (determinatie J. Meessen, Nederlandse Rijks Geologische Dienst / Geologisch Bureau, rapport G.B.1666; 1997). Gezien de aanwezigheid van o.m. verkiezelde, grijze en zwart gekleurde kalksteen, alsmede de bepaalde ouderdom, lijkt het zich hier te handelen om de *formatie van Souvré* en / of de top van de *formatie van Goérée*.

In de **boring Heugem-1**, werden aan het Carboon oppervlak verweerde Dinantiaan kalkstenen aangetroffen van V2b / V2a ouderdom, dieper in de boring gevolgd door sedimenten met een duidelijke V2a ouderdom (Bless et al, 1981). Deze ouderdom sluit



redelijk goed aan bij de vermoede V2 ouderdom in het laatste trajecten van de meer oostelijk gelegen boring van Cadier en Keer en de noord - noordwestelijke, Belgische boring Lanaeken (zie hierboven). Het handelt hier om platformkalken van de *formatie van Visé*: vooral grijze, deels verkiezelde ‘platformkalken’ met vooral aan de top witte, - rood- / bruingrijze klei intercalaties (een enkele donker grijs - zwart). Op 215 m werd een karstbreccie gesignaleerd, en dieper (ca; 310-345 m) eveneens slumpstructuren (Bless et al. 1981).

De boring sluit stratigrafisch natuurlijk ook vrij goed aan bij de meer nabije, noordwestelijk gelegen (ca. 5 km) boring Kastanjelaan-2 (aan Top Carboon: V1-V2, zie hieronder).

In de *karteerboring Eijsden*, (61H-36; = no. G.B. 6402 volgens Bless et al, 1981) - ca. 4 km zuidelijk en 1 km westelijk van de Heugem-1 boring, langs de Maas - werden net onder de Krijt bedekking, kalkstenen met een V1b / V2a ouderdom aangetroffen (Bless et al, 1981). Aan het Carboon oppervlak zou deze boring dan dus duidelijk ouder zijn dan de boring Heugem-1. De lithologie doet echter denken aan de *formaties van Souvré en / of Goérée*, vanwege de zwarte, veelal verkiezelde kalksteen die hier werd aangetroffen (slechts één wit kleilaagje van 20 cm met enkele brokjes ‘onvolledig verkiezelde’ kalksteen).

*De door Bless et al, (1981) opgegeven ouderdom strookt echter niet met hetgeen op de - in ons bezit zijnde - boorbeschrijving van deze boring (Eijsden 61H-36) is ingevuld! Als resultaat van een determinatie door dhr. J. Meessen (Nederlandse Rijks Geologische Dienst / Geologisch Bureau, rapport G.B. 1398) wordt hier n.l. een V3c- $\alpha$  ouderdom opgegeven!* In tegenstelling tot de door Bless (1981) opgegeven ouderdom, zou deze ouderdom veel beter met een doorboring van de *formatie(s) van (Souvré en / of) Goérée* corresponderen.

E.e.a. blijft zo echter enigszins onzeker.

In een andere RGD-karteerboring bij *Eijsden* (61H-24; de waterverkenningboring ‘Rijckhold’) ca. 2,5 km oost-noordoostelijk van boring 61H-36, wordt in de boorbeschrijving slechts ‘Viseaan’ als ouderdom opgegeven (Nederlandse Rijks Geologische Dienst / Geologisch Bureau, rapport G.B. 1268; 1626). Hier lijkt of het oudste deel van de *formatie van Goérée*, of de *formatie van Visé* te zijn aangeboord (grijze, verkiezelde kalkstenen waarin soms een dun witachtig tot grijsbruin kleilaagje). Naar analogie met de boring van Heugem, heeft de formatie van Visé de voorkeur.

Weer 2 km zuidelijker en ca. 1 km westelijker, is in de *Belgische karteerboring 108W-203 (Lanaye)* aan top Carboon een V3 ouderdom aangetroffen. Ook dus duidelijk jonger dan de Onder Carboon kalken bij boring Heugem-1 en - volgens Bless et al. (1981) - met dezelfde ouderdommen als die zijn aangetroffen bij de boring Hermaille sous Argenteau (zie hieronder) alsook de ontsluitingen in het gebied rond Visé. Beide boringen zijn dus voor een deel in tijd vergelijkbaar met een gedeelte van boring Geverik-1 (zie hieronder).

*De V3c- $\alpha$  ouderdom die door dhr. J. Meessen (Geol. Bur. Heerlen / Ned. RGD) bepaald werd voor de boring Eijsden (61H-36; zie boven) sluit niet alleen (locaal) zeer goed aan bij de V3 ouderdom van bovengenoemde Belgische karteerboring 108W-203, maar ook bij de veronderstelde V3c ouderdom in de karteerboring St. Geertruid.*

De *Belgische boring Hermalle-sous-Argenteau*, (zie ook § 4.2) ca. 3 km ten zuiden van Visé langs de linkeroever van de Maas, gaf onder ca. 34 m van Boven Carboon afzettingen (Namuriaan; ca. 10 - ca. 44 m) ten minste een totale dikte van 162 m aan werkelijke Dinantiaan sedimenten (56 m - 218 m). Het tussenliggende traject van ca. 12 m (ca. 44 - 56

m) bestond uit een breccieus gesteente met zowel Boven-, als Onder Carboon elementen (Barchy & Marion, 2000). Dit alles doet denken aan een opeenvolging van de *formatie van Andenne*, gevolgd door een totaal verweerde, en gecompriëerde overgangszone (dus oorspronkelijk waarschijnlijk tamelijk gecondenseerd). De aard van het gesteente doet sterke oplossing van kalksteen vermoeden, dus zowel de restanten van de *formatie van Chokier*, als van *Souvré* lijken hier aanwezig (geweest) te zijn.

De hierop volgende, duidelijke Dinantiaan sedimenten gaven allen een Boven Viseaan (V3b-c) ouderdom (Bless et al, 1981). Afzettingen uit het Onder en Midden Viseaan zouden niet voorkomen. Daarom moet hier in eerste instantie vooral aan de basis van de *formatie van Souvré* en de top van de *formatie van Goérée* gedacht worden.

In de boorbeschrijving van Barchy & Marion (2000) wordt voor het deel van ca. 56 m - 218 m echter uitsluitend de formatie van Visé aangegeven, maar zij hebben de formatie van Goérée (en / of Berneau?) nooit afgescheiden / gebruikt. Hieronder volgt dan een hiaat, waarna afzettingen uit het Devoon volgen (Frasniaan; zie ook hoofdstuk 4, § 4.2).

Indien de door Bless et al. (1981) aangegeven Viseaan-dateringen juist zijn, zou e.e.a. niettemin kunnen aangeven dat - in relatie tot de sedimentaire ontwikkelingen en ouderdommen in boring Geverik-1 (zie hieronder; Van Tongeren & Pagnier 1987) - er in het Laet Viseaan faciële overgangen tussen beide boringen zouden (kunnen) bestaan. Bij Hermaille-sous-Argenteau ontwikkelt zich dan (deels?) nog een kalkplatform (?), waar zich bij Geverik-1 al kalkturbidieten ('fore-slope' sedimenten e.d.) beginnen af te zetten. Mogelijk vormde het gebied bij Hermalle-sous-Argenteau (één van de?) brongebieden voor deze meer noordelijke en oostelijke kalkturbidiet-sequenties.

Deze sedimentaire ontwikkeling doet vermoeden dat de *formatie van Goérée* in Hermaille sous Argenteau (deels?) afwezig kan zijn - en / of nog licht vervingert met de Visé platformkalken - en dat de Laet Viseaan / Vroeg Namuriaan transgressie hier pas in een 'laat' stadium over het kalkplatform transgredeerde. Het kalkplatform zonk hier dus relatief laat verder af onder water.

Ook de dikte van de Onder Carboon sequentie t.o.v. die in boring Geverik-1 blijkt hier zeer veel geringer. E.e.a. maakt het voorkomen van (meerdere?) hiaten in de Onder Carboon sequentie van Hermalle-sous-Argenteau (en omringend gebied) waarschijnlijk.

In de **boring Kastanjelaan-2**, ca. 3km noordelijker dan boring Heugem-1 en ongeveer 3 km westelijker, werd aan top Carboon (ca. 201 m) een serie donkergrijze tot zwarte, verkiezelde schalies en kalkstenen aangetroffen. De kalkstenen bevatten kleine holten (geodes).

Vanaf de top van het Carboon tot ca. 280 m werd een voorzichtige ouderdom van V1 / V2 geconcludeerd (Onder - Midden Viseaan foraminiferen op 202 m; Bless et al, 1981).

*Tot welke formatie deze gesteenten zouden moeten worden toegeschreven is onzeker.* Gezien het voorkomen van (verkiezelde) schalies en de bepaalde ouderdom, zouden deze afzettingen goed tot de *formatie van Velp* gerekend kunnen worden (Laenen, 2003).

Dit traject werd gevolgd door een ongedateerde zone van ca. 55 m die mogelijk òf een gecondenseerde zone van Tn3-V1, òf een breukzone vertegenwoordigde. Dit betrof met name platformkalken, vooralsnog waarschijnlijk het beste onder te brengen in de *formatie van Visé*. Daarna komen dan ca. 150 m met achtereenvolgens Tn 2, Tn 1b en Tn 1a / Fa 2 ouderdommen. Er zou overeenkomst zijn met de sedimenten van (de formatie van) Pont d'Arcole (Bless et al, 1981).

Het onderste deel van deze boring wordt een Laet Famenniaan ouderdom toegekend (Laet Devoon; Bless et al, 1981). Het gaat hier over de *formaties van Bosscheveld* en *Evioux* (Devoon; hier verder niet behandeld).

NB. de boorgatmetingen van deze boring geven maar gedeeltelijk een betrouwbaar beeld van de lithologie; dit geldt m.n. in het bovenste deel van de boring (cementeringsjobs ter stabilisatie van het boorgat worden als ‘kalksteen’ op het log aangegeven!).

*Belangrijk is eveneens, dat de sedimentatie in deze boring - in samenhang met de oplopende ouderdomsvolgorde - toont dat er op deze plaats een geleidelijke overgang van het Vroeg Carboon (Tournaisiaan / Struniaan) naar het Laat Devoon (Laat Frasniaan) plaatsvindt.*

### ***Boring Geverik-1.***

Ongeveer 7,5 km noordelijk van boring Kastanjelaan-2 en ca. 7 km oostelijk, bevindt zich de boring Geverik-1, aan de noordkant van het vliegveld Maastricht-Aachen. Omdat het hier een belangrijke stratigrafische boring betreft, waarvan het gehele Carboon gekernd werd, zijn hieronder bepaalde onderdelen van deze boring wat meer gedetailleerd weergegeven (Van Tongeren & Pagnier, 1987; fig. 7).

Aan de top van het Paleozoïcum is deze boring het Carboon binnengedrongen, op vrijwel de grens Namuriaan B-C. Tot een diepte van 859 m is het aangetroffen Namuriaan (Namuriaan A - B, dikte ca. 535 m) te beschouwen als behorend tot de Vlaamse *formatie van Andenne* (Laenen, 2002).

Vanaf ca. 859 m - ca. 992 m volgt dan een geleidelijke overgang naar het Laat Onder Carboon (Viseaan).

Deze overgangszone (ca. 133 m) werd opgedeeld in een tweetal delen:

#### **van ca. 859 - ca. 916 m (57 m).**

In tegenstelling tot het voorafgaande, jongere Namuriaan met een ‘regressief’ karakter en gekarakteriseerd door herkenbare opwaarts vergroevende series (coarsening-ups), zijn in dit deel van de boring geen duidelijke sedimentaire trends meer te herkennen. Ook treedt vanaf 859 m naar ouder toe, een snelle en grote stijging van het koolstofgehalte op. Tevens is er een geleidelijke toename van het kalkgehalte van de schalies.

De afzettingen in dit stratumdeel - voornamelijk bestaande uit zwarte, soms wat kalkhoudende, schalies - zijn geïnterpreteerd als relatief distale, ‘basin floor’ sedimenten, afgezet binnen het deel van de bekkenbodem dat zich in ieder geval onder de zone van grootste golfwerking (door stormen) bevindt. De afzettingen vormen in feite de uiterste top van een groot opwaarts verfijnend traject (fining-up). Waarschijnlijk is er een snelle, maar geleidelijke overgang van iets meer open mariene / neritische omstandigheden (kalkhoudend) naar deze ‘starved basin’ serie. Deze laatste facies is in deze boring echter niet als zodanig herkend, maar treedt waarschijnlijk op in het bovenste gedeelte van de direct hieronder liggende serie (Van Tongeren & Pagnier, 1987).

Dit deel van de overgangszone komt overeen met de Vlaamse *formatie van Chokier* (Laenen, 2002).

In de boring Geverik-1 wordt m.n. het bovenste deel van dit overgangsinterval (ca. 38 m; van 859 - 897 m) gekenmerkt door hoge waarden van de natuurlijke gammastraling, die hier vooral veroorzaakt wordt door de relatieve aanrijking van uranium, versus de elementen Kalium en Thorium (spectra-log data; Van Tongeren & Pagnier, 1987).

#### **van ca. 916 - ca. 992 m (76 m)**

Dit traject representeert eigenlijk de top van een mega-schalige, opwaarts verfijnende sequentie (fining-up). De gehele fining-up serie zelf, loopt vanaf een diepte van ca. 1192 m tot dus ca. 916 m. Van basis naar top neemt het kalkgehalte sterk af.

Vanaf 916 m begint, naar ouder toe, eveneens het optreden van herkenbare, gegradeerde banken. De gradatie is herkenbaar op basis van kalkgehalte versus schalie / koolstofgehalte; d.w.z. per gegradeerde bank nemen kalkgehalte en korrelgrootte naar de top toe af, en stijgt het schalie / koolstofgehalte. Binnen dit traject treedt duidelijk ook verkiezeling met een gelaagd karakter op. Ook komen, m.n. in het jongere gedeelte van deze serie, dunne schaalhoudende (goniatieten) lagen voor, en treden in het oudere deel al sporen op van horizontale graafgangen en zelfs plantenhaksel. De schalies hebben soms een wat 'knollig' uiterlijk (Van Tongeren & Pagnier, 1987).

Zowel de regelmatige optredende, gelaagde chert-vorming, als de donkere kleur (relatieve aanrijking koolstof) en de soms optredende 'knolligheid', wijzen in hun algemeenheid eveneens op een dieper (onder de dieptegrens van kalkoplossing, de 'carbon compensation depth') tot 'intermediair' afgezet sediment (de - wisselende - diepte van beginnende / gedeeltelijke kalkoplossing). De goniatieten wijzen op een open mariene, ten minste neritische, omgeving. De gradatie in de afzettingen is echter herkenbaar, waardoor ze nog tot de gestaag, steeds meer distaal wordende turbidieten-serie zijn gerekend ('toe of slope' afzettingen, uiteindelijk vervingerend met klastische 'basin floor' sedimenten). Alle sedimenten binnen de overgangserie zijn volledig marien.

*Dit gedeelte van de overgangszone behoort al tot de formatie van Souvré.*

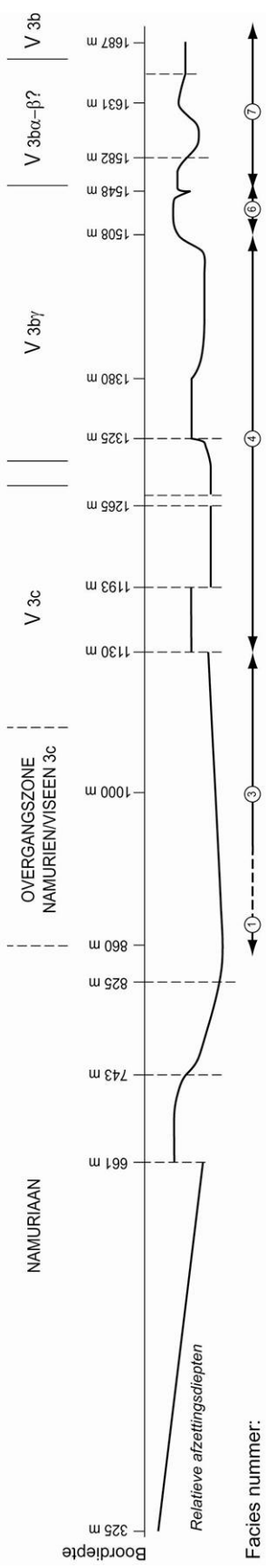
Het omslagpunt van het 'transgressief' naar het 'regressief' karakter van de afzettingen ligt op 859 m. Tevens kenmerkt deze diepte het begin van het optreden van enig kalkgehalte in het sediment; wat geleidelijk toeneemt naar oudere strata. Dit niveau is daarom aangegeven als een herkenbare, en waarschijnlijk goed te karteren grens (Van Tongeren & Pagnier, 1987). Ofschoon er wel een omslagpunt is bepaald, vindt de overgang van Viseaan naar Namuriaan in deze boring geleidelijk, en zonder zichtbaar hiaat plaats.

Vooraf om praktische redenen is de ondergrens van de 'overgangszone' gelegd bij 992 m, en wel omdat hier - naar jonger toe - het eerste optreden begint van herkenbare, meters dikke schaliepakketten. Er begint dus duidelijk een fase van klastisch sedimentaire inbreng.

Vanwege het hoge koolstofgehalte wijkt ook de gemiddelde seismische snelheid van de overgangszone af van de gemiddelde snelheden van de boven- en onderliggende gesteentepakketten:  $V^{\text{gem}}$  overgangszone = 3500 m/s, versus  $V^{\text{gem}}$  Nam. = 4000 m/s en  $V^{\text{gem}}$  Vis. = 5500 m/s (Van Tongeren & Pagnier, 1987).

In de boring Geverik-1 werden verder in het als Viseaan gekenschetste deel (dus vanaf 992 m) van jong naar oud de volgende ouderdommen bepaald: V3c, V3by, V3ba-β, V3ba. In het alleronderste deel van de boring (TD. 1687 m) leek het V2 nog niet bereikt! (fig. 7). Tot vlak boven de grens V3ba-β / V3by - dus tot in het Vroeg V3by ! - werd de facies van de Onder Carboon gesteenten als 'foreslope' sedimenten geïnterpreteerd (m.n. kalkturbidiet-afzettingen; ruwweg van relatief proximaal (oude deel) naar distaal (jonge deel; Van Tongeren & Pagnier, 1987). Deze sedimenten moeten voornamelijk gerekend worden tot de *formatie van Goerée*.

BORING GEVERIK - 1



DIAGRAMMATIC CROSS SECTION	Normal wave base									
	Storm wave base									
	Oxygenation level									
	37.46 ‰ > 45 ‰									
FACIES NUMBER	1	2	3	4	5	6	8	9		
FACIES AND GENERAL ENVIRONMENT	Basin (euxinic or evaporitic) (a) Fine clastics (b) Carbonates (c) Evaporates	Open marine neretic (a) Carbonates (b) Shale	Toe of slope carbonates	Foreslope (a) Bedded fine grained lime sands (b) Forest debris and lime sands (c) Lime mud masses	Organic build-up ("reef") (a) Boulders (b) Encrusting masses (c) Battlements	Sands on edge of platform (a) Shale lime sands (b) Islands with dune sands	Restricted platform (a) Bioclastic wackestone; (b) Litho-bioclasic sand in tidal channels (c) Lime mud and tidal flats (d) Fine-grained terrigenous clastic interbeds	Platform evaporates (a) Nodular anhydrite and dolomite (b) Laminated evaporites in desiccated ponds		
LITHOLOGY	Dark shale or silt thin lime-stones (starved basin). Evaporites fill basin desiccation occurs.	Very fossiliferous limestone with marl interbeds.	Fine grained limestone, locally cherty.	Variable depending upon water turbulence upslope, sedimentary breccia and lime sands.	Massive limestone, dolomite.	Calcaremic-collitic lime sand or dolomite.	Often dolomite and dolomitic limestone.	Irregularly laminated dolomite and anhydrite locally may grade into red beds.		
COLOUR	Dark brown, black and red	Grey, green, red, brown	Dark to light	Light to light	Light	Light	Light	Red, yellow, brown		
GRAIN TYPE DEPOSITIONAL TEXTURE	Lime mudstones fine calcisites.	Bioclastic and whole fossiliferous with some calcisites.	Dominantly lime calcisites with some calcisites.	Lime silt and bioclastic wackestone, calcisites, lithoclasts.	Boulders and pockets of granstone-pelotonites.	Granitones, well sorted, rounded.	Clotted pitted mudstone pelotonites, wackestone, coarse wacke-stones in channels.			
BEDDING AND SEDIMENTARY STRUCTURES	Very even lamination on mm scale. Rhythmic bedding; occasional ripple cross lamination.	Bedded thin to medium bedded with nodular layers.	Minor lamination. Often massive beds, lenses of graded sediment. Lithoclasts and exotic blocks.	Massive organic structure or open framework with roofed cavities. Injection dykes. Sometimes stromatolites.	Medium to large scale cross-bedding.	Intense bioturbation.	Bioclastic stromatolites. Fine laminations dolomite crusts. Cross-bedded sand in channels.	Anhydrite after gypsum nodular masses; broken wire and blades; irregular lamination; caliche.		
TERRIGENOUS CLASTIC COMPONENT	Quartz silt and shale, fine grained siltstone, often cherty.	Quartz silt and shale in well segregated beds.	Some shales, silt and fine grained sandstone.	None	Major frame building corals and communities associated with them.	Few indigenous organisms. Specialised community. Mostly abraded shell debris from other platform environments.	Terrigenous and calcareous beds, well segregated.	Interbedded terrigenous and calcareous beds possible.	Aeolianites and terrigenous interbeds may be important.	
BOTA	Planktonic and neotonic only. Occasional mass-mortality deposits.	Diverse. Shelly fauna and trace-fossils represent both infauna and epifauna.	Bioclastic debris derived mostly from upslope.	Colonies of whole fossil organisms and bioclastic debris.	Major frame building corals and communities associated with them.	Mostly abraded shell debris from other platform environments.	Limited fauna. Mostly grazing gastropods, algae and some forams. (e.g. miliolids) and ostracodes.	Stromatolitic algae almost the only indigenous biota.		

Wilson, 1975

Figuur 7. Geïnterpreteerde relatieve afzettingsdiepten, sedimentaire facies en ouderdommen bij boring Geverik-1, in vergelijking met het facies-schema voor carbonaatgesteenten van Wilson (1975).

De oudere kalkafzettingen (laat V3by - V3b) die hiervoor, onderin de boring optreden, zijn geïnterpreteerd als kalkplatform afzettingen. Ze kunnen al gerekend worden tot de *formatie van Visé*.

*N.b: dit facies optreden is ruwweg tegengesteld aan dat bij de boring 's-Gravenvoeren; zie § 4.2.1.*

De lokale kalkdikte van het gezamenlijke Dinantiaan werd - in samenhang (bijtelling) met de Onder Carboondikten in de nabijgelegen boringen Kastanjelaan-2 (Tournaisiaan / Viseaan V1-2) en Heugem-1/1a (Viseaan V2) geschat op ca. 1300 m. *De vraag is echter of de platformfacies wel zomaar bij de turbidietfacies kunnen / mogen worden opgeteld!* Waarschijnlijk mag dat niet één op één gebeuren, en mogelijk is deze dikte dus enige honderden meters te groot geschat. Omdat het V2 niet bereikt werd en er tegen het einde van het V3 traject al platformkalken werden geboord, is e.e.a. echter toch wel te verdedigen. *De enorme diktetoename t.o.v. de relatief zeer nabij gelegen zuidelijker gebieden (b.v. bij Visé) tonen de grote algemene daling van dit gebied in het late Viseaan.*

De dikte van het volledige Namuriaan komt hier op ca. 1000 m (*formatie van Andenne*).

Het jongere V3 in deze boring toont een duidelijk transgressief karakter. Ditzelfde geldt ook voor het alleroudste Namuriaan, dat aan de basis dus volledig marien ontwikkeld is (*formatie van Chokier*).

In het geboorde traject werden met zekerheid een 8-tal vulkanische aslaagjes ('tonsteine') aangeboord, evenals een 3-tal 'onzekere' (Van Tongeren & Pagnier, 1987).

### De *Thermae*-boringen.

De *Thermae*-boringen (nrs. 2000, 2001 en 2002; fig. 8) vlak te zuid-zuidwesten van Valkenburg, en ongeveer 8 km ten oosten van het centrum van Maastricht, hebben onder het Krijt (*formatie Van Aken*) eveneens direct het Onder Carboon aangeboord (Bless, 1987). Onder een witgrijzige, kaolinitische paleobodem van ca. 17 - 10 m dik, werd een interval van zwarte, soms verkiezelde schalies aangetroffen, sterk koolstofhoudend en variërend over een zeer korte afstand van ca. 33 tot 40 m dikte. Dit lijkt gelijkaardig aan de Vlaamse *formatie van Chokier* bij Geverik-1.

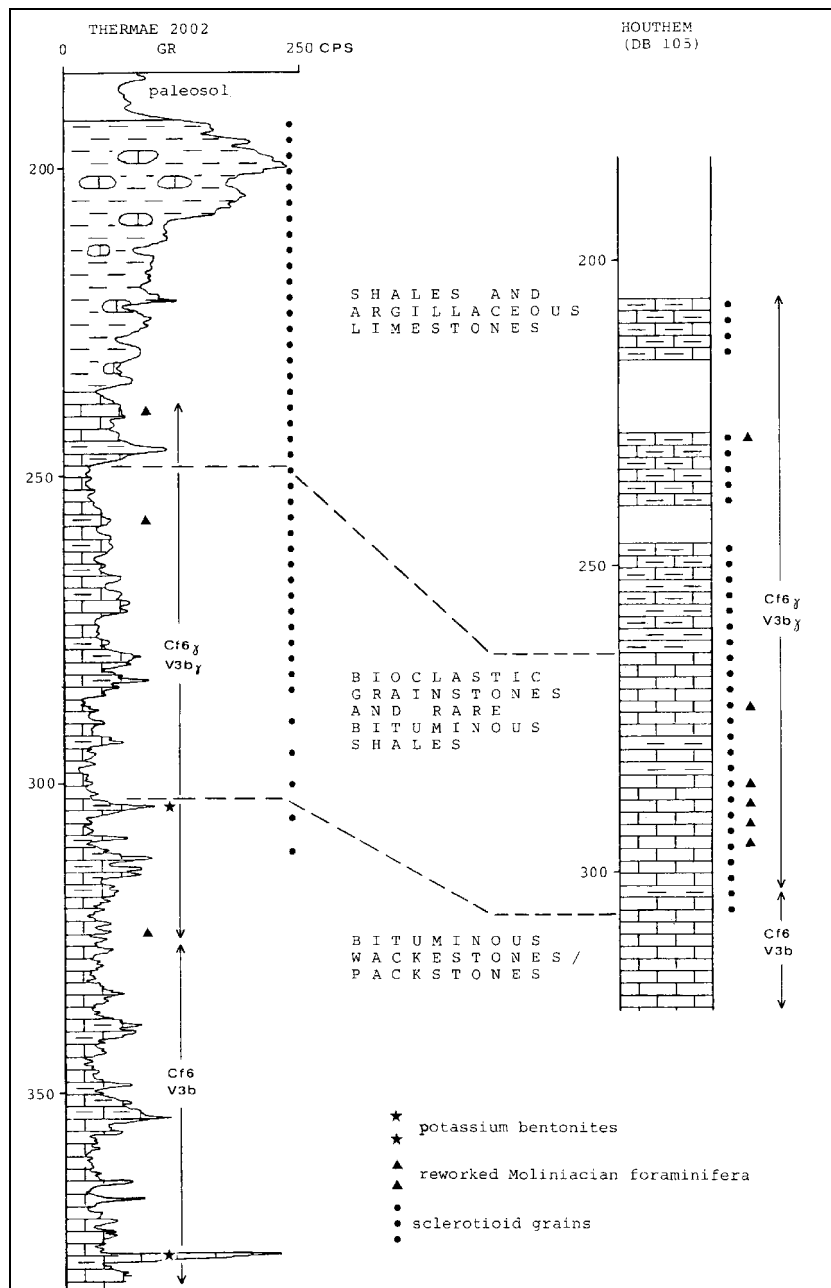
Eenzelfde, dikke palaeobodem werd ook in de Heugem-1 boring beschreven en is mogelijk ook bij de Eijsden boring 61-H 36 aangeboord..

De verkiezelde foraminiferen in de paleobodem lieten niet toe een onderscheid te maken tussen Namuriaan of Viseaan ouderdom (Bless, 1987). Deze onzekerheid trad niet alleen op bij de boring Geverik-01, maar ook (wel) bij de boringen Cadier en Keer (DB 109) en Hermalle-sous-Argenteau (Barchy & Marion, 2000).

Binnen het onderliggende zwarte schaliepakket, bevinden zich enkele tussenschakelingen van dunne verkiezelde kalksteen en zwarte vuursteen (cherts, radiolariet?). Hoogst waarschijnlijk behoren deze al tot de *formaties van Chokier* en (waarschijnlijk) *Souvré* (Laenen, 2002).

Onder dit schalie-interval bevindt zich een pakket volledig verkiezelde kalkstenen, variërend van 17 tot 12 m dikte. De kalkstenen zijn zeer fossielrijk en worden geïnterpreteerd als bioklastische 'grainstones'.

Deze bioklastische 'grainstones' zetten zich verder voort tot een diepte van ca. 310 m. Ze zijn deels gesilificeerd en blijven fossielrijk. Soms zijn er intercalaties van cherten en zwarte schaliebanden (koolstofrijk). Met name de top van de gesteente-eenheden is verkiezeld. Hier wordt de *formatie van Goérée* geïnterpreteerd. Deze eenheden zouden (voorzichtig) correleren met eenzelfde pakket in de boring *Houthem* (Ned. karterboring DB 105; ouderdom V3; Bless et al, 1981), ca. 2 km ten noordwesten van Valkenburg.



Figuur 8. Correlatie van de boring Thermae 2002 (geïnterpreteerde lithologie binnen het gamma-ray log) met boring Houthem, D.B. 105; naar Bless et al, 1987).

De ‘grainstones’ worden opgevolgd door een serie van bitumineuze ‘wacke-’ en ‘packstones’ tot einddiepte van de boringen (ca. 376 m in boring Thermae 2002). Ook hier treden regelmatig verkiezelingen op, en komen er intercalaties van chert en zwarte schalies voor. ‘Grainstones’ komen nog slechts voor in lenzen. Sponsnaalden en radiolariën komen veelvuldig voor, andere fossielen zijn relatief schaars. Ook dit deel van de boringen is te correleren met **boring Houthem** (Bless, 1987).

Interessant is dat er een hoge gammastraling optreedt in het interval van de zwarte schalies. Dit is ook het geval in boring Geverik-1, en b.v. boringen in de zuidelijke Noordzee (de zgn. ‘hot shales’, op de overgang van Viseaan naar Namuriaan). Verder bleken een tweetal

pieken veroorzaakt te zijn door vulkanische ashorizonten (kalium-bentoniet klei). Dergelijke ashorizonten zijn niet alleen in België binnen het V3 aangetroffen, maar dus ook in de boring Geverik-1 (zie boven).

Voorbeeld stratigrafie en geïnterpreteerde formaties van de Thermae 2000 boring (Bless et al, 1986):

Van 202 - 251 m verkiezelde zwarte schalies waarvan het sterk verweerde bovenste deel de palaeobodem vormt. Ouderdom: V3b-c (*formatie van Chokier*).

Van 251 - 282 m deels verkiezelde kalkstenen afgewisseld met met zwarte schalies (*formatie van Souvré*).

Van 282 - 330 m verkiezelde kalkstenen (*formatie van Goerée*).

Van 330 - 381 m gedeeltelijk verkiezelde kalkstenen (*formatie van Goerée*).

De top Carboon wordt bij deze Thermae-boringen blijkbaar ook gevormd door de *formatie van Chokier* (dikte inclusief paleobodem ten minste ca. 50 m). En ook hier wordt deze zeer waarschijnlijk gewoon voorafgegaan door de *formatie van Souvré* (dikte minimaal ca. 30 m). Mogelijk moet een deel van de *formatie van Chokier* hier ook bij gerekend worden; dat blijft onzeker.

*In deze boringen is de overgang van het Viseaan 3 naar Namuriaan eveneens geleidelijk.*

Deze laatste *formatie van Souvré* wordt dan (vooral?) gevormd door de eenheid van de geheel verkiezelde kalkstenen onder de zwarte schalies plus - mogelijk - de (top van de?) volgende eenheid van bioklastische 'grainstones'.

De volgende eenheden van wacke- en packstones, zouden dan zeer waarschijnlijk de *formatie van Goerée* voorstellen.

De *formatie van Visé* is in de Thermae boringen niet geïnterpreteerd geworden!.

De ouderdommen van het Carboon van de Thermae-boringen van jong naar oud, vangen aan met een V3b-V3c, V3b- $\gamma$ , (202 - 236 - ca. 325 m) ouderdom, overgaand in V3b (tot einddiepte op ca. 376 m; Thermae 2002, Bless, 1987). Dit strookt met het ontbreken van de *formatie van Visé*.

De **boring Houthem** (db 109).

Ook in de boring Houthem ongeveer 8 km ten oost - noordoosten van Maastricht werden ten minste 140 m aan carbonaatgesteenten met een V3 ouderdom aangetroffen (fig. 9; Bless et al, 1981). Boring Houthem correleert lithologisch en qua ouderdom (V3b - V3c; Bless et al, 1976) heel goed met de Valkenburgse Thermae-boringen (zie boven).

In de top van de boring Houthem, verloopt de ouderdom van V3c naar V3b- $\gamma$  (traject 183 - 265 m; Bless et al, 1976) en dan eveneens naar V3b (ca. 305 m - einddiepte op ca. 323 m).

De **boring Gulpen** (D.B. 106).

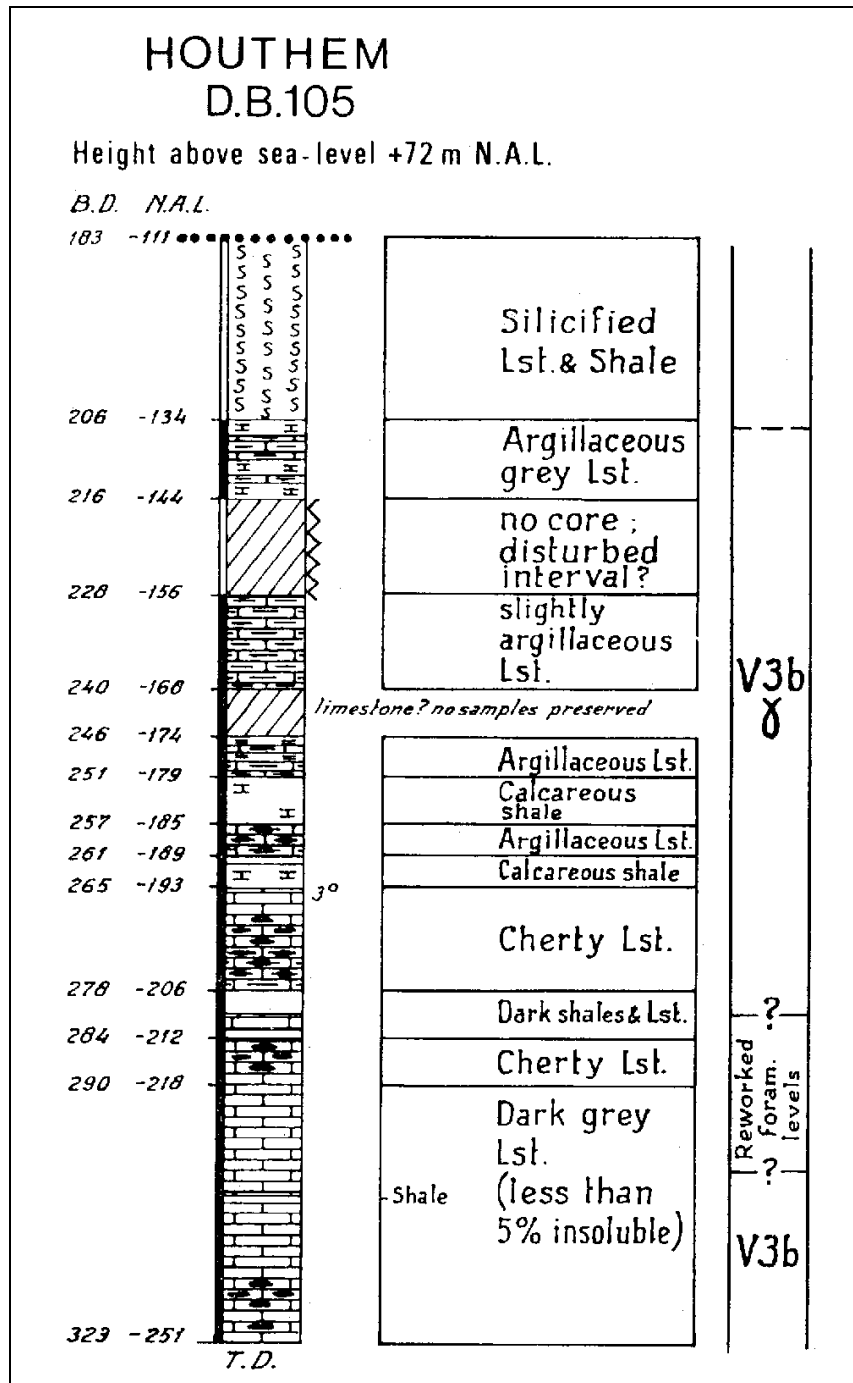
Van de diepboring Gulpen (1920 / 1921) is - naast informatie uit Bless et al, 1976 - slechts een afdruk van een getekend geologisch profiel beschikbaar (fig. 10). De aangegeven lithologische gegevens daarin zijn echter niet noodzakelijkerwijs allemaal even duidelijk. Top Carboon ligt op ca. 66 m (+29.4 m N.A.P.).

Hierop volgt een eerste interval van (waarschijnlijk) siltige schalies en af en toe kwartsitische zand- / siltbanken tot bijna 170 m beneden N.A.P. Met name het onderste deel (ca. 145 m - 170 m -N.A.P.) van deze opwaarts verfijnd lijkende serie, heeft kwartsitische

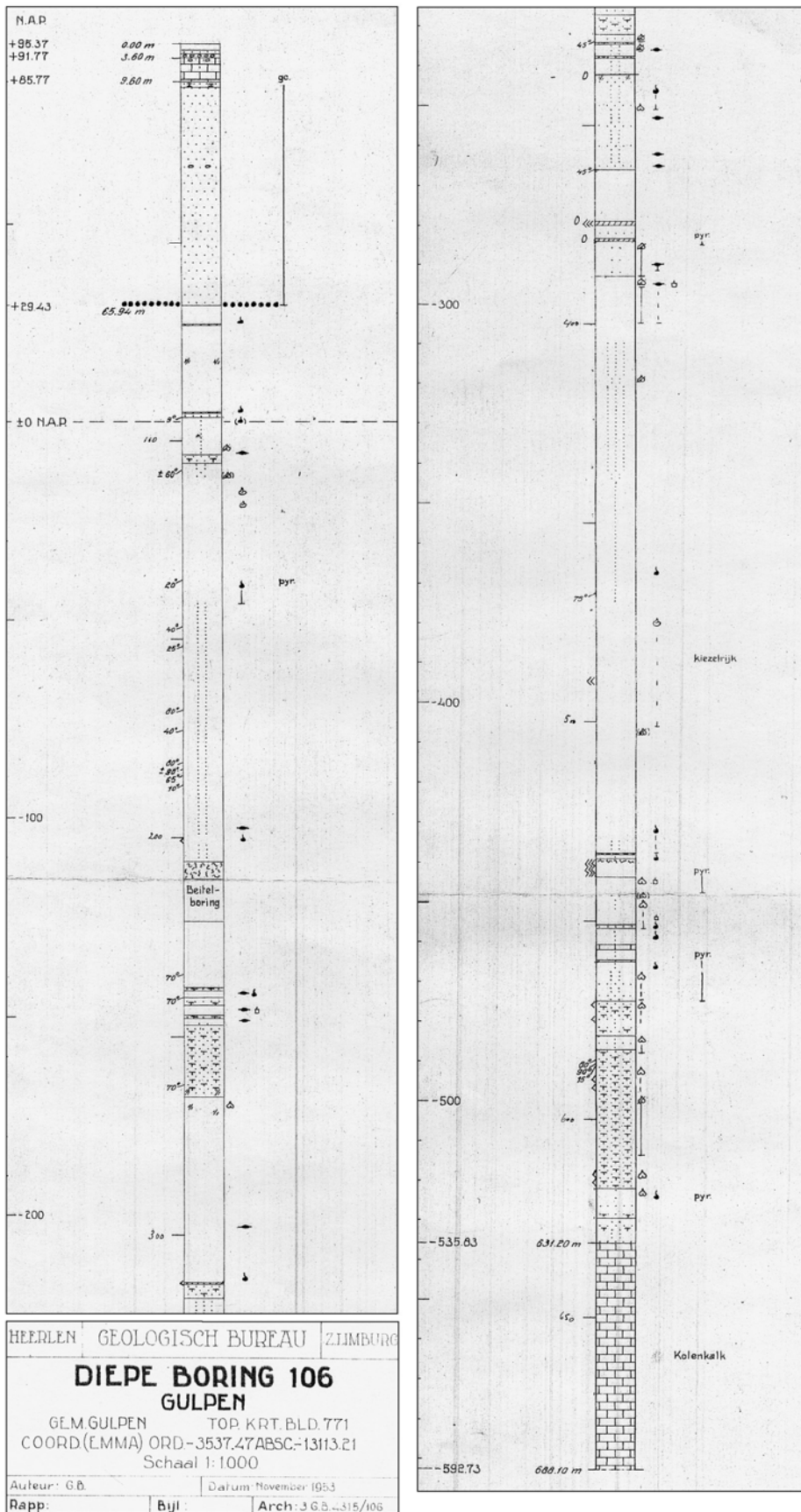


zanden en silten. De i.h.a. hoge hellingshoeken duiden op een vrij steile helling van het gesteente. Bless et al. (1976) geeft hieraan een Namuriaan ouderdom. Het gaat duidelijk om de *formatie van Andenne*.

Van ca. 170 m - ca. 270 á 290 m (-N.A.P.) wordt een eerdere 'fining-up' (?) zone aangegeven, met als voornaamste lithologie opnieuw kleisteen / schalie (?) met onderin wat fijn zandige, en vooral siltige delen. Mogelijk is er een enkel, minimaal kalkig / dolomiet-houdend bankje. Ook dit lijkt voornamelijk op de *formatie van Andenne* te wijzen. Rond ca. 280 m (-N.A.P.) wordt een verstoring gemeld en worden twee bankjes met een onduidelijke (dolomitische?) signatuur aangegeven.



Figuur 9. Lithologie en ouderdommen van de boring Houthem (D.B. 105; naar Bless et al, 1976).



Figuur 10. De voorhanden zijnde informatie m.b.t. de lithologie en fossielinhoud van boring Gulpen (D.B. 106; RGD 1953).

Vanaf ca. 290 volgt m een 'coarsening-up' - in feite dus een 'regressieve' serie - die naar beneden, rond ca. 375 m -N.A.P, overgaat in verkiezelde schalies met goniatieten (tot ca. 405 m -N.A.P.) en schalies (tot ca. 435 m - N.A.P; zie ook Geverik-1).

Daaronder volgt dan op ca. 440 m (-N.A.P) een sterk verstoorde zone (breuk), waarboven nog een kalkbankje (?) en wat fossielhoudende (?) silthoudende schalies voorkomen.

Deze vrij grote zone van verkiezelde mariene schalies, het dunne kalkbankje, maar ook de algemene 'coarsening-up' tendens van de gehele serie, doen toch sterk de *formatie van Chokier* vermoeden tot ongeveer de klaarblijkelijke breukzone.

Onder de bovengenoemde breukzone volgt vanaf ca. 440 m - ca. 520 m (-N.A.P.) vervolgens een regelmatig verstoorde, fossielhoudende zone met een 'fining-up' trend (zie ook Geverik-1). Na enige silthoudende (verkiezelde?) schalies komen op ca. 460 en 465 m (-N.A.P.) daarin enkele kalkbankjes voor, opnieuw gevolgd door deels verstoorde en verkiezelde gesteenten. In de overgangszone van boring Geverik-1 zijn eveneens enige kleine silt-intercalaties beschreven (Van Tongeren & Pagnier, 1987).

In deze serie zijn regelmatig resten van plantenfossielen aangetroffen. Op ca 490 m -N.A.P. is een sterke hellingsverandering gemeten ( $80^\circ$  -  $90^\circ$  versus  $15^\circ$ ), en staat het gesteente deels dus vrijwel verticaal. Ook op deze plaats lijkt een ge- / verstoorde gesteente aanwezig (tektoniek of slumping?).

De opwaarts verfijnende trend van de sedimenten, 'eindigend' in schalies met enkele kalk- en siltsteen bankjes (tot breuk op 440 - N.A.P.) doet denken aan een geheel verkiezelde 'overgangszone' (boring Geverik-1), volgend op de bovengenoemde, opwaarts vergroevende serie vanaf ca. 440 m (-N.A.P).

Dit zou dan de - deels gestoorde - *formatie van Souvré* kunnen zijn die naar onder toe tot einddiepte (waarschijnlijk) overgaat in de verkiezelde kalkstenen van de *formatie van Goérée*.

In Bless et al, (1976) wordt vanaf 536 m -N.A.P tot einddiepte (593 m -N.A.P.) zwarte, gerekristalliseerde kalksteen onderscheiden. Deze lithologie komt dus vrij goed met de hier gesuggereerde *formatie van Goérée* overeen. Naar boven toe - met interruptie door de breuk op ca. 440 m (-N.A.P.) - gaat de *formatie van Souvré* (waarschijnlijk) 'normaal' over in de *formatie van Chokier*.

De gevonden goniatieten op ca. 523 m (-N.A.P; = 618 m maaiveld, Bless et al, 1976) indiceren een 'Arnsbergian' ouderdom (E2a-b; Laat Namuriaan A) voor de schalies van het onderste deel van deze serie, wat bevestigd zou zijn door de paleobotanische determinaties op ca. 530 m (-N.A.P.). Dieper, op ca. 536 m volgen dan de gerekristalliseerde kalkstenen (Bless et al, 1976).

Ook in boring Geverik-1 werd rond het begin van de *formatie van Chokier* een 'Arnsbergian' (E2) ouderdom gemeten (bijlagen 8 en 17 in Van Tongeren & Pagnier, 1987).

*Indien bovenstaande veronderstellingen juist zijn, komt bij de boring Gulpen een opeenvolging voor, die goed in het algemene beeld past en in grote lijnen lithologisch correleert met o.m. de Thermae-boringen, boring Houthem en boring Geverik-1.*

## 3.2 Regionale structuur van het Paleozoïcum.

### 3.2.1 Seismische interpretatie ten noordoosten van Maastricht.

Rond de boring Geverik-1 werd eveneens een beperkt seismisch netwerk geschoten. Dit maakte - samen met de gedetailleerde analyses van kernen en boorgatmetingen en de gegevens uit andere boringen - een voorzichtige analyse van het zuid-Limburgse gebied rond Maastricht mogelijk.

Middels seismische interpretatie werd geconcludeerd, dat het gebied waar deze boring geplaatst is, deel uitmaakt van de noordflank van een grote, enigszins noordwaarts gekantelde, open - doch asymmetrische - anticlinale structuur, met relatief grote golflengte (ca. 15 - 20 km) en lage amplitude. De plooias van de structuur loopt ongeveer oost-west (fig. 11a) en duikt gestaag weg in oostelijke richting (fig. 11b). Deze anticlinale as wordt verondersteld ruwweg ergens te lopen in de buurt van het zuid-Limburgse stadje Meerssen.

De in noordelijke richting op deze anticlinale structuur volgende synform, heeft een as met ongeveer dezelfde richting. Deze as vormt het centrale deel van de Boven Carboon afzettingen waartoe ook de voormalige Nederlandse en oost Kempense mijngebieden behoren (liggen in de zuidelijke flank) en ligt in het oosten deels al in het zuidelijke gedeelte van de Roedal Slenk (jongste Westfaliaan C afzettingen). Meer westelijk ligt deze synclinale as (mogelijk?) nog net ten zuiden van de Roedal Slenk structuur ([jong(st)e?] Westfaliaan D afzettingen in noordoost België). De 'tilt' van deze as loopt dus tegengesteld aan die van de anticlinale as.

De zuidelijke, platliggende flank van de anticlinaal is onder het Paleozoïsch abrasievlak deels geërodeerd. De flauw, en onregelmatig naar het zuiden hellende gesteentelagen blijken door (zuidelijke) opschuivingen hier en daar opgestuwd. De gemiddelde noordwaartse helling van het gesteente is max. ca. 25°. Aan de oostkant en in het centrale deel van het gekarteerde gebied varieert de gemiddelde helling tussen ca. 18° en 20°. De zuidflank van de structuur helt met max. 4° veel minder sterk zuidwaarts.

De gestaag in oostelijke richting wegduikende anticlinale structuur is zelf weer vervormd door flauwe plooien met een kortere golflengte van ca. 4 à 5 km en een relatief wat hogere amplitude. Deze plooiasen hebben ruwweg een noord / noordoost - zuid / zuidwestelijk richting.

De boring Geverik-1 zelf, staat op de west flank van een dergelijke secundaire, antiforme-, en 'dome-achtige' structuur (Van Tongeren & Pagnier, 1987). Eén en ander is te zien op de profielen A-A', en B-B' (fig. 11a, b; 12). Hierop zijn aan top Carboon ook een aantal waarschijnlijke breukdoorgangen aangegeven.

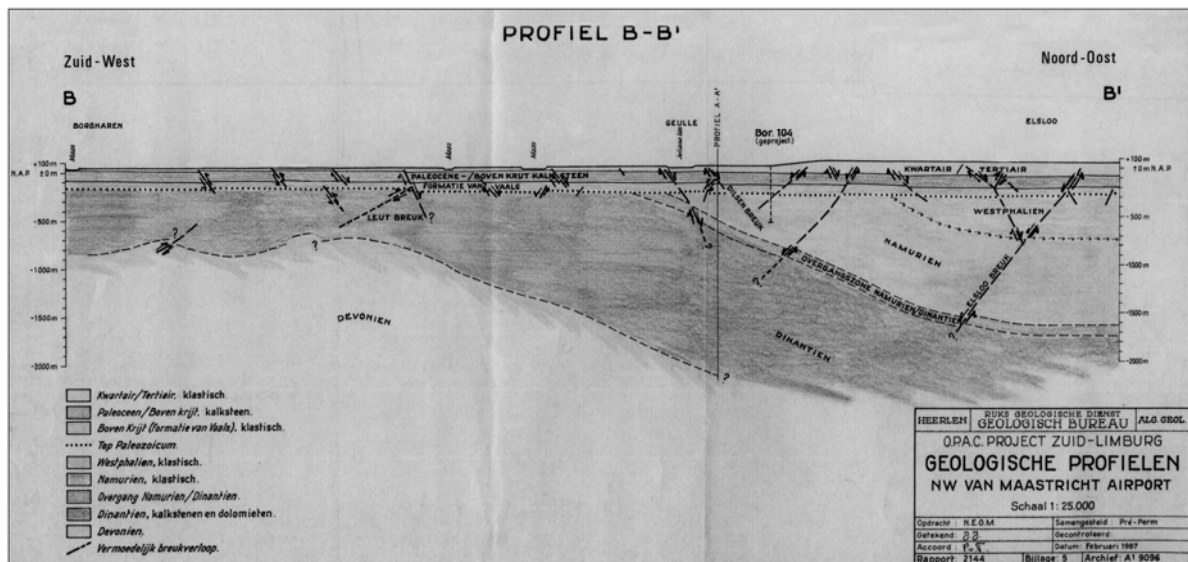
In de boring Geverik-1 zelf, zijn ook enkele grotere, en meerdere kleine breukzones aangetroffen. Analyse hiervan heeft plaatsgevonden middels bestudering van boorkernen en dipmeter gegevens. Naast dichtgecementeerde breukbreccies met calciet, werd op meerdere plaatsen ook breukopvulling met (zwarte) breukklei waargenomen. Er zijn zowel aanwijzingen gevonden voor afschuivingen met oostelijke tot noordoostelijke hellingsrichtingen, als voor afschuivingen met een zuidwestelijke helling (allen hadden 'dips' van rond de 65°).

De boring Geverik-1 is binnen het Viseaan door een relatief flinke breukzone gegaan (van 1125 - 1276 m; helling ca. 65° en strekking noordwest - zuidoost). Zeer waarschijnlijk een afschuiving, met een verzet van ten minste enige tientallen meters.

Volgens de gedetailleerde analyse van (mede) de gamma-boorgatmeting (natuurlijke radioactiviteit) is deze breuk is 'meegenomen' geweest in een **klaarblijkelijk latere (!) opschuiving** met een ca. 30 m verdubbeling. Het 'afvallende' (normal) karakter van de eerste breuk wordt mede ondersteund door biostratigrafische data.

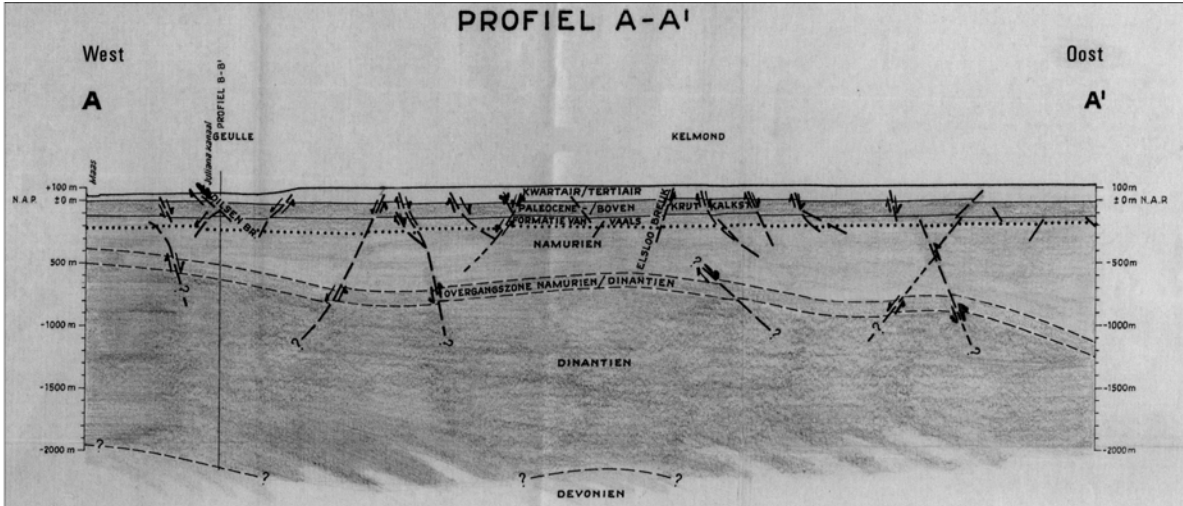
*Interessant (én nieuw) is dus, dat de normale, noordwest - zuidoost gerichte breuk - op deze locatie ten minste - ouder blijkt dan de opschuiving.*

Met behulp van de 'dip'-log (hellingmetingen via microresistiviteiten) werd tevens enige rotatie van deze twee afgeschoven blokken t.o.v. elkaar geconstateerd. Waarschijnlijk dus veroorzaakt door de laatste beweging (*veranderde richting*). Onzeker blijft echter welke (bekende?) breuken hier precies zijn aangeboord (Van Tongeren & Pagnier, 1987).

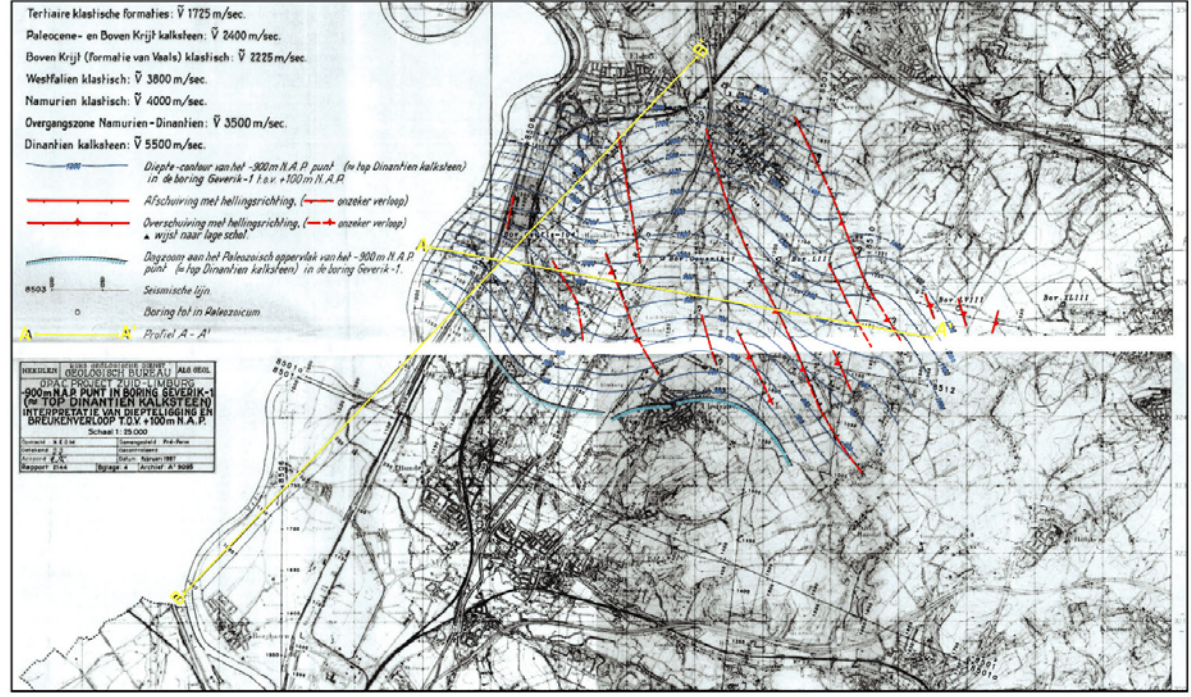


*Figuur 11a. Zuidwest - noordoost profiel B-B' van figuur 12. Onder de bedekkingen van Krijt en Tertiair, vormen de sedimenten van het Carboon een grote, open, antiforme structuur, noordwaarts geleidelijk overgaande in een open synform. Vanwege de enigszins scheve aansnijding van de structuur zijn de werkelijke hellingen groter dan uit de figuur blijkt; m.n. in het noordoosten (Van Tongeren & Pagnier, 1987).*





*Figuur 11b. West - oost profiel A-A' van figuur 12. Onder de bedekking van Krijt en Tertiair duiken de sedimenten van het Carboon onder de vorming van lichte open plooiingen weg in oostelijke richting. Vanwege de niet centrale aansnijding is de werkelijke helling van de oostelijke dip groter dan op het profiel (Van Tongeren & Pagnier, 1987).*



*Figuur 12. Overzicht van de ligging van de profielen van de figuren 11a en 11b in Nederlands zuid-Limburg, evenals de 'subcropgrens' en dieptecontouren van de wegduikende Dinantiaan kalkstenen in noordelijke richting en de gebruikte seismische snelheden.*

**3.3 Analyse van de Paleozoïsche kaart van Nederlands zuid-Limburg.**

De bovenstaande ouderdomgegevens van de Nederlands / Belgische boringen ondersteunen het beeld dat geschetst wordt op het kaartblad van de subcrop van het Palaeozoïcum van Nederlands zuid-Limburg (Felder et al; voormalige Rijks Geologische Dienst Nederland, 1977; fig. 1).

Op deze kaart is in België, ten westen van Maastricht, de subcrop te zien van een stukje Siluur, deels omringt met enige kleine stroken en plukjes Devoon. De breuk aan de oostkant van dit stuk Siluur is geïnterpreteerd als de voortzetting van de Belgisch 'Faille bordière! Deze zou opeens oostwaarts afbuigen en overgaan in de noordoost-zuidwest georiënteerde 70m-overschuiving.

Dit geheel is vervolgens op zijn beurt weer omgeven door het Onder Carboon (Dinantiaan) gevolgd door de subcrop van het Boven Carboon (Namuriaan t/m Westfaliaan C).

Ook zijn op deze kaart vanuit het mijngebied een aantal bekende opschuivingstructuren in zuidwestelijke richting gekarteerd en / of doorgeprojecteerd, en zijn er nog een groot aantal andere breuken aangegeven (deels naar info vanuit boringen, deels van omringende karteringen).

De Vlaamse Voerstreek maakt onderdeel uit van deze Nederlandse kaart.

De plukjes klastisch Devoon ten zuidwesten van Maastricht en ook de Devoon-gesteenten in het uiterste zuidwestelijke grensgebied, zijn inderdaad in verschillende kartereboringen aangetroffen. Van het stukje Devoon ten zuiden van het stadje Visé lijkt de subcrop terecht doorgetrokken onder de Krijt bedekking. Dit deel van de kaart komt goed overeen met de Waalse kaart Dalheim-Herve (Barchy & Marion, 2000; fig. 3) en ook met het Vlaamse kaartblad 34 'Tongeren' (De Geyter, 2001; fig. 2). Ook het stukje Devoon op de Nederlandse kaart daar precies boven (noordelijk), aan de oostzijde van een ruwweg noord-zuid lopende breuk, lijkt redelijk juist en nauwkeurig aangegeven.

De nabijgelegen stukjes Devoon aan de westelijke onderzijde van het Nederlandse kaartblad, begrenst door opschuivingbreuken, zijn inderdaad aanwezig, (kaart Dalheim-Herve, Barchy & Marion, 2000) maar zonder al die breuken. *Op deze locatie is de Waalse kaart is hier zeker meer correct! De "faille d' Aguesses" zou echter niet hiér lopen, maar zuidelijker liggen. Ook de op deze plek getekende breuk (het systeem van de "faille d' Assé"?) zou evenmin doorlopen in de "Heimansoverschuiving" (vlak ten noordwesten van het dorp Vijlen op Nederlands grondgebied; Barchy, 2005, pers. comm.).*

Het Namuriaan in het uiterste zuidwesten van dit kaartblad schijnt ten zuiden van Visé veel dunner ontwikkelt dan in het oosten. Het gaat hier al snel over in afzettingen van Westfaliaan ouderdom (*formatie van Chatelet*). Ook het Dinantiaan is hier dunner.

De bronnen waaruit de klaarblijkelijke gegevens voor de vaststellingen m.b.t. het Siluur en Devoon in Vlaanderen gekomen zijn - in het gebied direct ten westen en zuidwesten van Maastricht - zijn niet bekend. Zeer waarschijnlijk van enkele kartereboringen evenals geofysische kaart interpretaties (magnetisme en zwaartekracht, aanwezig bij de Belgische Geologische Dienst).

De plukjes klastisch Devoon ten zuidwesten van Maastricht en ook de Devoon gesteenten in het uiterste zuidwestelijke grensgebied, zijn eveneens in kartereboringen en / of ontsluitingen aangetroffen (Barchy, 2005, pers. comm.).

*Niet alleen de ligging van de gekarteerde gesteenten, maar ook de dateringen van het Onder Carboon van de boringen op deze kaart - hetzij aan de top (Onder) Carboon subcrop hetzij net onder de resten van de formatie van Souvré (fig. 16) - tonen in hun algemeenheid goed de, weliswaar sterk gebroken en gefragmenteerde, oostwaarts duikende, anticlinale structuur van het gebied.*

*Tevens is zichtbaar dat de transgressieve formatie van Souvré (laatste Viseaan / oudste Namuriaan) over het centrale deel van de anticlinaal-structuur in westelijke richting niet meer aanwezig is. Onduidelijk blijft echter, of dit het gevolg is van 'niet afzetting' of latere*

*erosie. Gezien de algemene structuur, evenals het (waarschijnlijke) optreden van (meerdere? locale) hiaten in de Viseaan-sequenties, lijken deze sedimenten hier toch waarschijnlijk deels niet afgezet.*

Figuren 1 en 16 tonen tevens dat de Carboon subcrop grenzen van de RGD-kaart (Felder et al, 1977) in het algemeen redelijk correct liggen.

Bij de beschikbare beschrijving van de Belgische boring Lanaeken (1898), is in de boorbeschrijving (gedaan door M. Mourlon; in het bezit van VITO, interpretatie Dhr. Forir 1902), een vraagteken geplaatst bij de V2 ouderdom van de top van het geïnterpreteerde Onder Carboon. Hoewel deze ouderdom dus enigszins onzeker blijft - en een hiaat dus eveneens - lijkt op deze plaats een hiaat zeker niet onwaarschijnlijk, gezien de meer proximale positie naar het centrum van de locale anticlinale structuur. T.o.v. de Nederlandse boring Geverik-1 - zonder hiaat, en ca. 8 km oost-noordoostwaarts - verdwijnt eveneens (tenminste) een aanzienlijk stratigrafisch pakket V3 gesteenten.

Goed is op de kaart te zien dat hier - in vergelijking met het Namuriaan aan de oostkant van de Maas - ofwel de dikte van het Namuriaan plotseling flink toeneemt, ofwel, de ligging van het gesteente plots veel vlakker wordt. Het schijnbare dikteverschil op de kaart komt door de geïnterpreteerde aanwezigheid van het onderste Namuriaan in de boring Lanaeken! Naast een voorzichtig veronderstelde vlakkere ligging, zou een medeoorzaak van dit 'plotselinge verschil', breuk(en)activiteit kunnen zijn, in mogelijk samenspel met de lichte (secundaire) oost-west plooiing (fig. 11b). Het Leut-breuksysteem (overgaand in het Geulle-breuksysteem?) lijkt voor dit laatste een goede kandidaat. Als breukzone met een mogelijk horizontale component zou dit tevens deze oost-west plooiing (mede) kunnen verklaren (transpressie).

Eveneens is te zien dat de strook Namuriaan die de Dinantiaan subcrop in het midden, en zuidelijke gedeelte van het kaartblad omgeeft, ook in het zuidoosten duidelijk dikker is dan in het noorden, noordoosten en zuidwesten. Bij een veronderstelde, ongeveer gelijkblijvende regionale dikteontwikkeling van het Namuriaan, indiceert dit inderdaad wat de seismische kartering rond Geverik-1 ook al aangaf: *een naar het oosten toe wat minder, maar naar het zuidoosten en zuiden toe een algemeen afnemende hellingscomponent - en ook andere hellingsrichting - van de gesteenten.* De gesteenten liggen in het zuidoosten in het algemeen duidelijk vlakker, en / of zijn beïnvloed door de op- (over)schuivingen. In het zuidwestelijk deel van het gebied (o.m. ten zuiden van Visé) is het Namuriaan echter duidelijk dunner ontwikkeld, dus hier gaat de aanname van gelijke dikteontwikkeling niet (meer) op.

De RGD-kaart uit 1977 (fig. 1) toont eveneens een soort "refolded fold" structuur, precies ten zuiden van het Dinantiaan contact met de 'Anticlinaal'-overschuiving. Bezuiden deze overschuiving lijkt de isoclinale Laat Carboon plooiing, zoals ook uit het mijngebied bekend, ook meer westelijk nog aanwezig.

Net ten noorden van bovengenoemd contact, is het westelijk deel van de synform te zien, van de Heerlen / Brunssum synclinaal (met een ruwweg noord - zuid lopende, zuidwaarts duikende? plooi-as). Deze synclinaal is goed bekend uit de voormalige Oranje Nassau kolenmijnen rond en onder de Nederlandse stad Heerlen.

Op de kaart is tevens de 'anticlinaal van Puth' aangegeven. Het lijkt echter beter voor deze antiforme structuur de benaming van Sax (1946) aan te houden: 'flexuur', of 'opschuiving(structuur)' van Puth. De seismiek van het Nederlandse koleninventarisatie-onderzoek (Krans et al, 1986) toonde hier in het Carboon geen echte plooi, doch inderdaad



een opgestuwde structuur en (een) centrale, vrij verticale breuk(en). Het ziet er naar uit dat een globaal van west naar oost gerichte druk de opschuiving (noord - zuid) in (en) deze flexuur heeft veroorzaakt, die zelf weer de westelijke flank begrenzing van de Heerlen / Brunssum synclinaal-structuur lijkt te vormen.

Het systeem van isoclinale plooiingen en op- / overschuivingen in de zuidoosthoek van de RGD-kaart (1977) stemt eveneens goed overeen met de verdeling Devoon / Onder- / Boven Carboon op de desbetreffende Waalse kaarten (Laloux et al, 2000).

De klaarblijkelijk vrij vlak liggende Carboon gesteenten van de zuidflank van de “Maastricht anticlinaal”, worden doorkliefd door een aantal noord-zuid gerichte breuken (kaartbladen Dalheim-Herve, 2000, en RGD Paleozoïcum, 1977). Deze hebben een aantal breukblokken omhoog gebracht, waardoor er op een enkele plek zelfs alle Carboon is weggeërodeerd tot op het Devoon gesteente. De noord-zuid gerichte, soms versprongen, Berwinne-breukstructuur, lopend van ca. 5 km ten zuiden van Maastricht tot in de Voerstreek aan de zuidkant van het RGD-kaartblad, lijkt belangrijk in dit gebied.

*In zijn algemeenheid lijken de Namuriaan en Dinantiaan gesteenten in zuidoostelijke tot zuidelijke richtingen vlakker te gaan liggen dan in de tegenovergestelde richtingen. Hierbij spelen zowel ‘tilting’ als opschuivingen waarschijnlijk mede een rol. In de richtingen van vlakke ligging en ‘verdunning’ ([zuid]westen), treden ook direct meer hiaten op. Niet alleen wordt dit mede veroorzaakt door meer intense breukwerking in deze gebieden tijdens deze perioden, maar is het vooral ook een gevolg van bekkenvorming in het noorden tot oosten door de grootschalige kanteling(en) (‘tilting’) van de meer naar het zuidwesten tot zuidoostelijk gelegen gebieden.*

*In het zuiden en vooral in het zuidoosten ontstaan in de loop van de gestaag doorzettende Varistische opheffing opschuivingen en zelfs overschuivingen.*

*Het ziet er naar uit dat de dalingsgebieden ten westen van Maastricht en ten noorden en noordoosten van Visé veel van het oudere Namuriaan en jongere Viseaan materiaal direct geleverd kregen van de nabijgelegen hogen, en dat er over relatief korte afstanden flinke reliëfs aanwezig waren / gevormd werden. Mogelijk heeft dit zelfs ook iets te maken met een oude topografie, gevormd door Silurisch vulkanisme (rhyolytische uitvloeiinggesteenten §4.2).*

## 4 DE VOERSTREEK EN HAAR ZUIDELIJKE GRENSREGIO

### 4.1 Paleozoïsche voorkomens in de Voerstreek.

#### 4.1.1 Devoon

Het oudst bekende Paleozoïsche gesteente dat binnen de Voerstreek aan de oppervlakte dagzoomt, is het Devoon in het uiterste westen (*formatie van Lustin*); ongeveer in het midden tussen het Waalse stadje Visé en het Vlaamse stadje Voeren. Het hier ontsloten Devoon heeft een Boven Devoon ouderdom (Vroeg Frasniaan) en bestaat hoofdzakelijk uit dolomieten, schalies en kalkstenen (De Geyter et al, 2001).

Op de deels aansluitende Waalse kaart Dalhem-Herve (Barchy & Marion, 2000) zijn eveneens kleine stukjes van dit hier ontsloten Devoon gekarteerd in de dalen van de rivier de Maas en het riviertje Berwinne; respectievelijk net ten noorden van de dorpjes Richelle en Dalhem. De gesteenten van deze ontsluitingen behoren tot de *formatie van Lustin*. Ze worden zelfs gekenmerkt als representatief voor deze formatie (Barchy & Marion, 2000).

De Devoon gesteenten in het noordelijk aansluitende, westelijke puntje van de Voerstreek, tussen het Vlaamse dorp Moelingen (Mouland) en het Waalse dorpje Berneau, worden eveneens tot deze formatie gerekend.

#### 4.1.2 Carboon

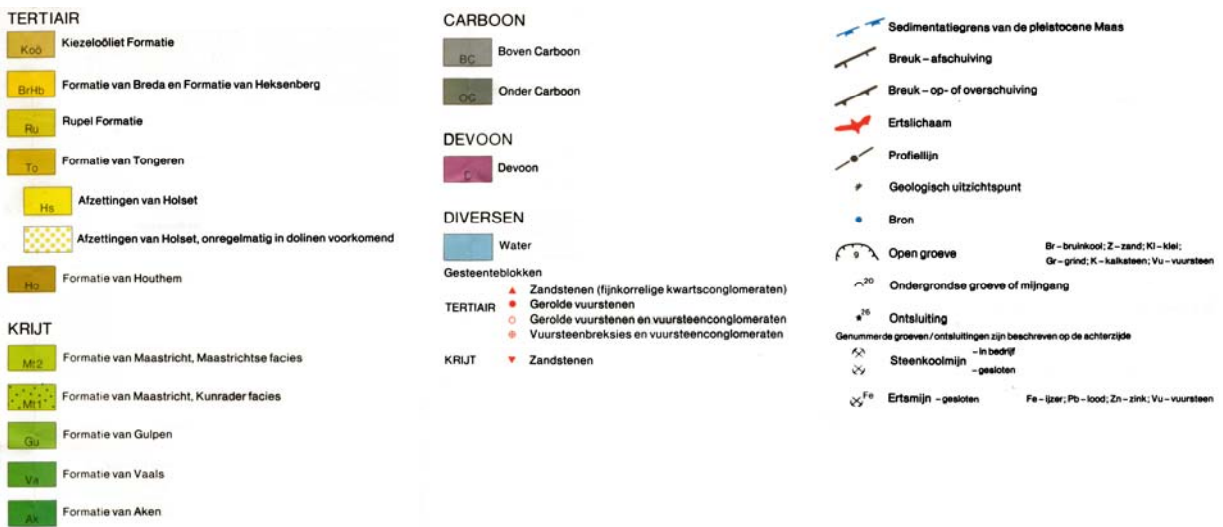
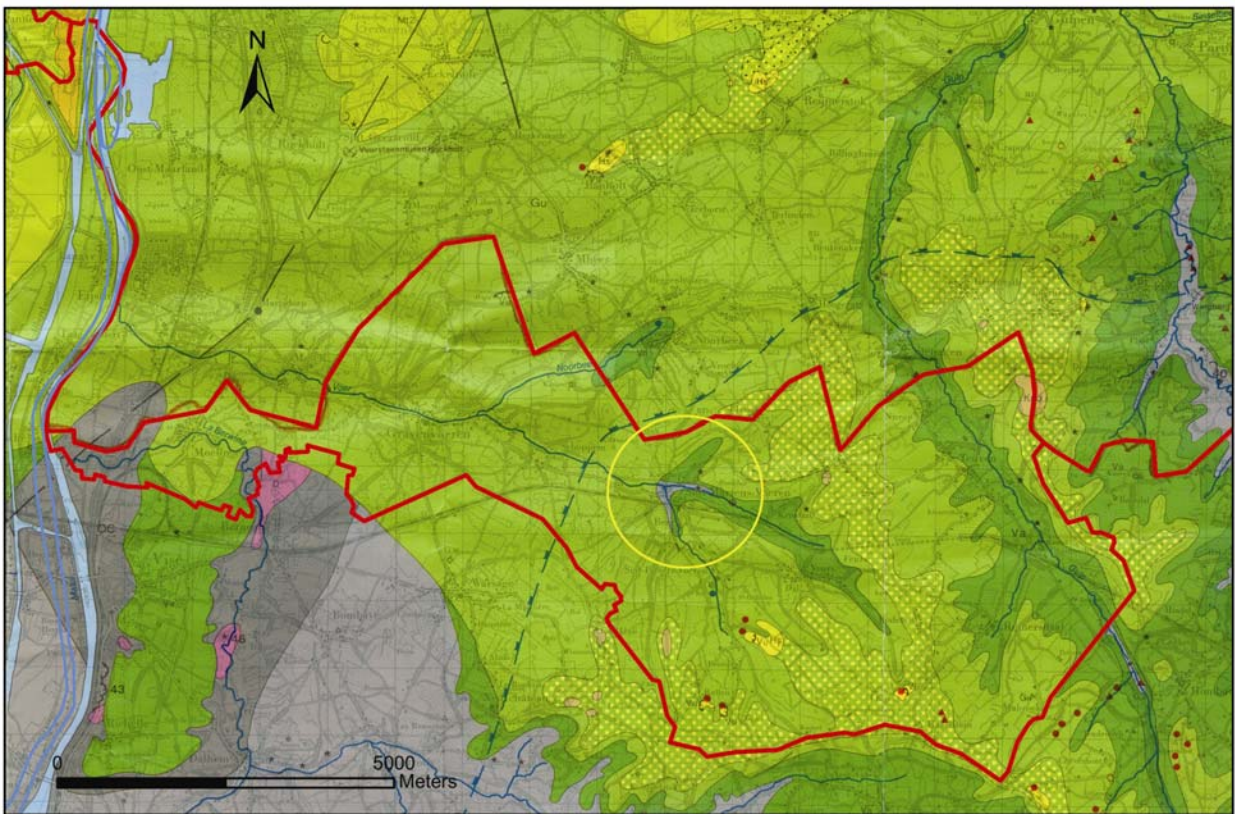
In het meest westelijke deel van de Voerstreek, in het dal van de Maas, dagzomen hier en daar gesteenten van het Dinantiaan (Onder Carboon; kaartblad Paleozoïcum, Felder et al, 1977; fig. 1; kaartblad Tongeren, De Geyter et al, 2001; fig. 2; en kaartblad Dalhem-Herve, Barchy & Marion, 2000; fig. 3). Deze gesteenten behoren tot de *formatie van Visé* - type lokaliteit: de oude steengroeven direct ten zuiden van het stadje Visé op de oostelijke oever van de Maas - en de *formatie van Souvré* (Poty, 1985, fig. 14).

In het westelijk deel van de Voerstreek, ca. 2,5 km ten oosten van Visé, dagzoomt de formatie van Berneau (kalk-turbidieten; ouderdom Vroeg Warnantiaan - Laat Moliniaciaan; Muchez et al, 1987) langs een deel van het spoorwegtracé van de lijn Tongeren - Aachen (zie § 2.2.1).

Evenals het kaartblad Tongeren (De Geyter et al, 2001; fig. 2) toont de 'Pré-Quartair' kaart van de serie 'Geologische kaarten van zuid-Limburg en omgeving' - eveneens van Felder et al. (1977; fig. 14) - in / rond St. Martens-Voeren een ontsluiting van Boven Carboon schalies. De ontsluiting wordt veroorzaakt door de insnijding van het riviertje de Voer en een zijdal-splitsing, en lijkt - volgens de Paleozoïsche kaart in bovengenoemde serie - aan de westzijde tevens (ruwweg) begrenst te worden door een noord/noordwest-zuid/zuidoost lopende, ('doorgekarteerde') breukstructuur, de 'Eckelrader' breuk. Hoewel zeer onzeker, zou deze breuk de noordelijke voortzetting kunnen zijn van de meest westelijke (?) van de ruwweg noord-zuid gerichte breuken die gekarteerd zijn in het oostelijke deel van het, zuidelijk van de Voerstreek liggende, Waalse kaartblad Dalheim - Herve (Barchy & Marion, 2000; fig. 3). De schalies zouden behoren tot het Namuriaan en ruwweg aansluiten bij de Namuriaan gesteenten tussen Dalheim en Aubel (in Wallonië; zie ook RGD-kaart van

Felder et al, 1977). Westfaliaan A (*formatie van Châtelet*) zou in de Voerstreek niet voorkomen.

Naar de Vlaamse lithostratigrafische indeling (Laenen 2002) lijken deze schalies te behoren tot de *formatie van Andenne* (Laat Serpukhoviaan - Vroeg Bashkiriaan [Laat Chokeriaan - Yeadoniaan]). Ze zouden dan correleren met het jongere deel van de > 800 m dikke Namuriaan strata die aangetroffen werden in de boringen Geverik-1 (Van Tongeren & Pagnier, 1987) Gulpen en Epen-1, evenals met het Namuriaan in een aantal boringen in de voormalige Nederlands zuid-Limburgse mijnbouwzone.



Figuur 13. Geologische kaart van zuid-Limburg en omgeving; gedeelte van de Pré-Quartair kaart (Voormalige Rijks Geologische Dienst van Nederland; Felder et al, 1977). Bij de insnijding van het riviertje de Voer en een kleine zijtak, staat bij St. Martensvoeren een kleine ontsluiting van Boven Carboon schalies (formatie van Andenne) aangegeven. Tevens is het deels ontsloten Dinantiaan in de omgeving van het stadje Berneau (deels: formatie van Berneau) aangegeven.

### 4.1.3 Boring 's-Gravenvoeren.

In de Vlaamse Voerstreek ligt de *boring 's-Gravenvoeren* ruim 5 km ten noordoosten van het stadje Visé. In deze boring werd een pakket van ruim 450 m van een 'kalkturbidiet'-sequentie doorboord. De basis van de 'turbidiet'-sequentie werd hier niet bereikt. Deze gesteenten staan bekend onder de naam: *formatie van Berneau*. Over deze 'turbidiet'-serie heen liggen weer jongere, ondiep mariene platformkalken van de *formatie van Visé* (Mucheux et al, 1987).

*De turbidiet- en geassocieerde afzettingen van de formatie van Berneau zijn lateraal te correleren met de nabijgelegen 'hellingafzettingen' bij Visé. Ze zijn echter van een V2a - Laat V3by ouderdom (Laat Moliniaciaan - Mid-Warnantiaan).*

*De turbidiet-afzettingen van boring Geverik-1 (formatie van Goérée) vertegenwoordigen dus duidelijk een latere, hoewel dus aansluitende, afzettingsfase (ruwweg vanaf Vroeg V3by - overgang Viseaan V3c / Namuriaan).*

*De ouderdommen van beide formaties suggereren een faciële verplaatsing in noordelijke richting. Tevens kan geconcludeerd worden dat de formaties van Goérée en Berneau in wezen tot één, diachroon lopende, formatie gerekend kunnen worden.*

Deze turbidiet- en geassocieerde afzettingen verplaatsten zich dus vanuit het zuiden (gebied rond Visé; het Hoog Booze - Le Val Dieu; Poty, 1991) - en, mede gezien de algemene faciële ontwikkelingen, ook vanuit het (zuid)westen - geleidelijk in noordelijke richting(en). Eén en ander ten gevolge van gestaag doorzettende, Varistische tectogene invloeden (bewegingen breukschollen).

Bij het stadje Berneau en omstreken was er dus éérst het 'Booze Le Val Dieu Hoog' dat zowel bij, als vlak ten noorden en oosten van (o.m.) Visé, turbidieten leverden. Vervolgens werd het bekken ondieper (zeespiegelfluctuaties en / of opheffing en / of grotendeels opvulling) en breidde het kalkplatformgebied zich - vanuit het zuiden en zuidwesten - o.m. in noordoostelijke richting opnieuw enigszins uit. Zeer waarschijnlijk was er een gelijktijdig een complete, (lichte?) bekkenkanteling (dus lichte opheffing) naar het (noord)oosten. Dit (deze) uitgebreide platform gebied(en) lever(en)t in latere tijden vervolgens de noordelijker - en waarschijnlijk nog wat verder -gelegen 'turbidiet'-sequentie bij Geverik-1.

Langzaam doorzettende noordoostelijk gerichte, complete bekkenkanteling, in samenspel met (relatieve) zeespiegelstijging(en) in het Visé-Maastricht-Epen\* gebied, zorgde er voor dat tijdens de Viseaan / Namuriaan overgang de transgressieve gesteenten van de *Souvré formatie (formatie van Gottignies)* zich vanuit de diepere delen van het bekken, discordant over het (deels geërodeerde) platformgebied konden afzetten. Deze transgressieve, of misschien beter: verdiepingsfase ging in het wat noordelijker gelegen gebied door tot in het (Vroeg) Namuriaan (Brits: Pendleiaan / Vroeg Arnsbergiaan) terwijl het zuid(oost?)elijk tot zuidwestelijk achterland zich waarschijnlijk nog (in gedeelten?) wat verder ophieven.

Het gegeven dat in het gebied van Visé het Tournaisiaan geheel ontbreekt (Visé-gebied / boringen, Boring Hermalle-sous-Argenteau; zie § 4.2 hierna) en dat sedimenten uit deze etage wél aan de noordzijde van Maastricht teruggevonden zijn (boring Kastanjelaan-2) toont dat de "algemene, noord-(noord)oostelijke verdieping" t.o.v. het Visé-gebied tenminste al aan het begin van het Carboon aanwezig was. De aanwezigheid van een geleidelijke overgang van het Carboon naar het Laat Devoon bij Maastricht (Tournaisiaan /

---

\* Het dorp Epen ligt ca. 2,5 km ten noorden van de Belgisch / Nederlandse grens en ca. 17 km ten zuid / zuidoosten van Maastricht.

Struniaan / Laat Famenniaan, boring Kastanjelaan-2, § 3.1) toont zelfs dat - gezien de Laat Devoon hiaten in de gebieden van het kaartblad Dalheim-Herve e.d. - de zuidelijke opstuwingen versus de geleidelijke noord- / oostelijke dalingstrend, al in gang gezet waren tijdens het Late Devoon.

De ouderdommen van de platformkalken van de Nederlandse boring Heugem-1/1a zijn vergelijkbaar met die van kalkturbidiet-facies van de *formatie van Berneau* (Laat Moliniatiaan - Vroeg Warnantiaan).

## 4.2 Enige verdere regionale boorgegevens en implicaties.

Uit een aantal boringen binnen, en in de omgeving van kaartblad 42/3-4 (Dalheim-Herve) zijn nog enkele andere gegevens bekend over het Carboon en Devoon, o.a:

### Boring Bolland (1962).

Met een einddiepte van ca. 3001 m is deze boring regionaal in stratigrafisch opzicht erg belangrijk. De boring ligt ruim 6 km ten zuid-zuidoosten van het dorpje Dalhem (kaart 1:50.000, Dalhem-Herve 42/3-4; Barchy & Marion, 2000; fig. 3), zo'n 12 km ten zuiden van het dorpje Voeren in de Voerstreek) en ca. 13 km ten oosten van Luik.

Volgend op de 'Groupe Houiller' (50 - 467 m; Namuriaan, *formatie van Andenne*) toont de boring 'Bolland' van ca. 467 m tot ca. 542 m gesteenten uit het Onder Carboon. Van 467 tot 526 m wordt slechts 'ongedifferentieerd' "Dinantiaan" aangeduid (Barchy & Marion, 2000). *Klaarblijkelijk ontbreken hier in het zuiden de formaties van Souvré en Chokier, en waarschijnlijk ook die van Goérée en Berneau.*

Van ca. 526 m - ca. 545 m zijn de Dinantiaan-gesteenten ingedeeld bij de gesteenten van de 'Bilstain Groep' (Tournaisiaan), en geïnterpreteerd als de *Point d'Arcole formatie*.

*Het Tournaisiaan is hier waarschijnlijk niet geheel volledig, maar dus nog wel aanwezig!*

Hieronder volgen gesteenten van Devoon ouderdom:

van 545 - 786 m: de *formaties van Montfort en Evieux* (Boven Famenniaan)

van 786 - 789 m: de *formatie van Souverain-Pré* (Boven Famennian)

van 789 - 817 m: de *formatie van Esneux* (Boven Famennian)

van 817 - 844 m: de *formatie van Hodimont* (de formatie wordt vaak samen genomen met de onderliggende *formatie van Lambermont*)

van 844 - 886 m: de *formatie van Lambermont* (Famenniaan).

*Dit lijkt een normale opeenvolging.*

Na 886 m volgt een breuk, waarna opnieuw de 'Groupe Houiller' wordt aangeboord (886 - 947 m); daaronder wordt vervolgens meteen weer Devoon aangetroffen: van 947 - 1025 m, de *formaties van Montfort en Evieux* (Boven Famenniaan).

*Tussen het Boven Carboon en het Boven Devoon ontbreekt op deze plek in de geboorde sequentie het Onder Carboon dus geheel.*

*Gezien de gehele opeenvolging tot hier toe, én omdat er in de sequentie al eerder Onder Carboon is aangetroffen (Tournaisiaan), ziet het er naar uit dat hier een sequentie waarin een kleiner tijdhiaat zit (er is nog Tournaisiaan!) over een onderliggend sequentiestuk geschoven is met een groter tijdhiaat (gehele Onder Carboon is weg!).*

Na 1025 m volgt opnieuw een breuk, waarna weer opnieuw de ‘Groupe Houiller’ wordt aangetroffen (1025 - 1107 m). Wederom volgt dan direct Devoon met:

van 1107 - 1291 m de *formaties van Montfort en Evieux* (Boven Famenniaan),

van 1291 - 1335 m de *formatie van Aisemont* (Boven Frasniaan)

van 1335 - 2785 m de *formaties van Acoz* (Praguiaan {Onder? Emsiaan? / Boven Siegeniaan}), *Nonceveux, Bois d’ Ausse* (Lochkhoviaan {Onder Siegeniaan}) en *Marteau* (Lochkoviaan {Gedinniaan}).

Van 2785 - 3001 m wordt dit voorafgegaan door een formatie van schisten van Onder Palaeozoïsche ouderdom.

*De breuk op 1025 m is dus opnieuw een opschuiving.* De Devoon-sequentie lijkt min of meer normaal - ofschoon er waarschijnlijk hier en daar wel enkele kleine hiaten in zullen optreden - en de Carboon / Devoon sequentie lijkt voor het identieke deel tussen beide breuken zowel als daaronder, niet fundamenteel verschillend.

*De eerste breuk op 886 m scheidt daardoor pakketten met een werkelijk verschillende stratigrafische ontwikkeling, terwijl de breuk op 1025 m dat niet doet! De eerste breuk op 886 m lijkt daarom de meest belangrijke.*

*Indien de breuk van 1025 m gezien wordt als een normale opschuiving, moet de breuk van 886 m gezien worden als een meer bijzondere opschuiving: waarschijnlijk is het een overschuiving. Indien dit zo is, ligt het breukvlak in principe doorgaans vlakker dan dat van de andere breuk(en) en dan is de (gewonere) opschuivingsbreuk van 1025 m ook ouder. De ouderdom van de overschuiving is dan in ieder geval post-‘Houiller’ (Namuriaan) geweest.*

Het zou interessant zijn om op / rond het breukvlak van 886 m duidelijke aanwijzingen voor een overschuiving te zoeken (aanwijzingen via slickensides, boudinages, mylonitisaties).

De oorsprong van de overschoven gesteenten moet op een andere locatie gezocht worden, en wél dàar, waar zich eenzelfde Tournaisiaan - Famenniaan overgang voordoet. Dit is in ieder geval niet in het noorden en (noord)oosten, noch in de westelijke gebieden van Visé en Hermalle-sous-Argenteau, waar immers de *formatie van Lustin* ontwikkeld is.

*Wat overblijft voor de ‘overschuiving’ is dus een min of meer zuidelijke oorsprong (zuidwest - zuidoost).*

Verdere implicaties.

Volgens Barchy & Marion, (2000) liggen Boven Devoon *formaties van Evieux / Montfort en Hodimont* (Famenniaan) over de Boven Devoon *formatie van Lustin*; en zijn dus jonger. Beide formaties ontbreken in de regio van Visé, Hermalle-sous-Argenteau en ten noorden van Booze-Val Dieu. Ten opzichte van de dagzomende *formatie van Lustin* in het zuidwesten van de Voerstreek, verdwijnt hier dus ook deze formatie binnen een relatief korte afstand (ca. 6 km of minder), tenzij er sprake zou zijn van andere (gelijke) ouderdommen in combinatie van faciële wisseling(en).

*Ten opzichte van de geleidelijke Devoon - Carboon overgang in boring Kastanjelaan-1a echter, ziet het er naar uit dat er in zuid- en zuidoostelijke richting steeds meer, en grotere hiaten optreden.*

Kennelijk ontbreekt er in deze boring op 1291 m een stuk stratum tussen de *formatie van Aisemont* en de *formatie van Montfort en Evieux*. Dus tussen de gesteenten met een Boven Frasniaan en een Boven Famenniaan ouderdom. De blijkbaar ontbrekende, tussenliggende

formaties (*formaties van Souverain Pré; Esneux en Hodimont / Lambermont*) komen echter wél voor in het stratum-deel boven de breuk van 886 m. Er is in de opgeschoven pakketten daaronder dus ten minste één hiaat / (flink) diasteem aanwezig.

*Dit laatste toont opnieuw dat het gesteentepakket boven de breuk op 886 m van een geheel andere locatie moet komen dan de gesteenten er onder.*

Op de locatie van de boring *Bolland* komen dus klaarblijkelijk zowel een opschuiving als een overschuiving voor, en ontbreekt in de aanwezige gesteentepakketten onder beide breuken tevens het gehele Onder Carboon evenals (waarschijnlijk nog [flinke?]) delen van het bovenste Devoon en zelfs het Boven Carboon. Bijvoorbeeld de respectievelijke formatie[s] van *Etroeungt, Comblain-au-Pont, Dolhain* en ook formatie[s?] van Namuriaan ouderdom (*Chokier; deel Andenne?*). Omdat er hier ook géén breuken geconstateerd zijn, indiceert dit eveneens de aanwezigheid van een aanzienlijk hiaat, dat - gezien de grootte! - zeker een (over)regionale verbreiding moet hebben.

Tevens lijkt er een hiaat aanwezig tussen de *formaties van Aisemont en Acoz*; dus tussen het Laat Famenniaan en het Vroeg ? Emsiaan? / Laat Siegeniaan (het ontbreken van het Vroeg Famenniaan en {Laat?} Emsiaan?).

In de gesteenten die boven de breuk van 886 m zijn aangetroffen, ontbreekt in deze boring tussen de *Groupe Houiller* (Namuriaan) en de gesteenten van de *Bilstain Groep* (Hastariaan = Vroeg Tournaisiaan) eveneens een flink deel van het Onder Carboon. Blijkbaar zijn hier de gesteenten van het Viseaan afwezig, evenals - waarschijnlijk - ook nog (gedeelten van?) het Ivoriaan (= Laat Tournaisiaan. Dit wijst wederom naar een aanzienlijk - maar qua tijdsperiode minder, en daarom mogelijk iets kleiner - regionaal hiaat.

Omdat onder de beide aangetroffen breuken (ten minste) het gehele Onder Carboon ontbreekt - en niet alleen het gehele Viseaan en het Ivoriaan - zoals boven de breuk, is dit opnieuw een aanwijzing dat de delen onder beiden breuken (meer) bij elkaar horen dan het gedeelte boven de breuk van 886 m. De stratigrafisch allebei anders ontwikkelde gesteentepakketten moeten toch van een verschillend gebied stammen.

### **Boring Hermaille-sous-Argenteau.**

Deze boring op de linkeroever van de Maas bij het stadje Hermalle-sous-Argenteau, heeft een einddiepte bereikt van 353 m.

Na het Quartaire alluvium, werd op ca. 10 m diepte de ‘Groupe Houiller’ aangetroffen (10 - ca. 44 m).

Naast een kleine zone van de ‘Groupe Houiller’ (ca. 10m - ca. 44 m) werd tussen ca. 56 m en ca. 218 m de *formatie van Visé* aangetroffen (Barchy & Marion, 2000). Tussen deze beide afzonderlijk genomen stratumdelen is van ca. 44 m - 56 m in deze boring een aparte, verkarste en gebreccieerde zone aangetroffen met (blijkbaar) zowel Onder- als Boven Carboon elementen (Viseaan en Namuriaan elementen) aan de top. Hierop volgt dan dus van ca. 56 m - ca. 218 m de formatie van Visé.

Daarna, van ca. 218 - 300 m volgt een gesteentebreccie waarin elementen van Devoonse, Frasniaan kalken voorkomen.

Van ca. 300 m - ca. 309 m wordt dit gevolgd door *formatie van Fromelennes?* (Givetiaan) en van ca. 309 m - ca. 338 m door Devoon gesteente van mogelijk Givetiaan ouderdom.



Van ca. 338 m - 353 m (einddiepte) volgt ten slotte eruptief gesteente van een formatie uit het Onder Paleozoicum (Siluur; Poty, 1985).

*In deze boring ontbreekt dus een flink deel van het Laat Devoon (Famenniaan), wat - hoewel onvolledig! - nog wél aanwezig blijkt op de locatie van de eerder genoemde boring Bolland. Met name elementen uit het Famenniaan zijn niet in het 82 m dikke breccietraject aangetroffen (wél Frasniaan! kalkfragmenten van de formatie van Lustin). Hierbij doet zich echter toch wel de vraag voor, of er in deze boring mogelijk niet één (of meerdere?) breuk(en) gemist (zijn) is, b.v. door de breccieuze aspecten van grote delen van het gesteente. De formatie van Fromelennes wordt op basis van microfauna dateringen gerekend tot het Givetiaan. De formatie zou het laterale equivalent zijn van de formatie van Roux (Laloux et al, 2000). Vanwege het gebrek aan ontsluitingen en de moeilijkheid om ze goed te scheiden, worden de formaties van Névremont en Roux doorgaans samen genomen. Deze laatste corresponderen op hun beurt weer met de "Unteren Massenkalk" van de 'Duitse auteurs' (de secties bij het dorp Friesenrath, Duitsland).*

*De formatie van Roux wordt gevormd door ca. 4 m schalies en een 40 - 50 m dik pakket van afwisselend dolomieten en bioklastische kalkstenen die hierdoor bedekt worden. De bovenste 20 - 30 m van dit kalksteenpakket is zeer fijn gelamineerd, met geheel bovenin een aantal inschakelingen van rifachtige structuren en organismen*

*De laterale overgang van de meer oostelijke kalken (Duitse zijde, formatie van Fromelennes) en de formatie van Roux (meer schaliehoudende kalken en tevens van meer 'opbouwende organismen') zou zich echter pas ten zuidoosten van de Voerstreek moeten voltrekken (in het gekarteerde gebied van de kaarten: 35/5-6, 43/ 1-2 en 43/3-4; Laloux et al, 2000).*

Ook ontbreken in deze boring het gehele Onder-Devoon (Emsiaan, Siegeniaan en Gedinniaan) en een vroeg deel van het Midden Devoon .

*Deze boring toont wél, dat de aangetroffen Devoon gesteenten (qua ouderdom; Givetiaan, Frasniaan) goed aansluiten bij de Devoon kalken van de Lustin formatie (Vroeg Frasniaan) die in deze boring waarschijnlijk (deels) zijn geërodeerd / gebreccieerd, maar daar vlakbij - op de rechteroever van de Maas - ontsloten zijn.*

Tussen het aangetroffen Carboon (Formatie van Visé; ouderdom: Viseaan) en het Devoon (Frasniaan) bestaat hier eveneens een flink stratigrafisch hiaat. Niet alleen het Tournaisiaan (Ivoriaan en Hastariaan) ontbreekt hier in het Onder Carboon geheel, maar tevens het Struniaan (overgangszone Onder Carboon / Boven Devoon) evenals het Famenniaan in het Boven Devoon. *Er blijkt zo dus tevens een hiaat t.o.v. de ca 10 km noordelijker gelegen Nederlandse boring Kastanjelaan in Maastricht (Bless et al, 1981), waar Tournaisiaan en Struniaan sedimenten wél voorkomen in een (ogenschijnlijk) ongeïnterrumpeerde sedimentatiesuite.*

In vergelijking met de geologie van de sequentie(s) onder de breuk van 1025 m in de boring 'Bolland' meer naar het zuidoosten, is het hiaat onder de 'Groupe Houiller' bij boring *Hermaille sous Argenteau* dus veel kleiner voor wat betreft het Onder Carboon en - mogelijk - weer iets groter in het Boven Devoon.

### **De 'K'-groeve boringen van Visé.**

Naast de ontsluitingen langs de oostkant van de Maas en bij de Berwinne, zijn in de Visé-regio ook de exploratieactiviteiten in de verschillende kalksteengroeven van belang (fig. 14; Poty, 1985). Hieronder vallen ook de boringen in de 'K'-groeve.

Deze boringen (1 en 1bis) liggen slechts op ongeveer 6 m van elkaar, binnen de kalksteengroeve 'K', ca. 1 km ten zuiden van het stadje Visé, nog benoorden het dorpje Richelle.

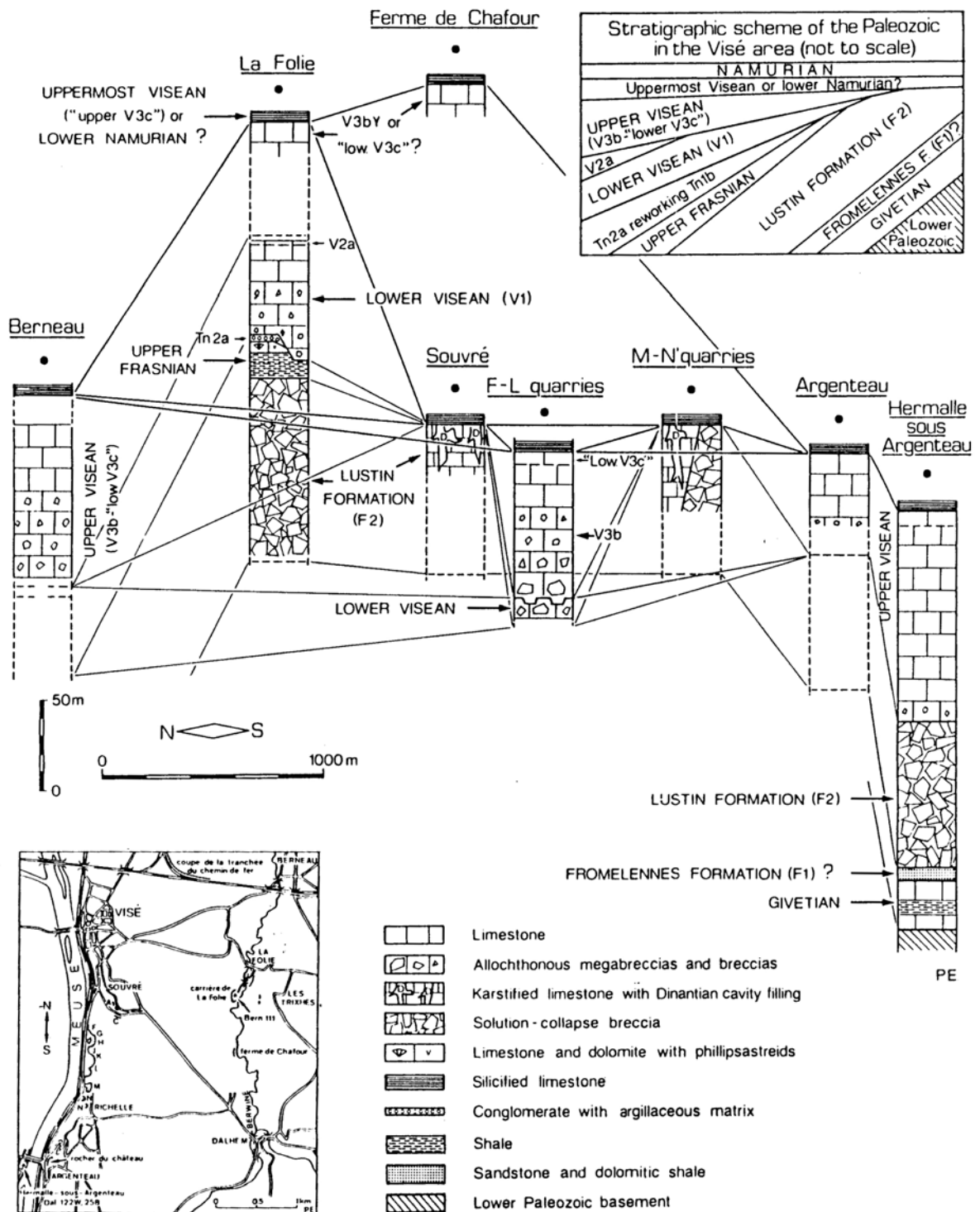
In boring 1, zijn - na gesteenten van het Onder Carboon (9 m - ca. 83 m sedimentaire breccie; geïnterpreteerd als *formatie van Visé*) - vanaf ca. 83 m - ca. 88 m schiefers doorboort, die waarschijnlijk tot het Boven Frasniaan behoren. Daaronder is vervolgens van ca. 88 m tot ca. 180 m diepte, de aanwezigheid van de formatie van Lustin geïnterpreteerd (Vroeg Frasniaan). Dit lijkt dus op een vrij normale opeenvolging (geen echt 'grote' hiaten). Van ca. 180 m - ca. 199 m wordt deze serie voorafgegaan door een conglomeraat van Onder Frasniaan tot mogelijk(?) Givetiaan ouderdom (Barchy & Marion, 2000).

Vanaf ca. 199 m wordt dit gesteente op haar beurt voorafgegaan door een honderdtal meters eruptieve, veelal breccieuze, zure vulkanische gesteenten (rhyolieten; Barchy & Marion, 2000; Goemaere en Vandeven, 2001?). Het lijkt wel of er hier op het contact vooral Boven Devoonse conglomeratische, 'supra-tidal' kiezelstrandafzettingen zich langzaam transgressief afzetten over oudere, deels verweerde en gebreccieerde uitvloeiinggesteenten (ignimbrietten, voornamelijk metarhyolieten). Het Boven Devoon transgredeert over de vulkanische (helling?)afzettingen (verklaring voor de hoge 'dips' in de rhyolietische series?). Deze rhyolietische afzettingen zouden gemetamorfoseerd zijn, wat wijst op hoge temperatuur (maar: vulkanisme!) en druk condities na / tijdens afzetting. Mogelijk zijn ze van Siluur ouderdom (Barchy & Marion, 2000).

Ondanks hun vrijwel gelijke locatie, tonen de beide boringen 1 en 1bis, niet geheel dezelfde opeenvolging en ligt de Devoon / vulkaniet-grens in de ene boring ca. 26 m dieper dan in de andere. Door Barchy & Marion, (2000) worden hiervoor synsedimentaire Devoon-breuken als mogelijke oorzaak aangegeven. Niettemin zouden hier ook vroegere, contrastrijke, topografische elementen een rol kunnen spelen (plus enige boordeviatie?).

*Opnieuw zien we dat van het Onder Carboon, in ieder geval het Oud Dinantiaan - m.n. het Ivoriaan, Hastariaan en ook de Carboon -Devoon overgangsetage van het Struniaan - ontbreken. Dit is interessant, omdat deze laatste etages nog wel onder de Nederlandse stad Maastricht zijn aangetroffen in de boring Kastanjelaan in een geleidelijk lijkende overgang.*

*Gezien het hier optredende hiaat tussen het Carboon (formatie van Visé) en het Devoon (Laat Frasniaan; Tournaisiaan en Famenniaan ontbreken) sluiten deze 'K-groeve'-boringen goed aan bij de sequenties die in de boring Hermalle-sous-Argenteau zijn aangetroffen. Dit geldt eveneens voor de Silurische (?) uitvloeiinggesteenten.*



Figuur 14. Schematisch overzicht van de Palaeozoïsche secties van ontsluitingen en in exploratieboringen in het gebied Visé - Berwinne (naar: Poty, 1985).

### De boring van "la Ferme de Genistreu".

Deze boring reikte slechts tot 35 m diepte. Genistreu ligt op het kaartblad 42/ 3-4 (Dalhem-Herve) ca. 1 km noord van het dorpje Richelle aan de Maas en ca. 1,5 km ten west /

noordwesten van het dorp Dalhem. Het ligt dus net ten zuiden van de westpunt van de Voerstreek.

Na het Alluviale Quartair, werd vanaf 12 tot ca. 15 m diepte hier de formatie van Vaals (Boven Krijt) aangetroffen.

Van de 15 m - ca. 20 m hieronder, wordt, in Barchy & Marion (2000) echter geen formatie genoemd / beschreven. Daarna is hier, van ca. 20 m - 35 m, de *formatie van Lustin* geïnterpreteerd (Barchy & Marion, 2000; zie ook boven).

Iets noordelijker, bij de 'K-groeve boringen van Visé' (Barchy & Marion, 2000), zijn (mogelijk) nog wél een paar meter schalies van (boven) Frasniaan ouderdom aanwezig boven de formatie van Lustin.

Dit doet allereerst vermoeden dat het ontbrekende, onbenoemde stuk tussen 15 en ca. 20 m in de boring van 'la Ferme de Genistreu' eveneens heel goed verweerde schisten van het (boven) Frasniaan zouden kunnen zijn.

Indien dit zo is, zijn de boringen van 'la Ferme de Genistreu en Visé, stratigrafisch gezien min of meer identiek en sluiten ze ook vrij goed aan bij de boring Hermalle-sous-Argenteau. *Verder zou het betekenen, dat - subregionaal gezien - in richtingen van west, via noordwest tot noord - het stratigrafisch hiaat tussen Carboon en Devoon kleiner wordt en uiteindelijk tussen Visé en Maastricht geheel verdwijnt. Opheffing en erosie lijken dus vooral in zuid - zuidoostelijke richtingen plaats te hebben gevonden.*

### **De boring van "la Ferme du Temple".**

Deze boring ligt op het kaartblad 34 / 7-8 (Visé-Voeren). De boring bereikte slechts een einddiepte van 30 m. Onder de formatie van Vaals werd van 15 m tot 30m de *formatie van Souvré* geïnterpreteerd (ftanieten) (Barchy & Marion, 2000).

### **Boring Melen.**

In deze boring in het zuidwestelijk deel van het Waalse kaartblad 42 / 4-3 (Dalheim-Herve), werd uitsluitend gesteente uit het Boven Carboon aangetroffen (Barchy & Marion, 2000).

De einddiepte was ca. 1104 m. Onder de kleien van de formatie van Vaals (van ca. 26 - ca. 44 m) werd hier verder tot de einddiepte de 'Groupe du Houiller', aangetroffen. In het gebied van de boring zijn meerdere op- / overschuivingen aangegeven (Barchy & Marion, 2000). Het betreft hier een (regionaal) vrij dikke Namuriaan sequentie van > ca. 1060 m. Gezien de ouderdom van de boring en de manier van boren, kunnen gemiste breuken, eventuele verdubbelingen, e.d. hier niet worden uitgesloten. Niettemin lijkt het zich hier zeer waarschijnlijk (voornamelijk) om de *formatie van Andenne* te handelen.

## 5 DE VLAAMSE VOERSTREEK

### 5.1 Veralgemeende, Laat-Paleozoïsche geschiedenis.

De “Maastricht anticlinaal”, is waarschijnlijk ontstaan bij een eerste, superregionale bekkenvormende fase ten gevolge van (het doorzetten van) een zuidelijker beginnende opheffingsfase van het Hercynische gebergte. De antiforme as van deze structuur is in het oostelijk deel van het Kempens bekken ruwweg west - oost gericht (fig. 15a). In de antiforme kern komen gesteenten van oud Palaeozoïsche ouderdom voor (kaarten Felder et al, 1977 {RGD}, fig. 1; De Geyter et al, 2001, fig. 2). Deze gesteenten worden gerekend tot die van het Massief van Brabant.

Deze west - oost lopende plooistructuur heeft een noordvergente kanteling (‘tilt’), ongeveer loodrecht op de richting van de plooi-as en tevens een lichtere kanteling naar het oosten. Naast een sterke(re) noordwaartse kanteling was er dus tevens een ‘dip’ in ongeveer oostelijke richting (wegduiken noordoostelijk deel van het huidige ‘Brabant Massief’).

Waarschijnlijk lag de zuidflank van deze antiform in eerste aanleg veel minder vlak dan tegenwoordig. Doordat de Hercynische druk en plooiing vanuit het zuiden echter steeds verder doorzette ontstond er een gestage zuidelijke opheffing, en kantelde de structuur steeds meer in tegenovergestelde, noordelijke richting (tot ca. het mid-Vroeg Westfaliaan C). Uiteindelijk kwam door deze opheffing(en) de zuidelijke plooi-flank vrij vlak te liggen.

Door de combinatie van opheffing en steeds vlakkere ligging konden er op / binnen, deze - zelf ook opgebroken - zuidflank, in de loop van het Devoon en Carboon, allerlei erosievlakken en / of sedimentair / tektonische hiaten ontstaan. Verder naar het zuiden ontstonden vooral de grotere, wat noordelijker de kleinere hiaten. Door de tevens aanwezige, oostelijk gerichte lichte ‘tilt’, ontstonden er in (zuid)westelijke richting eveneens opheffingen en hiaten.

In het voornaamste, globaal noord - zuid gerichte compressieveld (fig.15 a) konden zo reeds de zuid - noord gerichte, (toen nog ‘normale’) rekbreuken ontstaan (b.v: in het Belgische Kempens bekken de breuk van Donderslag, de Leut breuk; aan Nederlandse zijde de ‘Noord-Zuid’ breuk, de Laura grensbreuk e.a.). Ook ontwikkelden zich toen al, ongeveer noordwest - zuidoost, en noordoost - zuidwest gerichte, kleinere ‘shear’-breuken. Hierlangs manifesteerden zich deels - relatief nog kleinere - horizontale bewegingen (mogelijk in het westelijk deel van het Belgisch Kempens bekken b.v: de Koersel- Lillo- en Helchteren breuken; afwijkende inkoling langs breukzones! De oostelijke Midi breuk, e.a; In Nederland mogelijk: de Feldbiss-, Heerlerheide- en Benzenrader breuken, het Oranje / Anticlinaal breuksysteem; de Willem / Adolf- en de 70m-breuken; o.a: kaart Bouckaert et al, 1991; Jongmans, 1929; Sax, 1946).

Vaak hebben vooral de noordoost - zuidwest gerichte breuken ook tegengesteld wisselende hellingscomponenten en hebben ze - evenals uiteraard de noordwest / zuidoost breuken - nog bewegingen ondergaan na de vorming van het oppervlakte-Carboon abrasievlak (Sax, 1946).

De grotere hiaten in het Devoon in de regio’s ten zuiden van de Voerstreek zouden zo feitelijk de voortschrijdende kantelende plooiingfase(n) moeten (kunnen) documenteren. Dit wordt ook enigszins aangegeven in de “blockfaulting” hypothese van Poty (1982) voor het gebied zuidelijk van Visé.

Een tweede, veel minder intens lijkende plooiingfase, volgde in het Vroeg Westfaliaan C. In de voormalige mijngebieden zien we b.v. de synclinaal van Heerlen / Brunssum en de

‘Flexuren’ van Puth (‘opschuivingsstructuur’) en Krawinkel met steile, overschoven oostflanken, ten gevolge van een duidelijk oost - west gerichte drukrichting (fig. 15b). In Vlaanderen zien we nog enkele gelijkaardige kleine structuren in het voormalige oostelijke kolenwinningsgebied van de Eysden mijnzetel (kaart Bouckaert et al, 1991).

Waarschijnlijk ontstond deze drukrichting gedurende het Vroeg Westfaliaan C, ten gevolge van een (verdere) oostwaarts gerichte ‘tilting’ van de zich nog altijd wat (ver)vormende en zuidelijk opheffende anticlinale hoofdstructuur(flank), c.q. het (noordelijk onderdeel) van het Brabant Massief, en werden de meest competente gesteenten (anticlinale kernen van oud Palaeozoïsche gesteenten) niet erg aangetast (geen plooïing maar breuken).

Mogelijk ook was deze compressie(richting) zelfs gedeeltelijk een gevolg van een hieraan voorafgaande, reeds geïnitieerde ‘shearing’ binnen (delen van?) het ontstane ‘voorlandbekken’. De ruwweg noordwest - zuidoost, en noordoost - zuidwest lopende oorspronkelijke ‘shear’-richtingen, konden bij deze regionaal optredende drukconfiguratie min of meer gewoon blijven bestaan (fig. 15b). De intentie van deze oost - west drukfase neemt in westelijke richting snel af. In het Duitse mijngebied ten noorden van Aachen zijn er echter ook nog duidelijk sporen van terug te vinden (o.a. kaart van Wrede & Zeller, 1988).

Hierdoor konden er in het bekken eveneens de oost-west gerichte rekbreuken ontstaan, m.n. in de meer competente gesteenten van het mijngebied (In de Belgische mijnstreek b.v. de westelijke breuk van Midi en [mogelijk] de ‘Genendijk-Hulst’ breuk; in Nederland b.v. de Boekelo-, de Kunrader-, Revieren- en No.10 breuken; Sax, 1946, Patijn & Kimpe, 1961).

De laatste, en zeer belangrijke Paleozoïsche tektonische plooïingsfase van het gebied had plaats aan het einde van het Westfaliaan C en had een noordwest - zuidoostelijke gerichte grootste compressiecomponent (fig. 15c). De steile, deels isoclinale, noordwestwaarts gerichte plooïingen en overschuivingen in de regio’s ten noordoosten, oosten en zuidoosten van Visé, duiden eveneens op een sterke zuidoostelijke opheffingscomponent en noordwestelijke kanteling. De duikende top van de reeds eerder gevormde ‘anticlinaal van Maastricht’ en haar structuur verder westelijk, vormden hiertegen duidelijk een soort barrière (Wrede & Zeller, 1988).

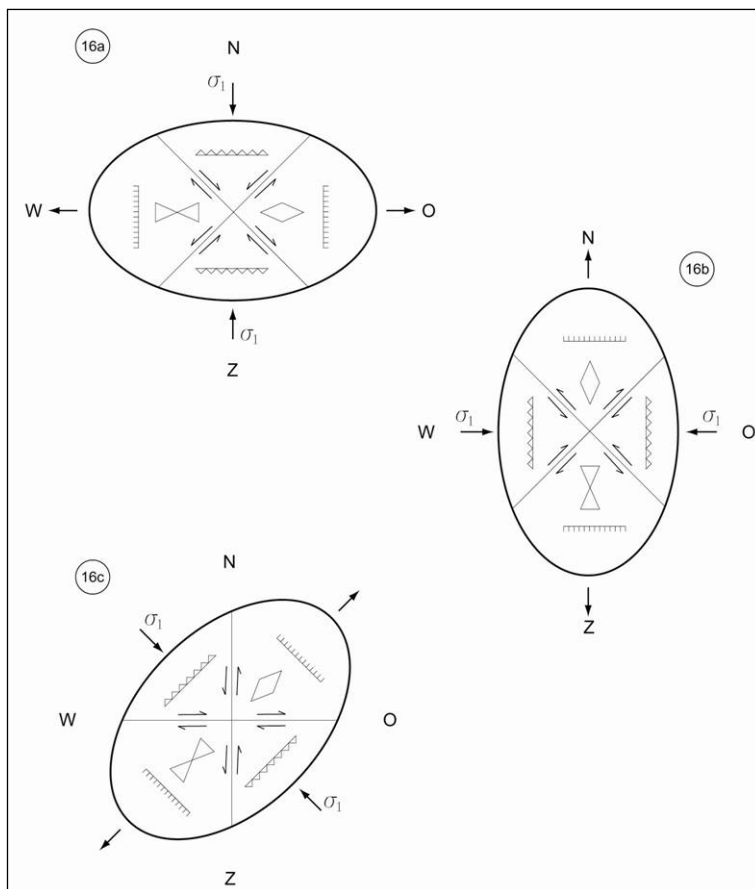
In deze fase konden de voormalige, noordwest - zuidoost gerichte “shear-breuken” zich ontwikkelen als “normaal”-breuken - zoals de Feldbiss-, Heerlerheide- en Benzenrader breuken in Nederland, welke b.v. de noord - zuid lopende Heerlen-Brunssum synclinaal ‘scheef’ doorsnijden - en konden zich andere breuken opnieuw activeren / verder vormen (b.v. oude noord - zuid gerichte structuren zoals de breuk van Donderslag, de Leut breuk, het noord - zuid breuksysteem binnen de flexuur van Puth). De oudere noordoost - zuidwest gerichte “shears” en breuken werden “omgevormd” tot over- en opschuivingen. Opnieuw werden de meest competente gesteenten het minst beïnvloedt (er zijn weinig tot geen, grote noordwest - zuidoost breuken gekarteerd in het Brabant Massief).

Waarschijnlijk was dit tevens de plooïingsfase waarin zich o.a. het (de) dekblad(en) ten zuiden van de Voerstreek ontwikkelde(n) (zie boring ‘Bolland’).

Aan de noord en oostzijden van de ‘Maastricht anticlinaal’ was tijdens de vorming en kanteling daarvan eigenlijk steeds een dalingsgebied / sedimentatiebekken. Deze daling verminderde tijdens het Vroeg Westfaliaan, en hield ten minste vanaf het Vroeg Westfaliaan C op. Door de regionale Hercynische opheffingen bleef het gebied tijdens de rest van het Carboon niettemin, gedeeltelijk - vooral in het noorden en noordwesten - een lager gelegen opvangplaats voor sedimenten.

Al tijdens het Laat Devoon, begin / midden Dinantiaan, maar vooral ook tijdens het Laat Viseaan en Vroeg Namuriaan konden zich in het ‘dalingsgedeelte’ dikkere pakketten sedimenten afzetten en ontstonden er daar (vrijwel) geen sedimentaire hiaten (de overgangen zijn overal geleidelijk: Viseaan 3 / Namuriaan in boring Geverik-1 en de Thermae-boringen; Famenniaan / Struniaan / Tournaisiaan in boring Kastanjelaan-2). Transgredierende sedimenten (verschuivende, deels diachrone facies) konden toen - waarschijnlijk in diverse fasen - een deels ‘verdrinkend kalkplatform’ - vooral aan zijn randen - overdekken. Omdat de turbidiet-series van Berneau / Gravenvoeren en Geverik-1 niet gelijktijdig overal optreden, zijn er zeker beïnvloedende fasen van relatieve zeespiegelschommelingen geweest.

Dit verklaart mogelijk waarom er in de regio Aachen in de geothermieboring van 2005, *ten noorden* van de Aachener Überschiebung breukstructuur, géén Dinantiaan kalken zijn waargenomen. Er zijn mogelijk zelfs nooit platformkalken afgezet, doch slechts hier en daar ‘allodapische’ kalk(bank)en. De oostelijk gerichte ‘tilt’ van de noordwaarts kantelende plooistructuur liet in oostelijke richting steeds minder afzetting van (platform)kalken toe. Klaarblijkelijk ook, hebben zelfs kalkturbidiet-series het gebied niet, of nauwelijks bereikt. De kalkplatform gebieden liggen duidelijk vooral naar het westen toe, én bezuiden de Aachener Ueberschiebung, richting Ardennen (afzettingen waarschijnlijk relatief dun). (Één van) de regionale noord - zuid gerichte (rek)breuken in de Voerstreek en / of het plateau van zuid-Limburg, (heeft) hebben zo waarschijnlijk de (successievelijke?) oostelijke plateaugrenzen (grens?) voor kalksteenafzettingen gevormd.



*Figuur 15a. Schematische ‘simple shear’ configuratie van de eerste, grootschalige, en ruwweg noord - zuid gerichte, compressieve bekken-vormende, Laat Devoon / Vroeg Carboon fase in het onderzochte gebied.*

*Figuur 15b. Schematische ‘simple shear’ configuratie van de tweede, veel kleinere en ongeveer west - oost gerichte, compressieve Midden Carboon fase in het onderzochte gebied.*

*Figuur 15c. Schematische ‘simple shear’ configuratie van de derde, in het oostelijk deel van het onderzochte gebied vrij intensieve, compressieve Laat Carboon fase.*

## 6 PALEOZOÏSCHE SUBCROPKAART VAN DE VOERSTREEK

Gezien de bovenstaande beschouwingen en hypothesen in hun grote context, mogen **binnen de Vlaamse Voerstreek** achtereenvolgens verwacht worden (figs. 16, 17):

- a) een gebied met (relatief kleinere) hiaten / diastemen in het meest westelijke gedeelte, waar aan het Paleozöische oppervlak nog enige restanten van het Boven Devoon (Frasniaan; *formatie van Lustin*) voorkomen. Onzeker is echter, of deze *formatie van Lustin* veel verder naar het oosten ook nog voorkomt. Noch als ‘outcrop’, noch als ‘subcrop’ in boringen, is deze formatie verder oostelijk in het Voerstreek-gebied (en verder) waargenomen. Dit geldt ook voor de andere regionale formaties uit het (Boven) Devoon.

Deze Devoon restanten worden doorgaans omringt door het Dinantiaan gedeelte van de Onder- / Boven Carboon overgangszone (*formatie van Souvré*) die over de eerdere platformkalken en hellingsafzettingen is getransgredeerd (Poty, 1985; over de *formaties van Visé* en / of *Goérée*). Op plaatsen waar deze formatie door sterkere erosie toch is (zou zijn) opgeruimd, vindt men aan het Palaeozöisch oppervlak dan deze (onderliggende) afzettingen. De *formatie van Souvré (Gottignies)* is iets zuidelijker, langs de oostelijke oever van de Maas, gekarteerd in direct contact en naast de formatie van Visé (diep ingesneden erosie; kaart Dalheim-Herve, Barchy & Marion, 2000; Poty, 1985).

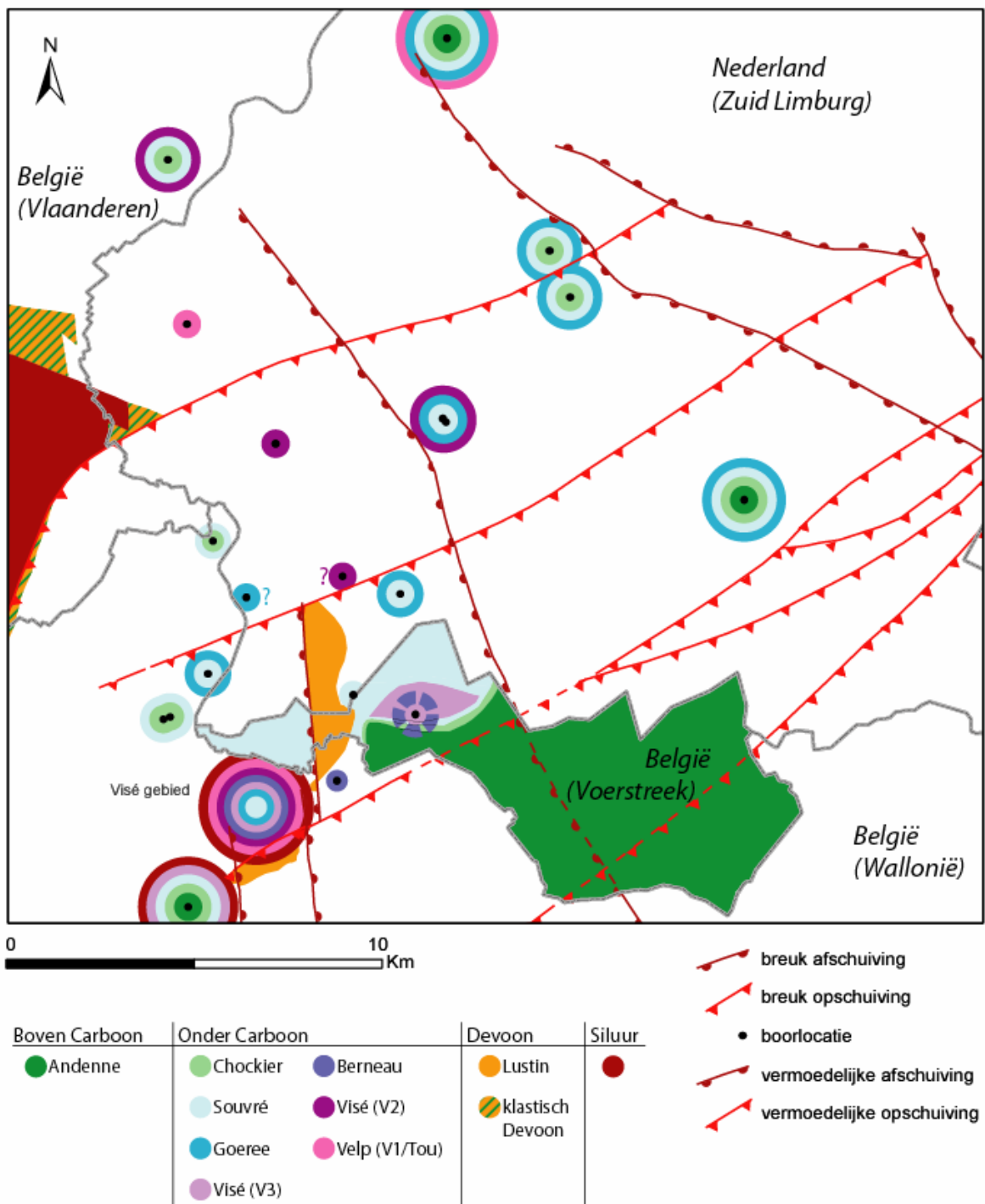
Naar de huidige gegevens wordt het Namuriaanse deel van de overgangszone (*formatie van Chokier*) niet (meer) in dit zeer westelijke deel van de Voerstreek verwacht. Niettemin kan het voorkomen van (een deel van?) deze formatie in het uiterste westelijke puntje toch niet geheel worden uitgesloten.

- b) een gebied tot ca. 5 km ten (noord)oosten van de gekarteerde subcrop van de *formatie van Lustin*. De boring ’s-Gravenvoeren toonde hier platformkalken aan het Palaeozoïsche oppervlakte (*formatie van Visé*), onderleggen door afzettingen van de *formatie van Berneau*.

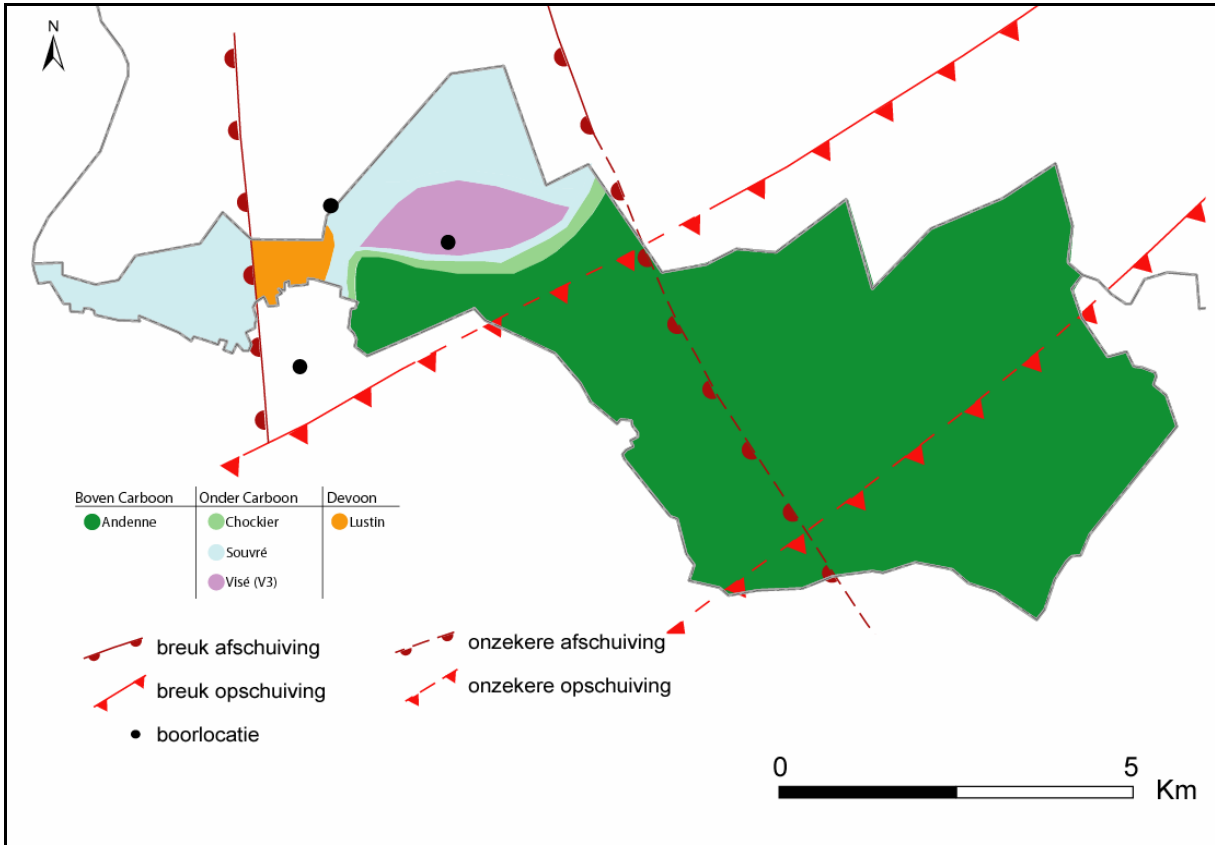
Gezien de geïnterpreteerde ‘Souvré-toppen’ van de Nederlandse boringen Mesch en St. Geertruid op hetzelfde (?) breukblok, ziet het er naar uit dat er binnen het grootste deel van de Voerstreek ten noorden van boring ’s-Gravenvoeren eveneens een subcroppen van de formatie van Souvré verwacht moet worden. Rondom de boring zelf zal waarschijnlijk een gebied liggen, waar de *formatie van Visé* subcropt (waarschijnlijk met V3 ouderdom).

Niet ver bezuiden deze boring is tot aan de zuidgrens van de Voerstreek de Boven Carboon *formatie van Andenne* gekarteerd. Het ligt voor de hand tussen de boring en dit Namuriaan ook de overgangszone te verwachten (*formaties van Chokier en Souvré*).





Figuur 16. Formatiekaart van de Voerstreek. Het vermoedelijke dagzomen van de grenzen van de geïnterpreteerde formaties onder het Krijt, staan op deze kaart aangegeven, alsmede de formaties die in de gebruikte boringen zijn geïnterpreteerd (concentrische ringen). De oudere formaties van de boring Kastanjelaan zijn niet weergegeven (Tournaisiaan en klastisch Laet Devoon). De breuken zijn afkomstig van de kaart van Felder et al. (1977). In het westen van de Voerstreek dagzomen nog formaties van het Laet Devoon en Vroeg Carboon. In het midden en westen komen onder de Krijtbedekking de formaties van het Boven Carboon voor.



Figuur 17. Geïnterpreteerde dagzomen van de Carboon formaties in de Vlaamse Voerstreek (deels onder de Krijt-bedekking).

- c) het centrale, en meest oostelijke gebied, waar slechts het Namuriaan gekarteerd is in een ontsluiting bij St. Martens-Voeren. De aanwezigheid (?) van deze ontsluiting kan verklaard worden door de mogelijke (!) aanwezigheid van de Eckelrade breuk. Beiden wel gekarteerd op de kaart van Felder et al, (1977; fig. 1) echter niet door Barchy & Marion (2000; fig. 3). Niettemin lijkt de aanwezigheid van *formatie van Andenne* onder de Krijt bedekking in de rest van de Voerstreek erg waarschijnlijk, gezien de verwachte vlakke(re) ligging van de gesteenten van deze formatie, haar relatief grote dikte, evenals het voorkomen ervan op de Nederlandse kaart en in o.m. de boring Gulpen. Ten oosten van de Voerstreek werd deze formatie bovendien gekarteerd in het dal van de Geul, zowel op Nederlands als Belgisch grondgebied.

## 7 CONCLUSIES

- Er werd een geologisch overzichtskaartje samengesteld voor het Laat Paleozoïcum in de Voerstreek (zie hoofdstuk 6, fig. 16).
- De *formatie van Berneau* (kalkturbidieten) is deels tijdsequivalent van de nabijgelegen *formatie van Visé* (overwegend platformkalken), en deels van de *formatie van Goérée* (kalkturbidieten). *Dit houdt in dat de genetisch identieke formaties van Berneau en Goérée ook als één enkele maar sterk diachroon verlopende formatie kunnen beschouwd worden, waarbij het geheel als Formatie van Berneau kan worden genoemd.*
- De *formatie van Souvré* stelt de top voor van een “fining-up” sequentie (zie beschrijving van de boring Geverik-1 in paragraaf 3.1) en behoort tot de jongste afzettingen van de *formatie van Goérée* ( / *Berneau*). Daarom zouden de *formatie van Souvré* en deze van Goérée samengevoegd kunnen worden. Binnen het bekken ontstaat zo een sterk diachrone formatie, bestaande uit gegradeerde kalkafzettingen (proximale-distale kalkturbidieten). Hun variërende ouderdom weerspiegelt het begin van opeenvolgende dalingen van de diverse gebieden, en verklaart de wijze waarop deze transgressieve serie zich in de verschillende bekkendelen ontwikkelde. Zowel de *formatie van Goérée* als de *formatie van Souvré* zouden als aparte Leden van één formatie, de *Formatie van Berneau* kunnen beschouwd worden. Het *Lid van Souvré* zou dan een meer distaal, schalierijker facies en het *Lid van Goérée*, een meer proximaal en relatief schaliearmer facies vertegenwoordigen. Zelfs een beperkt (?) gedeelte van de *formatie van Visé* zou eventueel tot dezelfde formatie kunnen gevoegd worden.
- Dit heeft als gevolg dat zowel platformsedimenten als hellingsedimenten in het studiegebied naast elkaar kunnen voorkomen: d.w.z. kalksteenvormende brongebieden vlak naast afzettingsgebieden met afbraaksedimenten (puinhellingen, turbidieten en allodapische kalken). Hoewel het niet helemaal zeker is dat de afzettingen (*formatie van Berneau*) ook werkelijk vanuit de richting van Visé komen, zijn er toch reeds aanwijzingen, ten minste voor een deel van het V3b, voor het bestaan van een paleohoog tussen beide locaties: een relatieve ondiepte nabij Visé (hoog) en een dieper wordend facies, richting 's-Gravenvoeren (en waarschijnlijk ook nog verder in noordoostelijke richting).
- Het meest distale deel (de *formatie van Souvré*) transgredeerde pas laat over het gebied van Hermalle-sous-Argenteau, Visé en de Berwinne rivier. De oude platform(rand)en daalden en ‘verdrongen’ (door een combinatie van tektoniek en zeespiegelfluctuaties). De sedimentaanmaak en -aanvoer stopte vrijwel direct na deze te diepe subsidenties. Dit verklaart b.v. niet alleen de opeenvolgingen in de boringen Margraten en Cadier en Keer en hun omgeving, maar ook de ontwikkelingen bij Visé en b.v. de boring Mesch. Hierdoor ontstonden tevens scherpe contrasten – ook in helling - tussen meer ‘proximale’ en meer ‘distale’ sedimenten, waartussen hiaten en (opnieuw) platformfacies voorkomen. Indien de *formaties van Souvré / Goérée / Berneau* beschouwd worden als behorende tot één gezamenlijke formatie van kalkafzettingen, dan worden de faciesgrenzen ook lithostratigrafische grenzen tussen de onderscheiden Leden.
- De *formatie van Lustin* lijkt inderdaad vooral ontwikkeld te zijn op of aan de rand van voormalige ‘hogen’ (Pirlet, 1967b, Poty, 1982, 1991); b.v. langs een (zuidelijk?) deel

van de oostwaarts duikende, opgebroken rand van het Brabant Massief. Deze formatie zou dan ook licht diachroon kunnen zijn.

Of het ganse, relatief hoog gelegen gebied tussen Hermalle-sous-Argenteau en de anticlinaalbreuk ten noorden van Eijsden, uiteindelijk door *de formatie van Souvré (en Chokier?)* bedekt is geweest, lijkt waarschijnlijk maar blijft onzeker.

- Het gebied rond en ten zuidoosten van Visé, lijkt echter regelmatig een positief reliëf te hebben gehad. Wellicht heeft dit ook te maken met het bestaan in deze regio van vulkanische uitvloeiinggesteenten van Siluur ouderdom. Tevens lijkt het er op dat tussen de zuidflank van de ‘antiforme structuur van Maastricht’ en het ‘Visé-hoog’, een lager gelegen of sterker dalend gebied is geweest (lagune? Meer klastisch ontwikkeld Boven Devoon facies in het noordwesten versus platform kalkfacies tijdens de formatie van Lustin in zuidoostelijke richting).
- De grens tussen de formaties van het Kempens bekken en deze van het bekken van de Ardennen, loopt ten zuiden van de Vlaamse Voerstreek.
- De stratigrafische overgangen tussen respectievelijk het Laat Devoon - Vroeg Carboon en het Vroeg Carboon - Laat Carboon, worden hiaten in richtingen tussen zuidwest en zuidoost (ruwweg de lijn ruwweg tussen Maastricht en Vaals). D.w.z. dat in de Voerstreek tussen dezelfde stratigrafische eenheden, hiaten verwacht kunnen worden. Eveneens neemt het aantal en de grootte van de te verwachten hiaten toe in deze richtingen. Geleidelijke lithologische overgangen worden meer naar het noorden en noordoosten verwacht.
- De regionale structuur van het oostelijke Brabant Massief lijkt zelf het resultaat te zijn geweest van een grote noordwaarts gekantelde open plooi (bekkenvorming), waarvan de zuidelijke flank veel minder helt ( $4^\circ$ ) dan de noordelijke ( $17^\circ$ ). In de zuidelijke omhoog gedrukte flank zijn de voornaamste op- / overschuivingen ontstaan door continue Varistische compressie. Deze opgebroken regionale structuur van het Brabant Massief toont tevens een oostwaarts wegduikende trend. Tenslotte zijn er ook nog enkele lichte ‘dwarsplooien’ aanwezig.
- De boring van Bolland lijkt doorheen een dekbladsequentie te zijn gegaan. Niettemin lijken de restanten van dit dekblad niet (meer) binnen de Voerstreek aanwezig.

## 8 REFERENTIES

Barchy, L. & Marion, J.M. 2000. Geologische Kaart van Wallonië. 'Kaartblad no:42 4/3 Dalhem-Herve' (1/25.000). Notice explicative; Ministère de la Région Wallonne. Namen, België.

Bless, M. J. M. Bouckaert, J. Bouzet, Ph. Conil, R. Cornet, P. Fairon-Demaret, M. Groessens, E. Longerstaey, P. J. Meessen, J. P. M. Th. Paproth, E. Pirlet, H. Streel, M. Van Amerom, H. J. W. & Wolf, M. 1976. 'Dinantian rocks in the subsurface North of the Brabant and Ardenno-Rhenisch massifs in Belgium and the Netherlands and the Federal Republic of Germany'. In: Mededelingen Rijks Geologische Dienst Nieuwe Serie; vol: 27-3, pp. 81-195. Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen - TNO. Utrecht, Nederland.

Bless, M.J.M. Boonen, P. Bouckaert, J. Brauckmann, C. Conil, R. Duser, M. Felder, P.J. Felder, W.M. Gökdag, H. Kockel, F. Laloux, M. Langguth, H.R. Van der Meer Mohr, C.G. Meessen, J.P.M.Th. Op het Veld, F. Paproth, E. Pietzner, H. Plum, J. Poty, E. Scherp, A. Schultz, R. Streel, M. Thorez, J. Van Rooijen, P. Vanguetaine, M. Vieslel, J.L. Wiersma, D.J. Winkler Prins, C.F. WOLF, M., 1981. 'Preliminary report on Lower Tertiary-Upper Cretaceous and Dinantian-Famennian rocks in the boreholes Heugem-1/1a and Kastanjelaan-2 (Maastricht, the Netherlands)'. In: Mededelingen Rijks Geologische Dienst; vol: 35-15, pp. 333-415. Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen - TNO. Utrecht, Nederland.

Bless, M.J.M. Bouckaert, J. Felder, P.J. Langguth, H.R. Meessen, J.P.M.Th. 1986. 'Gesteenten, fossielen en water van de proefboring Thermae 2000 te Valkenburg aan de Geul'. Uitgegeven door: Valdruk; gem. Valkenburg a/d Geul i.s.m. het Natuurhistorisch Museum te Maastricht.

Bless, M.J.M. 1987. 'The Thermae boreholes of Valkenburg a/d Geul, South Limburg, the Netherlands: general information'. In: Annales de la Société Géologique de Belgique; Tome 110-1, pp. 5-8. Luik, België.

Bouckaert, J. Duser, M. Tricot, J. & Verkaeren, P. 1994. niet gepubliceerd: 'De Nieuwe Mijnkaart van het Kempens Bekken'. Belgische Geologische Dienst; Brussel. België.

Campbell, A. E. 1992. 'Unconformities in Seismic Records and Outcrop'. Ph.D-thesis, Faculteit der Aardwetenschappen, sectie sedimentologie & mariene geologie, Vrije Universiteit; pp. 187; Amsterdam; Nederland.

De Geyter, 2001. Ed. Geologische kaart van België (Vlaams Gewest), kaartblad 34, 'Tongeren'. m.m.v. Claes, S. Frederickx, E. Gullentops, F. & Felder, W. Belgische Geologische Dienst / ANRE; Brussel, België.

Delmer, A. 1963, 'Mijnkaart van het Kempens kolenbekken'. In: Annalen der Mijnen van België, Juni 1963, no. 6. pp. 739-754; Luik, België.

Dorsman, L. 1945. 'The Marine Fauna of the Carboniferous in the Netherlands'. In: Mededelingen van de Geologische Stichting; Serie C-IV-3 no: 3; pp. 103. Nederland.

Felder, W.F. Bosch, P. & Bisschops, J.H. 1977. Geologische kaarten(serie) van Zuid-Limburg en omgeving:

- Afzettingen van de Maas
- Pré-Kwartair
- Oppervlaktekaart.
- Paleozoïcum.

Voormalige Rijks Geologische Dienst Nederland; Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen - TNO (NITG-TNO) Utrecht, Nederland.

Forir, 1902. Annales de la Société Géologique de Belgique, tome XXIX 2<sup>ième</sup> livre 1902, Mém. pp. 102-105. België.

Goemare, E. & Vanderven, G. 2000 ?? 'Les sondages de la Carrière K à la Visé', m.m.v. Tourneur, F. en Vanguetaine, M.. Voorlopig, en onvolledig manuscript voor een 'Professional Paper' van de Belgische Geologische Dienst, De Universiteit van Luik en de 'Pierres et Marbres de Wallonie asbl'. Luik België.

Jongmans, W.J. 1929. 'Enige waarnemingen omtrent de Feldbiss'. In: Jaarverslag Geologisch Bureau, 1929. Blz. 71-76. Voormalige Rijks Geologische Dienst Nederland; Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen - TNO (NITG-TNO); Utrecht, Nederland.

Krans, Th. F. Van Tongeren, P. C. H. Pagnier, H. J. M. Fermont, W. J. J. Van de Laar, J. G. M. Van Amerom, H. W. J. Van der Meulen, A. 1986. 'Eindrapport Project Inventarisatieonderzoek Nederlandse Kolenvoorkomens'. Rapport no: GB 2107. Rijks Geologische Dienst / Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen - TNO. Utrecht, Nederland.

Laenen, B. 2002. 'Lithostratigrafie van het Pré-Tertiair in Vlaanderen'. Deel 1: post-Dinantiaan. Rapport no: 2002/ETE/R/063, Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek (VITO); Mol, België.

Laenen, B. 2003. 'Lithostratigrafie van het Pré-Tertiair in Vlaanderen'. Deel 2: Dinantiaan en Devoon. Rapport no: 2003/ETE/R/095, Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek (VITO); Mol, België.

Laloux, M. Geukens, F. Ghysel, P. Hance, L. 2000. Geologische Kaart van Wallonië, 'Kaartbladen 35/5-6, 43/1-2 en 43/3-4' (1/25.000). Notice explicative; Ministère de la Région Wallonne. Namen, België.

Langenaeker, V. 2000. 'The Campine basin; Stratigraphy, structural geology, coalification and hydrocarbon potential for the Devonian to the Jurassic'. Leuven University Press; Aardkundige Mededelingen 12: 1-142. Leuven, België.

Legrand, R. 1968. 'Le Massif de Brabant' In : Mémoires Explanatoires Cartes Géologiques Minières de Belgique ; no. 9 ; pp. 148. België.

Muchez, Ph. Viaene, W. Duser, M. & Bouckaert J. 1987. 'Sedimentological study of the Upper Viséan strata in the 's-Gravenvoeren borehole'. Paper presented at the Meuse-Rhine Euregion Geologists Meeting, Geological Bureau of the Dutch Geological Survey; Heerlen, the Netherlands.

Patijn & Kimpe, 1961. 'De Kaart van het Carboon-oppervlak, de Profielen en de Kaart van het Dekterrein van het zuid-limburgs Mijngebied en Staatsmijn Beatrix met omgeving'. In: Mededelingen van de Geologische Stichting, serie C-I-1-No4; Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen - TNO (NITG-TNO); Utrecht, Nederland.

Patijn, R. J. H. 1963. 'Het Carboon in de ondergrond van Nederland en de oorsprong van het massief van Brabant'. In: Geologie en Mijnbouw, no. 42 pp. 341-349. Nederland.

- Pirlet, H. 1967b. 'Nouvelles interprétations des carrières de Richelle : le Viséen de Visé (2ieme note sur les calcaires de Visé)'. In: Annales de la Société Géologique de Belgique, tome 90 (2), pp.103-107. Luik, België.
- Poty, E. 1982. 'Paléokarst et brèches d'effondrement dans le Frasnien moyen des environs de Visé. Leur influence dans la paléogéographie dinantienne'. In : Annales de la Société Géologique de Belgique, tome 105, pp.315-337. Luik, België.
- Poty, E. 1985. 'The Devonian and Dinantian of the Visé area, NE Belgium'; pp. 28-32. In : 'Some aspects of the Devonian-Carboniferous in Belgium and the southernmost Netherlands'; editor Bless, M. J. M. Excursiegids sept. 20-22, 1985; pp. 46. Natuurhistorisch Museum, Maastricht; Nederland.
- Poty, E. 1991. 'Tectonique de blocs dans le prolongement oriental du Massif de Brabant'. In : Annales de la Société Géologique de Belgique, tome 114 (1) pp.265-275. Luik, België.
- Sax, H. G. J. 1946. 'De Tectoniek van het Carboon in het zuid-Limburgse Mijngedebied'. In: Mededelingen van de Geologische Stichting, serie C-I-1-No3. Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen - TNO (NITG-TNO); Utrecht, Nederland.
- Tesch, P. 1924. 'Verslag over de onderzoekingen der Rijksopsporing van Delfstoffen' gedurende het tijdvak 1920-1923; pp.29. Nederland.
- Thiadens, A. A. 1963. 'The Palaeozoic of the Netherlands'. In: Verhandelingen Kon. Ned. Mijnbouwkundig Genootschap, no: 21; pp. 9-28. Nederland.
- Van Tongeren P.C.H. & Pagnier H.J.M. 1987. 'Onderzoeksresultaten van Boring Geverik-1 (OPAC-studie Zuid Limburg)'. Onderzoek verricht voor NOVEM Nederland (voormalig NEOM) Rapport no: GB 205/a; Voormalige Rijks Geologische Dienst Nederland; Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen - TNO (NITG-TNO) Utrecht, Nederland.
- Wilson, L. W, 1975. 'Carbonate Facies in Geologic History'. Uitgever: Springer; Berlijn, Heidelberg, New York. pp. 1-470.
- Wrede, V. & Zeller, M. 1988. 'Geologie der Aachener Steinkohlenlagerstätte'; (Wurm- und Inde-Revier); pp. 77, met: Geologische kaart: 'Karbonoberflache (1:25000)'. Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen; Krefelt; Duitsland.