

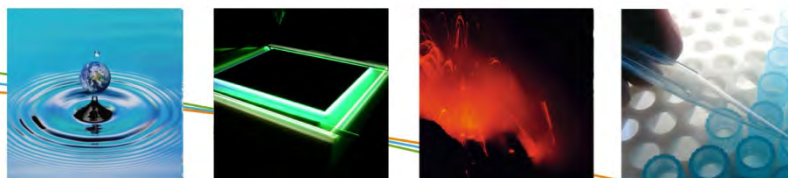
EINDRAPPORT

# Opbouw van een geologisch 3D-lagenmodel: de lithostratigrafische indeling van de afzettingen uit het Krijt

J. Matthijs & D. Lagrou

Studie uitgevoerd in opdracht van Albon  
2010/SCT/R/048

Maart 2010



**VITO NV**

Boeretang 200 – 2400 MOL – BELGIE  
Tel. + 32 14 33 55 11 – Fax + 32 14 33 55 99  
vito@vito.be – www.vito.be

BTW BE-0244.195.916 RPR (Turnhout)  
Bank 435-4508191-02 KBC (Brussel)  
BE32 4354 5081 9102 (IBAN) KREDBEBB (BIC)



## **VERSPREIDINGSLIJST**

ALBON: 5 exemplaren

BGD: 2 exemplaren

VITO: 5 exemplaren

## **SAMENVATTING**

Binnen de referentieopdracht VLAKO maakt VITO voor de Vlaamse Overheid een geologisch 3D lagenmodel aan van de Vlaamse ondergrond. De voorgaande jaren werd er een model opgesteld voor de hoofdingeling van het Paleozoïcum en voor de top en basis van het Mesozoïsche Krijtpakket. Het 3D model voor het Krijtpakket wordt nu verder verfijnd aan de hand van het opstellen van een 3D model voor de grensvlakken tussen de belangrijkste lithologische pakketten binnen het Krijt. Deze 7 interne grensvlakken steunen op de nieuwe lithostratigrafische indeling van het Krijt voor Vlaanderen, opgesteld door VLAKO in 2005 en verder bijgewerkt gedurende het modelleringsproces in de loop van 2007 en 2008. Op basis van de verdeling van de dikte van de 7 lithostratigrafische pakketten ten opzichte van de totale dikte van het Krijt werden er proportiemodellen opgesteld, waarbij de som van de modellen 100% dient te bedragen. Per lithostratigrafische eenheid werden deze proportiemodellen met het model van de totale dikte van het Krijt vermenigvuldigd. Zo werd er voor elk pakket een diktemodel bekomen waarbij vervolgens, afhankelijk van de relatieve stratigrafische positie, ofwel de rekenkundige som gemaakt werd met het model van de basis van het Krijt ofwel het rekenkundig verschil gemaakt werd met het model van de top van het Krijt. De "geologie" werd in de modellen gebracht via het concept van breukblokken in het Bekken van de Kempen en de Roerdalslenk en het concept van een paleoreliëf in de top van het Oud Paleozoïsche Massief van Brabant, reeds vervat in de modellen van top en basis en totale dikte van het Krijt. Zo werd voor de 7 lithostratigrafische eenheden zowel een model voor de top als voor de basis aangemaakt. Bij het reconstrueren van deze grensvlakken werd er getracht rekening te houden met de relatieve zeespiegelstand en de tektonische geschiedenis van Vlaanderen gedurende de Krijtperiode. Extra onderzoek wat chrono- en biostratigrafie betreft, zou in dat opzicht meer licht kunnen werpen op de evolutie van het Krijt in het westen van Vlaanderen. De 3D modellen van de verschillende grensvlakken werden als rasterformaat in ArcGIS gevisualiseerd.

# INHOUD

<b>Verspreidingslijst</b>	<b>I</b>
<b>Samenvatting</b>	<b>II</b>
<b>Inhoud</b>	<b>III</b>
<b>Lijst van figuren</b>	<b>IV</b>
<b>Hoofdstuk 1 Probleemstelling</b>	<b>1</b>
<b>Hoofdstuk 2 Beschrijving</b>	<b>2</b>
2.1 Beschikbare data	2
2.2 Lithostratigrafisch correlatieschema van de facieskartering van het Krijt	2
2.3 Werkwijze	6
2.3.1 Aanvankelijke werkwijze	6
2.3.2 Gebruikte werkwijze	6
2.3.3 Gemodelleerde lithostratigrafische eenheden	8
2.4 Gemodelleerde grensvlakken	10
2.4.1 De formaties van Maisières, Esplechin, Vert Galand en Bernissart (lijn 7)	10
2.4.2 De Formatie van Aken (lijn 6)	12
2.4.3 Het Lid van Wachtebeke/de Formatie van Vaals (lijn 5)	12
2.4.4 Het Lid van Stekene/Zeven Wegen/Dorne 1 en in het zuidwesten van Vlaanderen de Formatie van Nevele (lijn 4)	14
2.4.5 Het Lid van Beutenaken/Dorne 2 en nabij het Massief van Brabant de Formatie van Gulpen (lijn 3)	15
2.4.6 De Formatie van Maastricht/Kunrade (lijn 2)	16
2.4.7 De Formatie van Houthem (lijn 1)	17
<b>Hoofdstuk 3 Besluit</b>	<b>19</b>
<b>Literatuurlijst</b>	<b>21</b>

## LIJST VAN FIGUREN

Figuur 1. Schematische voorstelling van de lithostratigrafisch correlatie gebruikt bij de krijtfacieskartering. _____	5
Figuur 2. Schematische voorstelling van de proportieverdeling voor de verschillende lithostratigrafische eenheden binnen het Krijt. _____	7
Figuur 3. Schematische voorstelling van de gemodelleerde grensvlakken. _____	9
Figuur 4. Metrisch profiel met de voorstelling van de verschillende gemodelleerde lithostratigrafische eenheden. _____	10
Figuur 5. Verbreiding en verloop van de basis van de formaties van Maisières, Esplechin, Vert Galand en Bernissart. _____	11
Figuur 6. Verbreiding en verloop van de basis van de Formatie van Aken. _____	12
Figuur 7. Verbreiding en verloop van de basis van het Lid van Wachtebeke/de Formatie van Vaals. _____	13
Figuur 8. Verbreiding en verloop van de basis van het Lid van Stekene/Zeven Wegen/Dorne 1 en in het zuidwesten van Vlaanderen de Formatie van Nevele. _	15
Figuur 9. Verbreiding en verloop van de basis van het Lid Beutenaken/Dorne 2 en nabij het Massief van Brabant de Formatie van Gulpen. _____	16
Figuur 10. Verbreiding en verloop van de basis van de Formatie van Maastricht. ____	17
Figuur 11. Verbreiding en verloop van de basis van de Formatie van Houthem. ____	18

## HOOFDSTUK 1 PROBLEEMSTELLING

---

Bij de aanvang van het opstellen van het geologisch 3D lagenmodel voor de ondergrond van Vlaanderen werd er een opdeling gemaakt in te modelleren lagen die dagzomen en deze die slechts in een klein gebied of helemaal nergens aan de oppervlakte komen. Algemeen gezien komt dit overeen met de Quartaire en Tertiaire pakketten enerzijds en de Mesozoïsche en Paleozoïsche pakketten anderzijds. Het voorkomen van de dagzomende lagen wordt sterk beïnvloed door de huidige topografie. Vooraleer er kan overgegaan worden tot het modelleren van deze lagen, dient er bijgevolg eerst een 3D model van het reliëf opgesteld te worden. Dit model, dat verder als het DEM VLAKO omschreven wordt, werd in de loop van 2008 aangemaakt. Ondertussen werd er gestart met het opstellen van een 3D model voor de Paleozoïsche en Mesozoïsche pakketten. De hoofdingeling van het Paleozoïcum en het Mesozoïcum werd in de loop van 2007 in een 3D model gegoten. Parallel met het opstellen van het DEM VLAKO werd in de loop van 2008 het 3D model van het Mesozoïcum verfijnd. Voor de Krijtsedimenten werden de grensvlakken tussen de belangrijkste lithologische pakketten in 3D gemodelleerd. Deze grensvlakken steunen op de nieuwe lithostratigrafische indeling van het Krijt voor Vlaanderen, opgesteld door VLAKO in 2005 en verder bijgewerkt gedurende het modelleerproces in de loop van 2007 en 2008. De nieuwe indeling wordt in de loop van de volgende jaren aan de Nationale Commissie voor Stratigrafie ter goedkeuring voorgelegd en is bijgevolg nog voor verandering vatbaar. De indeling hier gebruikt, is dan ook deze zoals ze op het moment van het modelleren bestond en niet noodzakelijk de indeling zoals ze momenteel bestaat. Ter verduidelijking wordt ze verder nog toegelicht aan de hand van een schematische voorstelling van de verschillende lithostratigrafische correlaties binnen het Krijt in Vlaanderen.

## HOOFDSTUK 2      BESCHRIJVING

---

### 2.1 Beschikbare data

Als basisdocumenten voor het verfijnen van het geologisch 3D lagenmodel van Vlaanderen, wat het Krijt betreft, werd er gebruik gemaakt van de volgende data:

- de waarnemingen uit DOV (ALBON)
- de waarnemingen uit het archief van de BGD
- Lagrou et al., 2005: Kartering en karakterisering van de Krijtgesteenten in Vlaanderen
- Matthijs & Lagrou, 2007: Diepte- en diktekaarten van de Krijtsedimenten in Vlaanderen

### 2.2 Lithostratigrafisch correlatieschema van de facieskartering van het Krijt

De formele lithostratigrafische schaal van het Krijt in België (Robaszynski et al., 2001) is voornamelijk gebaseerd op ontsluitingszones in de regio Maastricht en het Bekken van Bergen (Mons). In deze karteeropdracht<sup>1</sup> wordt het Krijt over heel het grondgebied van Vlaanderen voor het eerst op een systematische manier gecorreleerd en gekarteerd. Deze systematische lithostratigrafische interpretatie leidt dan ook als eerste tot een correlatie tussen beide klassieke ontsluitingszones. Het resulterende lithostratigrafisch correlatieschema van de krijtsedimenten in Vlaanderen wordt gegeven in figuur 1. Op basis van de aanwezigheid van Krijtafzettingen kunnen verschillende geologische regio's in Vlaanderen afgebakend worden:

1. De Roerdalslenk is in het uiterste noordoosten van België gelegen en wordt van het Kempens Bekken gescheiden door de Feldebiss breukzone. De randbreuken brengen er de top van het Krijt op bijna 1000 m diepte. In boring Molenbeersel (049W0226), de enige boring met nuttige informatie over het Krijt in de slenk, bevindt de top van het Krijt zich op meer dan 1200 m diepte en heeft een dikte van een 50-tal m, bestaande uit de kalkarenieten van de Formaties van Houthem en Maastricht. De afwisseling van harde en zachtere banken in het Maastricht-interval sluit aan bij de nieuw te definiëren Kunrade Formatie (zie verder). De onderste meters van het krijt-interval kunnen als een remaniëring van de Gulpen Formatie (of Dorne Formatie, zie verder) worden geïnterpreteerd. De geringere totale dikte van het Krijt in de Roerdalslenk in vergelijking met het Kempens Bekken is te verklaren door het feit dat de Roerdalslenk gedurende het grootste deel van het Laat-Krijt een opgeheven blok was, dat pas vanaf Laat-Maastrichtiaan door de Krijtzee overspoeld werd.

2. Het Kempens Bekken bevat geografisch grosso modo de Antwerpse en Limburgse Kempen en wordt ten zuiden en ten westen begrensd door het Massief van Brabant.

---

<sup>1</sup> De kartering van het Krijt in Vlaanderen startte in 2003. Een eerste rapport werd in 2005 opgeleverd: Lagrou & Dreesen, i.s.m. Dusar, 2005. De top en basis krijt kaart werd opgeleverd in 2007 (Matthijs & Lagrou, 2007). De lithofacies kartering werd opgeleverd begin 2009 en voorgesteld op het Internationaal Geologisch Congres in Oslo (Matthijs et al., 2008), het EGU congres te Wenen (Lagrou, 2009) en Geologica Belgica Meeting te Gent (Lagrou et al., 2009). Een overzicht van de krijtsedimenten in Vlaanderen, met de introductie van de Formatie van Nevele verscheen in Geologica Belgica in 2007 (Dusar & Lagrou, 2007).



Ten noordoosten wordt het structureel begrensd door de Roerdalslenk. In de Antwerpse Noorderkempens bereikt het Krijt zijn grootste dikte, ruim 300 m in de boring Meer. In het oosten, langs de randbreuken van de Roerdalslenk vangt de Krijtsequentie aan met de zanden van de Formatie van Aken die in westelijke richting uitwijken. De Formatie van Vaals bestaat in het oosten uit een glauconiethoudend mergelig zandpakket dat in westelijke richting overgaat in een siltige mergel. In het Kempens Bekken kan de Vaals Formatie opgesplitst worden in twee leden<sup>2</sup>: een bovenste sequentie (Lid van Sonnisheide - NIEUW) bestaat voornamelijk uit glauconiethoudende fijne zanden en silten die meer mergelig worden in westelijke richting; en een onderste sequentie (Lid van Asdonk - NIEUW) die is opgebouwd uit grijsgroen glauconiethoudende zand en silt met een kleiige, mergelige basis.

Voor het typegebied in de Maastricht regio is een onderverdeling van de Gulpen Formatie in 5 leden duidelijk te maken, maar in het Kempens Bekken is dit louter op basis van spoelboringen moeilijker te verwezenlijken. Een correlatie van de KS-boringen waar de gegevens van spoelmonsters worden gecombineerd met geofysische boorgatmetingen maakt deze onderverdeling echter wel mogelijk. Onderaan wordt het Lid van Zeven Wegen goed herkend als wit fijnkorrelig schrijfkrijt, met een lage gamma-respons. Deze eenheid kan over heel het Kempens Bekken goed vervolgd worden. Erboven volgt het mergelig krijt van het Lid van Beutenaken dat sterk in dikte kan verschillen door het insnijden van het bovenliggende siltig krijt van het Lid van Vijlen. Het volgende Lid van Lixhe bestaat uit wit fijnkorrelig krijt met vele silexbanken. En ten slotte worden de zeer fijne kalkarenieten met dikke silexbanken van het Lid van Lanaye aangetroffen. Het onderscheid tussen de leden Lixhe en Lanaye kan in boringen niet duidelijk gemaakt worden.

In het noordoosten van het Bekken, langsheen de randbreuken, krijgen de afzettingen van Gulpen een meer zandig karakter. Deze glauconiethoudende mergels en mergelige zand(steen)lagen kunnen gecorreleerd worden met de overeenkomstige leden in Gulpen. Het zijn dus in feite de meer proximale afzettingen van Gulpen, die echter lithologisch voldoende verschillen om ze onder te brengen in een aparte formatie: namelijk de Formatie van Dorne (NIEUW) (van de Dorne Formatie wordt reeds melding gemaakt in het rapport van Laenen (2002)).

De Formatie van Maastricht bestaat uit fijne witte tot geelachtige kalkarenieten, waar silex vrijwel beperkt is tot het onderste deel. De grens met de Formatie van Houthem, die ook bestaat uit kalkarenieten, wordt gemarkeerd door een hardground, die op de gammalog een duidelijke piek vertoont.

In het noordoosten van het Kempens Bekken (zuidwest Limburg en verder in de richting noordwest, parallel aan de slenkbreuken) komt een typisch geband gesteente voor, de banding wordt veroorzaakt door een afwisseling van harde en zachte zandige kalkarenieten die worden ondergebracht in de Kunrade Formatie (NIEUW)<sup>3</sup>. Deze gesteentesequentie is het kustnabije equivalent van de Maastricht Formatie (en gedeeltelijk van het Lid van Lanaye).

3. Het oostelijke Massief van Brabant (Haspengouw): Ten zuiden van het Kempens Bekken bedekken de Krijtafzettingen Cambro-Siluur gesteenten van het Massief van Brabant. Het Krijt van Gulpen komt over het grootste deel van Haspengouw voor (met uitzondering van de omgeving van Hoegaarden) en rust soms op een residuele basis

<sup>2</sup> In het typegebied in Zuid-Limburg wordt de Vaals Formatie in 7 leden onderverdeeld, deze onderverdeling wordt voor het Luik-Limburg bekken in de lithostratigrafie van het Krijt van België (Robaszynski et al., 2001) overgenomen. In het Bekken van de Kempen kan deze gedetailleerde onderverdeling niet gemaakt worden, maar worden wel twee leden herkend. Deze twee leden voor de Vaals worden in 2010 voorgelegd aan de NSC.

<sup>3</sup> Kunrade is gekend als facies in de Formatie van Maastricht. Hier wordt Kunrade als Formatie geïntroduceerd omdat het, naast de Formatie van Maastricht, ook deels equivalent is met het Lid van Lanaye van de Gulpen Formatie. In het rapport van Laenen (2002) werd Kunrade nog als Lid van de Formatie van Maastricht voorgesteld.

met elementen van de Formatie van Vaals. De Formaties van Houthem en Maastricht verdwijnen in zuidelijke richting en de krijtdikte neemt af door toename van de hiaten binnen de Formatie van Gulpen om uiteindelijk geheel uit te wiggen tegen het Massief van Brabant door de latere erosie. In het zuidoosten van Limburg is de Formatie van Maastricht wel nog bewaard gebleven en komt er in een relatief smalle band aan de 'oppervlakte', zij het dikwijls nog bedekt door een metersdik pakket Quartaire leem. Krijt in ontsluiting op Vlaams grondgebied is dus uitzonderlijk. De ondergrondse mergelgroeves van Riemst tot Heers (met Vechmaal als meest westelijk gelegen, Dusar et al., 2005; Dusar & Lagrou, 2007) bieden een geologisch kijkvenster op het Maastrichts krijt.

4. De noordflank van het Massief van Brabant: Langs de westrand van het Kempens Bekken (Antwerpen regio) neemt zowel de dikte als de lithologische diversiteit van het Krijt af: achtereenvolgens verdwijnen de Formaties van Houthem, Maastricht en de bovenste Leden van de Gulpen Formatie. De Vaals Formatie die nog overwegend uit zandige mergel bestaat in het Kempens Bekken wordt kalkrijker in westelijke richting (Antwerpse Kempen) en kan nog moeilijk onderscheiden worden van het zuivere krijtfacies van het Lid van Zeven Wegen. Vandaar de introductie van de Formatie van Nevele (NIEUW) die alle krijtlagen omvat. Ook de noordoostelijke kustzone (tot Gistel) kan bij de noordrand van het Massief van Brabant gerekend worden. Het hier aanwezige witte krijtfacies behoort tot de Nevele Formatie. Eronder kan een lokaal voorkomend dunner pakket bleekgrijze deels gesilicifieerd grofkorrelige krijtachtige mergel lithostratigrafisch tot de Formatie van Esplechin gerekend worden, al zijn er geen ouderdomsbepalingen voorhanden (gedeeltelijk equivalent aan de Aken Formatie van het Santoniaan in het oosten).

Ten noorden van het Massief van Brabant en in de regio Brussel wordt in de Nevele Formatie onderaan een ietwat meer grijs gekleurd krijtpakket onderscheiden. Door correlatie kon dit grijs pakket lateraal verbonden worden met de Vaals Formatie in het oosten (Kempens Bekken). Dit leidt ons er toe om in de Formatie van Nevele het Lid van Wachtebeke (NIEUW) te introduceren. Het gesteentepakket lateraal van het Lid van Zeven Wegen (Gulpen Formatie) wordt het Lid van Stekene (NIEUW) genoemd. Boven dit Lid van Stekene bevindt zich nog een pakket krijtgesteente dat tot de Gulpen Formatie behoort, maar tot welk lid van de Gulpen Formatie deze gesteentesequentie behoort is echter niet eenduidig te bepalen (Beutenaken of Vijlen?).

5. De zuidflank van het Massief van Brabant en de overgang naar het Bekken van Doornik: De formaties in het zuiden van West-Vlaanderen kunnen redelijk gecorreleerd worden met het Bekken van Bergen (Mons). In deze studie volgen we de stratigrafische indeling die werd opgesteld bij de nieuwe geologische kaarten van Wallonië (Doremus, 1997). Deze verschilt licht van de lithostratigrafische indeling van Robaszynski et al. (2001), maar blijkt in dit lithostratigrafisch onderzoek beter bruikbaar. De Krijtsedimentatie ten zuiden van de dorsale as van het Massief van Brabant is, in tegenstelling tot de Aken zanden van het Santoniaan in het noorden, reeds aangevangen in het Cenomaniaan of zelfs vroeger. Hiervan getuigen de sedimenten met diverse samenstelling van het continentale Weald-facies (Hainaut Group). Dit zijn geen continue afzettingen, maar schijnen eerder in lager gelegen delen van het paleoreliëf op het Massief van Brabant en vooral in karstholten op het Dinantiaan van het bekken van Doornik te zijn afgezet en bewaard gebleven. De eerste continue Krijtsequentie is van Turoon ouderdom en is *onlappend* op het Massief van Brabant. De Formatie van Vert Galand kan worden opgesplitst in een meer groen (glauconiethoudend) onderste pakket (Lid van Nieuwkerke Noordhoek - NIEUW) en een bleekgrijs deels gesilicifieerde siltige mergel (Lid van Nieuwkerke De Seule - NIEUW). De Formatie van Esplechin is grofkorreliger krijt en bevat grijze silexen. Deze Formatie kan op de gammalog en in kernboringen onderscheiden worden van de bovenliggende Nevele Formatie. In spoelboringen is het onderscheid moeilijker te maken. In een

beperkt aantal boringen kan nog een dun groen krijtzandpakket worden aangetroffen tussen Esplechin Formatie en Nevele Formatie: de Formatie van Maisières. De eerste afzetting die door de algemene zeespiegelstijging van het Boven Krijt de dorsale as overspoelt en geen kustnabij facies meer vertoont, behoort tot de Nevele Krijtformatie.

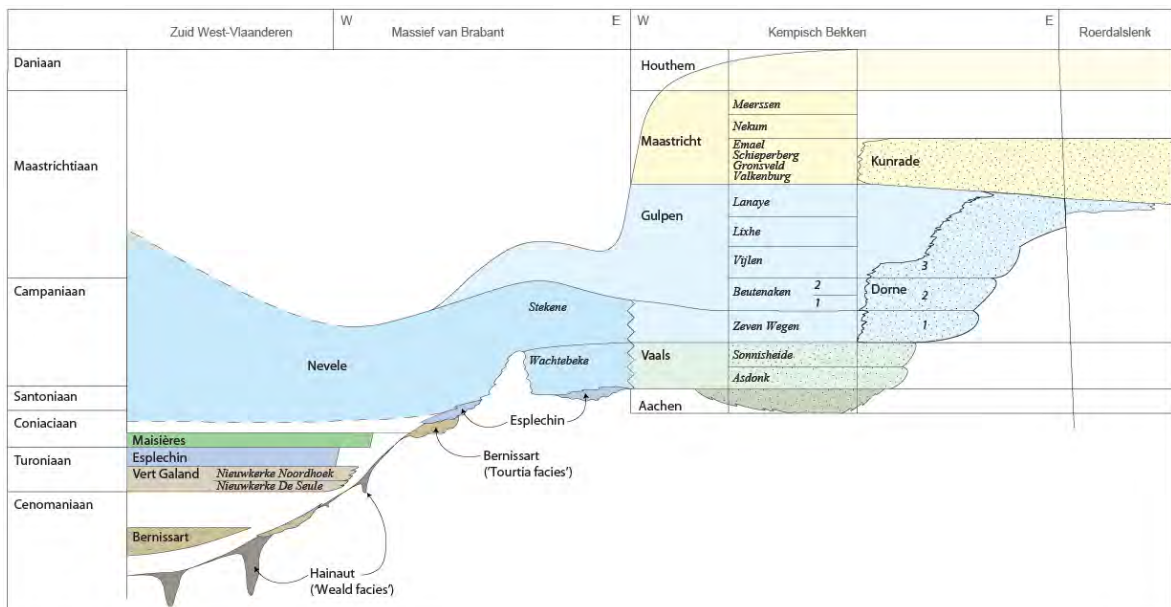
De nieuwe gedefinieerde eenheden

In dit lithostratigrafisch schema voor het Krijt in Vlaanderen wordt een aantal nieuwe eenheden (Formatie of Lid) gebruikt. Deze nieuwe eenheden moeten door de Nationale Stratigrafische Commissie (NSC) worden geratificeerd.

Voor de Nevele Formatie is dit reeds gebeurd (ratificatie in december 2009). De opdeling van de Nevele Formatie in verschillende leden zorgt nog voor discussie. Wordt de Nevele Formatie opgedeeld in één, twee of drie leden of wordt er een nieuw lid gedefinieerd bij de Formatie van Gulpen om de krijtsequentie die bovenop Nevele ligt te benoemen? Deze discussie is nog lopende in de subcommissie voor Krijtstratigrafie.

De Kunrade Formatie en Dorne Formatie zullen worden voorgelegd aan de NSC (gepland voor 2010). Ook de tweeledige opdeling van de Vaals Formatie in een bovenste Lid van Sonnisheide en een onderste Lid van Asdonk staan op het programma voor 2010.

Momenteel circuleren bij onze Waalse collega's verschillende voorstellen tot aanpassing van de lithostratigrafische indeling van het Krijt voor de Doornikse regio. Overleg hierover is lopende bij de NCS- Subcommissie voor Krijtstratigrafie. Eens de nieuwe indeling is geratificeerd zullen wij deze toepassen voor het Krijt in zuid West-Vlaanderen. Momenteel dienen wij de voorstellen voor de nieuwe leden voor de Vert Galand Formatie (Lid van Nieuwkerke-Noordhoek en Lid van Nieuwkerke-De Seule) niet in bij de NSC omdat het niet zeker is dat de Formatie van Vert Galand als dusdanig behouden zal blijven.



*Figuur 1. Schematische voorstelling van de lithostratigrafische correlatie gebruikt bij de krijtfacieskartering.*

### 2.3 Werkwijze

Alle waarnemingen gebruikt bij het opstellen van het 3D model voor de top en basis van de Krijtsedimenten (Matthijs & Lagrou, 2007) werden geïnterpreteerd in functie van de voorgaande nieuwe lithostratigrafische indeling van het Krijt. Deze interpretaties werden in een worksheet opgeslagen. Voor sommige waarnemingen werden aanpassingen gedaan voor wat de voorheen geïnterpreteerde diepte van de top en de basis van het Krijt betreft. Verder werd een aantal nieuwe waarnemingen toegevoegd.

#### 2.3.1 Aanvankelijke werkwijze

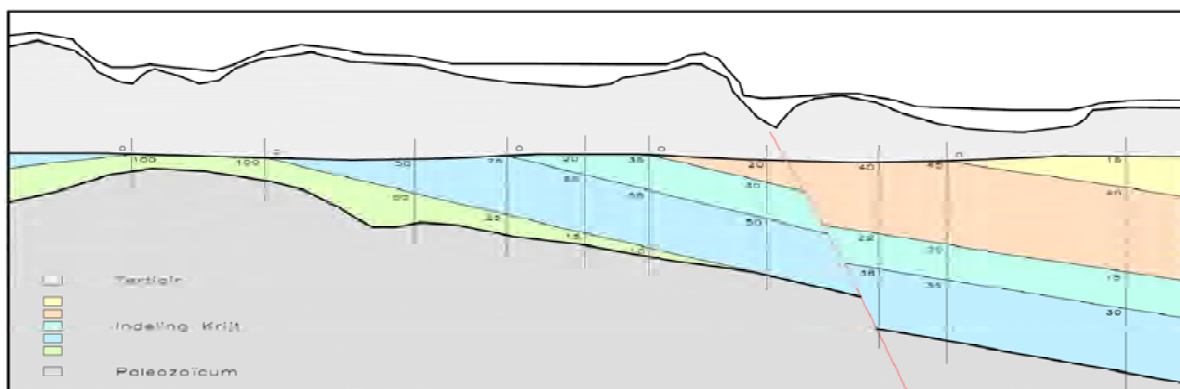
De aanvankelijke opzet bestond er in om per lithostratigrafische eenheid een diktemodel op te stellen via isopachen gebaseerd op de absolute diktes per pakket waargenomen in de verschillende boringen. Afhankelijk van de stratigrafische positie van de gemodelleerde eenheid zou dit diktemodel onderaan het model van de top van het Krijt of bovenaan de basis van het Krijt toegevoegd worden. Op deze manier zou de rekenkundige som of het rekenkundig verschil van voorgaande modellen leiden tot een 3D model voor het top- of basisvlak van de gemodelleerde eenheid. Zo zou van boven uit en/of van onder uit het ganse Krijtpakket stelselmatig ingevuld worden met grensvlakken tussen de verschillende interne pakketten. De informatie over de dikte per lithostratigrafische eenheid was evenwel te fragmentarisch en te sterk wisselend om op basis daarvan diktemodellen aan te maken. Veelal was er immers tijdens de interpretatie geen opdeling of slechts een gedeeltelijke opdeling van het Krijt in de verschillende formaties en/of leden mogelijk. De opdeling zoals voorgesteld in Lagrou et al. 2005 is hoofdzakelijk gebaseerd op geofysische boorgatmetingen. Van de 3000 waarnemingen, gebruikt voor het opstellen van het 3D model van de top en basis van het Krijt, zijn er hooguit 10% voorzien van geofysische boorgatmetingen. Voor de overige 90% was het bijgevolg enkel mogelijk te steunen op de boorbeschrijvingen, waarvan de kwaliteit sterk varieert, afhankelijk van boormethode, de frequentie van bemonstering, de beschrijver, e.a. In een groot deel van de waarnemingen wordt dan ook het geheel aan afzettingen van top tot basis simpelweg als "krijt" beschreven.

#### 2.3.2 Gebruikte werkwijze

Om voorgaand euvel op te vangen en toch geologisch gezien realistische grensvlakken te construeren, werd er gesteld van het geheel proportioneel te benaderen. Hierbij werd er vertrokken van de veronderstelling dat de proporties, waarin de verschillende pakketten binnen het Krijt voorkomen, minder snel variëren dan de absolute diktes van deze pakketten zelf. Kort samengevat kan er gesteld worden dat:

- het Krijt wordt afgedekt door Tertiaire lagen, met andere woorden het Krijt komt onder het Tertiair voor in subcrop;
- elke lithostratigrafische eenheid binnen het Krijt heeft bijgevolg een onderste en een bovenste subcropgrens;
- de proportie van elke eenheid neemt toe van 0% bij de onderste subcropgrens naar x% bij de bovenste subcropgrens, met  $x=100$  voor de onderste eenheid en  $0 < x < 100$  voor elke andere eenheid (de proportie voor de onderste eenheid bedraagt trouwens voor elk punt binnen zijn subcropgebied 100%);
- bij de bovenste subcropgrens bereikt de proportie zijn maximale waarde voor de onderzochte eenheid en neemt vanaf dan terug af als gevolg van nieuwe eenheden die er bovenop komen te liggen;
- bij monoklinaal hellende lagen zal de bovenste eenheid in proportie blijven toenemen, waarbij deze proportie maximaal 100% kan worden (in het geval de andere onderliggende eenheden uitwijken);

- afhankelijk van de complexiteit waarmee de verschillende eenheden zich binnen het Krijt voordoen, kan de variatie in proportie in beperkte mate van het hierboven beschreven stramien afwijken;



*Figuur 2. Schematische voorstelling van de proportieverdeling voor de verschillende lithostratigrafische eenheden binnen het Krijt.*

Vertrekkend van dit concept, werd voor elke lithostratigrafische eenheid per waarneming de proportie berekend ten opzichte van de totale dikte van het Krijt. In geval het Krijt niet over de ganse dikte doorboord werd, zouden deze proporties niet kunnen berekend worden. Om toch voor zoveel mogelijke pakketten en waarnemingen over voornoemde proporties te beschikken, werd voor deze waarnemingen de dikte gebruikt bekomen uit het rekenkundig verschil tussen de 3D modellen voor de top en basis van het Krijt, met andere woorden uit het 3D model met de totale dikte van het Krijt. Voor het laatst aangesneden pakket in deze boringen werd dan een minimum proportie berekend die als leidraad kon dienen bij het opstellen van het model.

Concreet werd er als volgt te werk gegaan:

- per te modelleren eenheid werden de proporties per waarneming in kaart gebracht;
- op basis hiervan werd tussen de 0-proporties en de andere proporties een onderste subcropgrens getekend, waarbij enerzijds rekening werd gehouden met het breukenpatroon in het Bekken van de Kempen en de Roerdalslenk en het paleoreliëf op het Massief van Brabant en anderzijds met bestaande figuren uit de literatuur (Felder et al., 2005; Felder, 1994, 1995, 2001; Felder & Bosch, 1984, 2000; TNO, 1999, 2001, 2003) voor het gebied in de onmiddellijke omgeving van, maar net buiten de grenzen van Vlaanderen;
- binnen het aldus afgebakende voorkomengebied werd een interpolatie uitgevoerd tussen de proporties van de verschillende waarnemingen, waarbij de onderste subcropgrens met een proportie 0 voorzien werd;
- voor het Bekken van de Kempen en de Roerdalslenk werden er afhankelijk van de verdeling van de proporties over de waarnemingen, geregeld breukblokken afgescheiden waarbinnen één welbepaalde waarde als proportie werd aangehouden (voornamelijk rond de randbreuken van de slenk);
- zo werd een raster met proporties verkregen;
- vervolgens werd het product gemaakt tussen dit proportieraster en het raster met de totale dikte van het Krijt, wat op zich resulteert in een raster met de dikte van de te modelleren eenheid;
- tenslotte werd dit dikteraster onderaan het raster van de top van het Krijt geplakt (rekenkundige som) en werd aldus een raster met de basis van de te modelleren eenheid verkregen;



- de "geologie" (o.a. breuken en paleoreliëf) werd in dit raster ingebracht aan de hand van de geologie die in de 3D modellen van de top en basis van het Krijt vervat zit (Matthijs & Lagrou, 2007). De geologische structuren drukken zich door naar de basis van de gemodelleerde eenheid aan de hand van het raster met de totale dikte van het Krijt waarmee het proportieraster vermenigvuldigd wordt. Ook de optelsom tussen het dikteraster en het raster van de top van het Krijt brengen deze geologische structuren in het model.

In dit proces werden eerst alle rasters met de proporties aangemaakt. Vervolgens werd ter controle de som van al deze rasters gemaakt, waarbij deze som nergens 100% mag overschrijden. Dit was evenwel niet het geval, aangezien niet alle rasters op basis van dezelfde waarnemingen aangemaakt zijn. Het lokale teveel aan percentage werd in de lithostratigrafische eenheden met de grootste proportie weggewerkt. Er werd tegelijk van bovenuit (vanaf de top van Krijt) als van onderuit (vanaf de basis van het Krijt) te werk gegaan. Hierbij werden naar het "midden" toe uiteindelijk alle mogelijke overschrijdingen van percentage in de Formatie van Gulpen gebufferd. Eenmaal het geheel aan proportierasters op elkaar afgestemd, werd per te modelleren eenheid de rest van de bovenstaande procedure afgewerkt.

Voor de Voerstreek werd er op een andere manier gewerkt. Hier dagzoomt het Krijt immers. Proportioneel te werk gaan in dit gebied zou geologisch gezien een weinig realistisch resultaat opleveren. Het reliëf in de top van het Krijt, als gevolg van de Quartaire erosie, zou bij het volgen van voorgaande procedure in de basis van elke lithostratigrafische eenheid doorgedrukt worden. Dit levert bijgevolg geen correct resultaat op. Vandaar dat er op dit kleine oppervlak wel gewerkt werd met absolute diktes en de daaruit geconstrueerde diktemodellen. Deze diktemodellen werden van onderuit stelselmatig bij het 3D model voor de basis van het Krijt opgeteld. Vervolgens werd per te modelleren eenheid de snijding gemaakt tussen het zo verkregen model en het 3D model voor de top van het Krijt. Op deze wijze werd de dagzoomgrens van elke lithostratigrafische eenheid bekomen. De cellen van het raster binnen de dagzoomgrenzen werden behouden, de andere werden verwijderd.

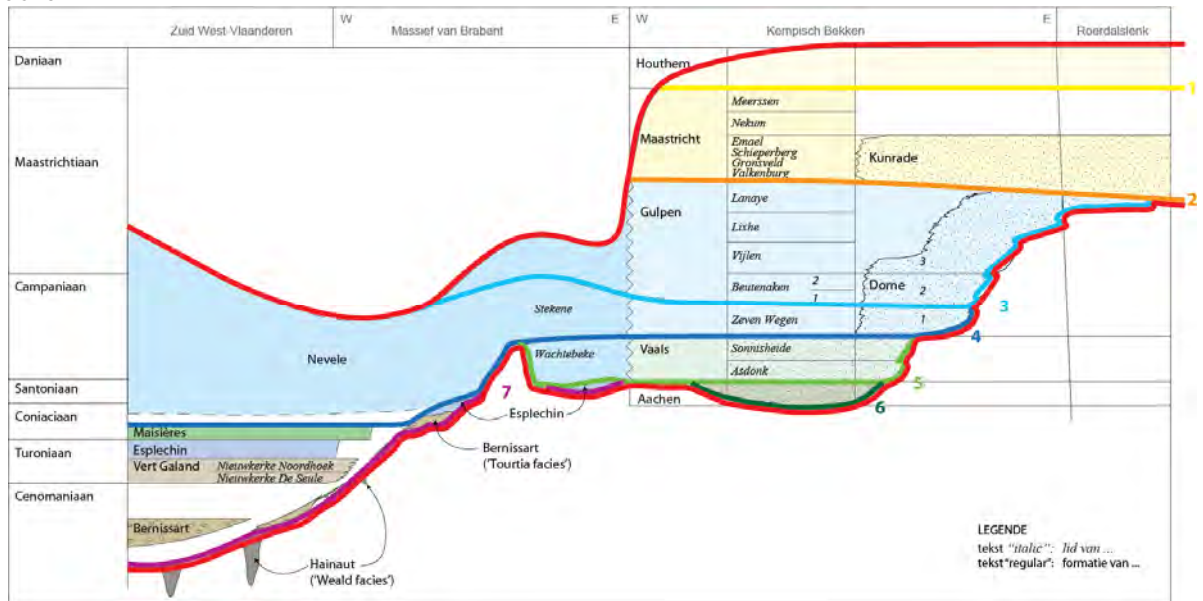
### 2.3.3 Gemodelleerde lithostratigrafische eenheden

Er werd getracht om zoveel mogelijk geologisch relevante grensvlakken te modelleren. Dit heeft tot gevolg dat de grensvlakken niet steeds overeenkomen met de basis van één welbepaalde formatie, maar dat de grensvlakken meestal een combinatie vormen van de basissen van verschillende lateraal van elkaar gelegen lithostratigrafische eenheden. Zo'n grensvlak wordt als één vlak voorgesteld en niet als een oppervlak opgebouwd uit deelvlakken. De geografische opdeling in deelvlakken met verschillende laterale faciës werd hierbij bewust niet gemaakt, aangezien de faciësovergang meestal zeer geleidelijk verloopt en niet op een welbepaalde lijn te duiden valt.

De volgende grensvlakken werden gemodelleerd:

- de basis van de Formatie van Houthem (LIJN1)
- de basis van de Formatie van Maastricht/Kunrade (LIJN2)
- de basis van het Lid van Beutenaken/Dorne 2 en de Formatie van Gulpen bij het Massief van Brabant (LIJN3)
- de basis van het Lid van Stekene/Zeven Wegen/Dorne 1 en in het zuiden van West Vlaanderen van de Formatie van Nevele (LIJN4)
- de basis van het Lid van Wachtebeke/de Formatie van Vaals (LIJN5)
- de basis van de Formatie van Aken (LIJN6)
- de basis van de formaties van Maisières, Esplechin, Vert Galand en Bernissart (LIJN7)

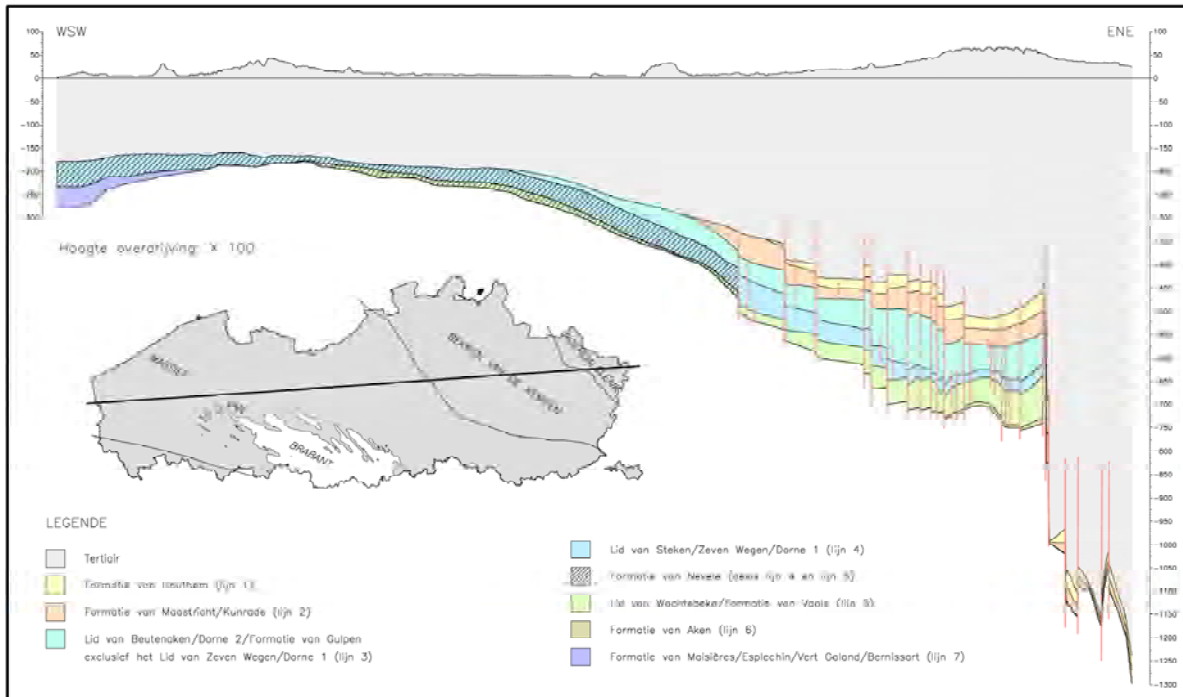
De basis van de Groep van Hainaut, beter gekend als het Weald faciës, werd niet gemodelleerd. De afzettingen van deze formatie zijn hoofdzakelijk van continentale oorsprong. Hun voorkomen is zeer onregelmatig en wordt in sterke mate bepaald door het lokale paleoreliëf op de zuidrand van het Massief van Brabant. De sedimenten worden meestal aangetroffen in karstholten en dolines of *crans* (trechtersvormige verzakkingspijpen) in de kalksteen van het Dinantiaan. De vorm van de afzetting op zich maakt het onmogelijk om enkel op basis van boringen het basisvlak van deze sedimenten te reconstrueren. Een juiste datering van deze Weald afzettingen is problematisch. De oudste afzettingen zouden reeds kunnen dateren van het Boven-Jura.



Figuur 3. Schematische voorstelling van de gemodelleerde grensvlakken.

## 2.4 Gemodelleerde grensvlakken

De verschillende gemodelleerde grensvlakken tussen belangrijke lithostratigrafische eenheden zullen kort besproken worden in het licht van de opbouw van het 3D lagenmodel. Tijdens deze opbouw werd er getracht zo te modelleren dat er een "sluitend" geologisch verhaal uit voort zou vloeien. Gemakkelijkheids halve wordt er hierbij gestart van onderuit, het is te zeggen met de oudste pakketten binnen het Krijt.



Figuur 4. Metrisch profiel met de voorstelling van de verschillende gemodelleerde lithostratigrafische eenheden.

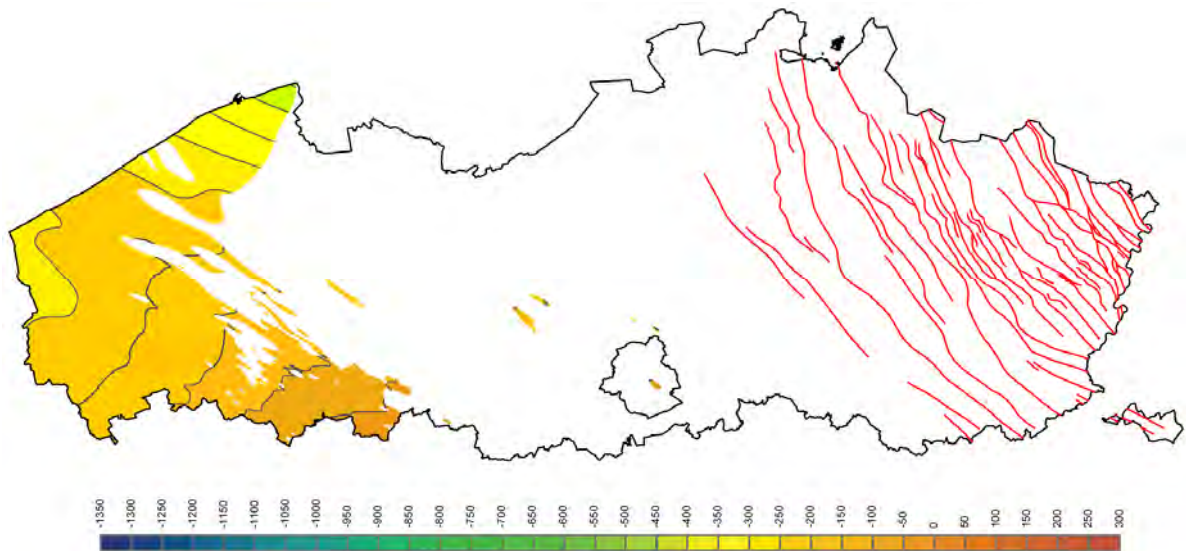
### 2.4.1 De formaties van Maisières, Esplechin, Vert Galand en Bernissart (Iijn 7)

Alle formaties afgezet tijdens het Cenomaniaan, Turoniaan, Coniaciaan en deels ook het Santoniaan werden samengenomen en als één pakket gemodelleerd. De Groep van Hainaut wordt niet meegenomen binnen dit pakket. Het gaat hier om voornoemde Weald afzettingen teruggevonden in spleten, karsthouten, zinkputten en dolines van de onderliggende Dinantiaan kalksteen uit het Paleozoïcum. Eigenlijk liggen deze sedimenten onder het "algemeen" basisvlak van het Krijt.

De hoofdzakelijk zandige en mergelige sedimenten van de formaties van Maisières, Esplechin, Vert Galand en Bernissart zijn terug te vinden ten zuiden van de as van het Oud-Paleozoïsche Massief van Brabant in het zuidwesten van Vlaanderen. Ten noorden van de as van het Massief van Brabant zijn sedimenten waargenomen die lithologisch gezien een gelijkaardig karakter vertonen als de hier verzamelde formaties. Mogelijk gaat het hier om sedimenten van het Santoniaan. Ondanks het verschil in ouderdom en juist omwille van de lithologie werden deze gesteenten lithostratigrafisch als behorend tot bovenstaande formaties gerekend. Het gaat hier waarschijnlijk om lokaal afbraakmateriaal afkomstig van paleotopografisch hoger gelegen delen van het Massief van Brabant. De Formatie van Bernissart komt hoofdzakelijk voor in de onmiddellijke nabijheid van de as van het Massief van Brabant. De Formatie van Vert Galand is voornamelijk terug te vinden ten zuiden van de as van het Massief van Brabant. De



Formatie van Esplechin is het meest verbreid en werd waargenomen tot in het noorden van West-Vlaanderen. De verbreiding van de Formatie van Maisières beperkt zich dan weer volledig tot het gebied ten zuiden van de as van het Massief van Brabant, waarbij het voorkomen een willekeurig patroon lijkt te vertonen. Deze verzameling aan formaties heeft een maximale dikte van ongeveer 80 meter.

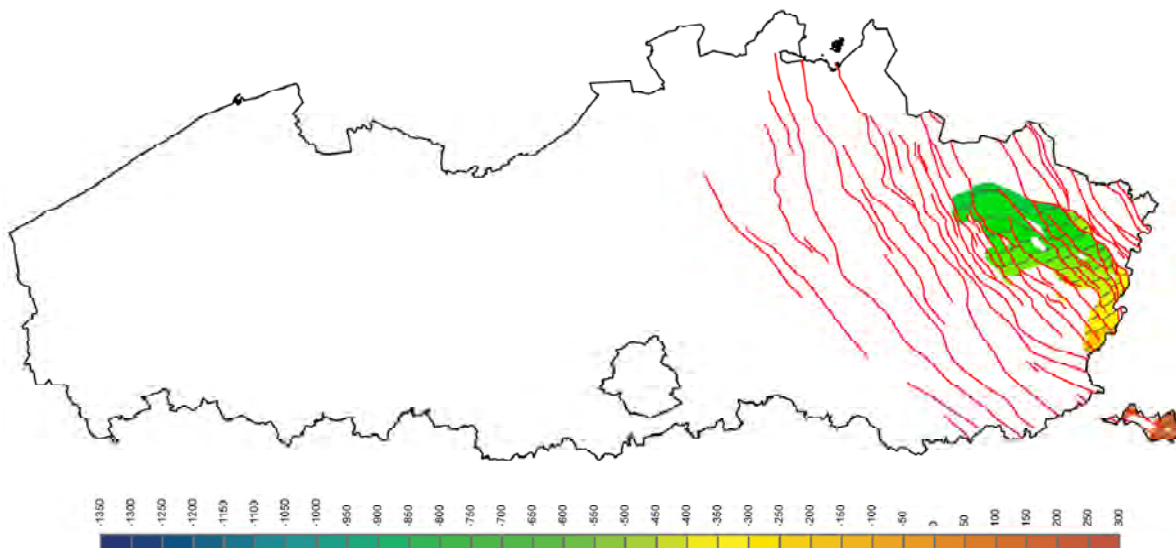


*Figuur 5. Verbreiding en verloop van de basis van de formaties van Maisières, Esplechin, Vert Galand en Bernissart.*

Bij het modelleren werd er van uitgegaan dat deze verzameling aan sedimenten de laagten in het paleoreliëf van het Oud-Paleozoïsche Massief van Brabant opgevuld heeft. Dit kan afgeleid worden uit de waarnemingen, waarbij op de toppen van dit paleoreliëf weinig of geen afzettingen van die aard werden aangetroffen, terwijl de dikste afzettingen juist in de dalen van het paleoreliëf waargenomen worden. Vandaar werd er een onderste subcropgrens getekend die in sterke mate de contouren van het paleoreliëf volgt. Ten noorden van de as van het Massief van Brabant komt er geen continue afzetting van deze sedimenten voor en de kleine vlekken met gelijkaardige lithologie vormen dan waarschijnlijk de voornoemde afbraakproducten van het Massief van Brabant afgezet gedurende het Santoniaan. Dit zou er op kunnen wijzen dat het gebied ten noorden van de as van het Massief van Brabant tijdens de afzetting van de verzamelde formaties topografisch gezien hoger lag. Ondanks de zeer hoge gemiddelde zeespiegelstand tijdens het Turoniaan werd bijgevolg enkel het zuidwesten van Vlaanderen door de Krijtzees overspoeld. Naast de onderste subcropgrens met proportie 0 werd er ook een bovenste subcropgrens met proportie 100 ingetekend, die de zones afbakt waar de volledige dikte van het Krijt bestaat uit deze sedimenten. Op basis van de proporties van de subcropgrenzen en de proporties uit de waarnemingen, aangevuld met enkele 3D structuurlijnen in de dalen van het paleoreliëf om de interpolatie te leiden, werd een proportieraster bekomen. Dit werd met het raster van de totale dikte van het Krijt vermenigvuldigd. Het zo verkregen dikteraster werd dan voor het subcropgebied bij het raster van de basis van het Krijt opgeteld. Het nieuwe raster stelt de top van de gemodelleerde eenheid voor. Het uiteindelijke raster van de basis wordt bekomen door alle cellen van het raster met de basis van het Krijt, gelegen buiten de subcropgrenzen van het gemodelleerde lithostratigrafisch pakket, te verwijderen.

### 2.4.2 De Formatie van Aken (lijn 6)

De Formatie van Aken komt enkel voor in het oosten van Vlaanderen in de provincie Limburg. Het betreft hoofdzakelijk klastische sedimenten die lijken afgezet te zijn in een ondiep bekken gelegen tussen een horst, ter hoogte van de huidige Roerdalslenk, en het Bekken van de Kempen dat toen waarschijnlijk topografisch ook iets hoger gelegen was. Mogelijk moeten deze sedimenten als afbraakproducten van de uitstekende horst aanzien worden. Op basis van de proporties uit de waarnemingen, lijkt het huidige voorkomen van de Formatie van Aken sterk breukgebonden. Ter hoogte van de westelijke rand van verschillende breukblokken binnen het "continue" voorkomengebied van de Formatie van Aken, komen er vlekken voor waar de formatie afwezig is. Omgekeerd komen er buiten het "continue" voorkomengebied aan de oostelijke rand van enkele breukblokken vlekken voor waar de formatie juist wel aanwezig is. De onderste subcropgrens die voor de Formatie van Aken ingetekend werd, vertoont dan ook een grillig karakter. De oostelijke grens van het voorkomengebied wordt gevormd door de randbreuken van de huidige Roerdalslenk. De Formatie van Aken heeft een maximale dikte van ongeveer 20 meter.



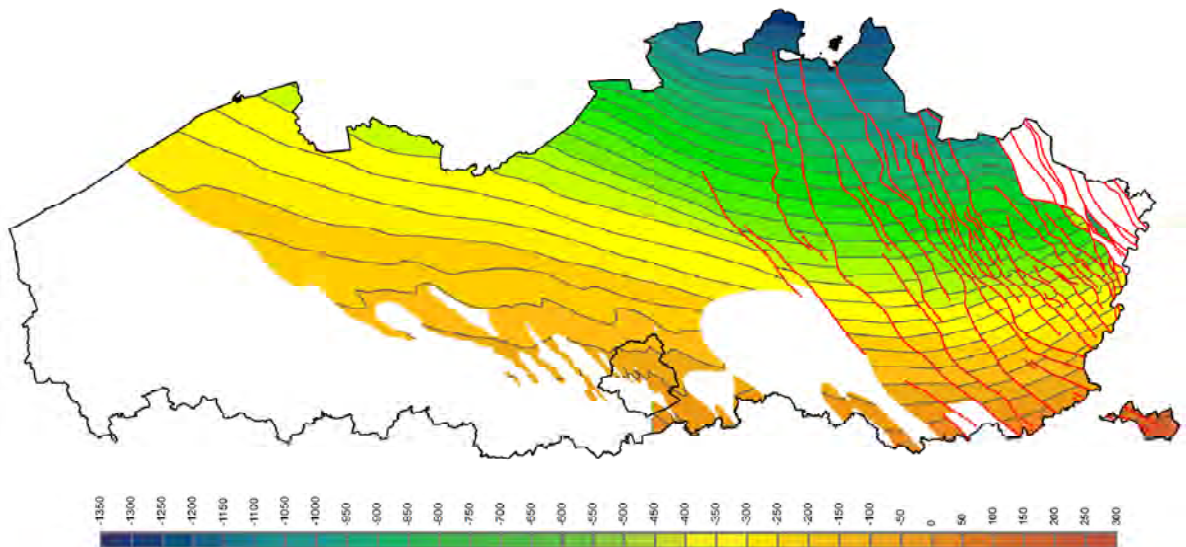
*Figuur 6. Verbreiding en verloop van de basis van de Formatie van Aken.*

Op basis van de onderste subcropgrens met proportie 0 en de proporties uit de waarnemingen, aangevuld met enkele 3D structuurlijnen voor de afbakening van enkele breukblokken werd een raster met de proporties aangemaakt. Verder werden dezelfde stappen uitgevoerd als voor het voorgaande pakket.

### 2.4.3 Het Lid van Wachtebeke/de Formatie van Vaals (lijn 5)

Volgens de nieuwe lithostratigrafie van het Krijt voorgesteld door Lagrou et al. (2005) zijn het Lid van Wachtebeke van de Formatie van Nevele en de Formatie van Vaals laterale equivalenten. Het Lid van Wachtebeke wordt aangetroffen in het westen van Vlaanderen terwijl de Formatie van Vaals eerder in het oosten van Vlaanderen voorkomt. Uit de proporties van deze sedimenten in de waarnemingen werden een onderste subcropgrens met proportie 0 en een bovenste subcropgrens met proportie 100 getekend. Ten noorden van het Massief van Brabant wordt een zone aangetroffen waar deze afzettingen 100% van de totale dikte van het Krijt uitmaken. Vandaar naar het westen toe neemt de proportie stelselmatig af tot quasi 0% net ten zuiden van

Oostende. Naar het oosten is er eveneens een afname tot 0% waar te nemen ter hoogte van Oost-Brabant. Hier komen de sedimenten vlekgewijs voor. Verder naar het oosten in het Bekken van de Kempen stijgen de proporties dan weer tot 20% à 30%. De randbreuken van de Roerdalslenk vormen hier nog steeds een belangrijke voorkomengrens. Ten zuiden van de as van het Massief van Brabant hebben alle waarnemingen een proportie 0. Dit gebied zal bijgevolg tijdens de sedimentatie boven zeeniveau gelegen zijn. Het gebied ten noorden van het Massief van Brabant, dat tijdens het Turoniaan boven zeeniveau lag, wordt daarentegen nu juist door de zee overspoeld. Aangezien na het Turoniaan de zeespiegel gevoelig daalt, kan dit enkel verklaard worden als gevolg van subsidentie in het noorden van Vlaanderen. De horst ter hoogte van de huidige Roerdalslenk zal nog boven zeeniveau gestoken hebben, maar er is toch al een aanvang gemaakt met het zakken van dit gebied aangezien er op één breukblok binnen de slenkzone afzettingen van Vaals aangetroffen worden. De maximale dikte van het gemodelleerde pakket bedraagt ongeveer 100 meter. Ter hoogte van de Roerdalslenk kunnen, binnen het ArcGIS raster, lokaal diktes tot 170 meter voorkomen als gevolg van randeffecten rond breuken met grote breukbedragen.



*Figuur 7. Verbreiding en verloop van de basis van het Lid van Wachtebeke/de Formatie van Vaals.*

Afgaande op de proportionele verdeling van de afzettingen, kan er gezegd worden dat de sedimenten aanvankelijk de laagten in het paleoreliëf van het Massief van Brabant opvulden. Lokaal bleven de toppen van het paleoreliëf boven het sedimentatieniveau uitsteken. Het waarom van het ontbreken van de afzettingen in het oosten van de provincie Brabant is niet gekend. Ofwel zijn de sedimenten er nooit afgezet en stak dit gebied lokaal boven zeeniveau uit, ofwel zijn de weinige sedimenten, die hier afgezet werden, nadien geërodeerd. Het laatste is evenwel weinig plausibel aangezien het hier om een subsiderend bekken gaat, dat nadien verder overspoeld werd door de zee als gevolg van een opnieuw stijgende zeespiegel, die zijn maximale stand bereikt bij de aanvang van het Boven-Campaniaan.

Op basis van de proporties toegekend aan de subcropgrenzen en de proporties van de waarnemingen, aangevuld met 3D structuurlijnen volgens het paleoreliëf, werd er een proportieraster aangemaakt van de afzettingen. Verder werden dezelfde stappen uitgevoerd als voor het voorgaande pakket.

Met andere woorden het proportieraster werd vermenigvuldigd met het raster van de totale dikte van het Krijt. Hieruit werd een dikteraster verkregen voor de afzettingen van het Lid van Wachtebeke/de Formatie van Vaals. Dit raster werd vervolgens opgeteld bij het raster dat bekomen werd uit de som van het raster van de basis van het Krijt met de dikterasters van de Formatie van Aken en de verzameling aan formaties van Maisières, Esplechin, Vert Galand en Bernissart. Hieruit werd dan het raster bekomen voor de top van het Lid van Wachtebeke/de Formatie van Vaals. Voor het raster van de basis werd er gebruik gemaakt van de som van rasters van de basis van het Krijt en de dikte van de verzameling aan formaties van Maisières, Esplechin, Vert Galand en Bernissart en de Formatie van Aken. Alle cellen buiten de onderste subcropgrens werden vervolgens uit dit bestand verwijderd.

#### **2.4.4 Het Lid van Stekene/Zeven Wegen/Dorne 1 en in het zuidwesten van Vlaanderen de Formatie van Nevele (lijn 4)**

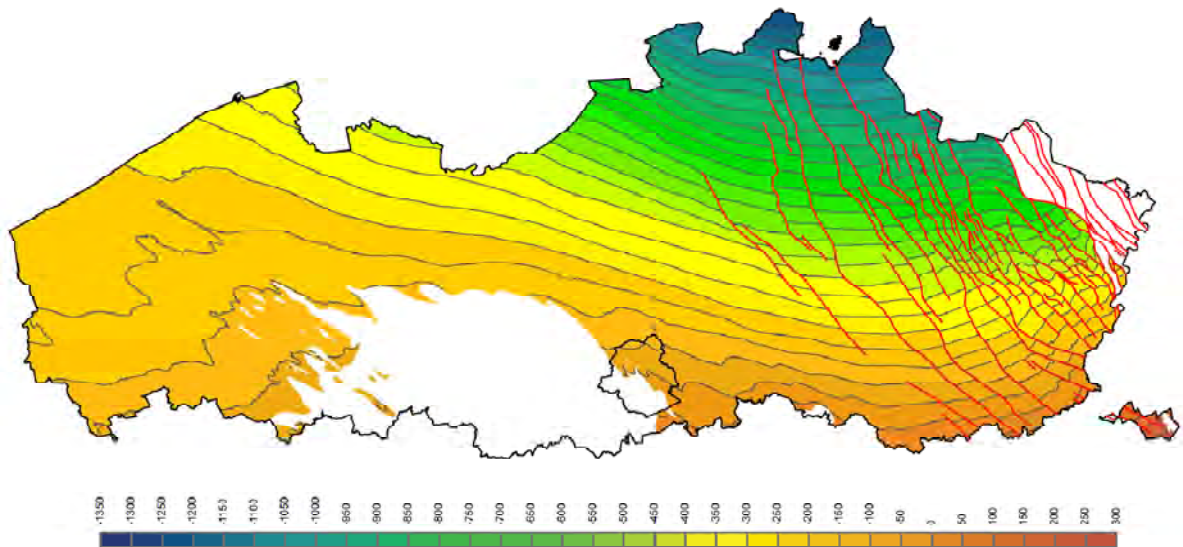
De nieuwe lithostratigrafie van het Krijt voorgesteld door Lagrou et al. (2005) ziet het Lid van Stekene van de Formatie van Nevele en de leden van Zeven Wegen en Dorne 1 van de Formatie van Gulpen als laterale equivalenten. De basissen van deze leden werden bijgevolg als één grensvlak gemodelleerd. Uit de verdeling van de proporties in de waarnemingen blijken deze leden over het grootste deel van Vlaanderen voor te komen. Enkel op de as van het Massief van Brabant en in de Roerdalslenk vertonen de waarnemingen een proportie 0 en zijn ze dan ook afwezig. Aan de randbreuken met de Roerdalslenk zijn er duidelijk bewegingen aan de gang. Zo komen er op het ene breukblok binnen de Roerdalslenk met afzettingen van Vaals, geen afzettingen van het Zeven Wegen/Dorne 1 pakket voor. Verder wordt er net binnen het Bekken van de Kempen, aan de andere kant van de randbreuken dus, ook een breukblok zonder de hier besproken afzettingen aangetroffen. De horst is bijgevolg tektonisch actief en in de onmiddellijke omgeving er rond worden de meer zandige sedimenten van het lid van Dorne 1 afgezet.

In de zones rond het Massief van Brabant waar de vorige lithostratigrafische pakketten met een proportie van 100 voorkwamen, zijn de sedimenten van Stekene/Zeven Wegen afwezig. De subcropgrenzen van de vorige pakketten met een proportie 100 vormen in dit geval de onderste subcropgrens van Stekene/Zeven Wegen met proportie 0. Ten zuiden van de as van het Massief van Brabant, in het zuiden van West-Vlaanderen, waar de afzettingen van de formaties van Maisières, Esplechin, Vert Galand en Bernissart het paleoreliëf opvullen, worden nu opnieuw sedimenten afgezet. De proporties variëren sterk naargelang het paleoreliëf verder dient te worden opgevuld. De totale som aan proporties bedraagt voor dit gebied nu 100. Met andere woorden afhankelijk van het paleoreliëf worden er hier in sommige gevallen enkel afzettingen van de formaties van Maisières, Esplechin, Vert Galand en Bernissart aangetroffen, in andere gevallen wordt daar bovenop nog de Formatie van Nevele aangetroffen, en in nog andere gevallen komt er enkel de Formatie van Nevele voor. Als proportie voor de Formatie van Nevele wordt dan ook in het zuiden van West-Vlaanderen het verschil gebruikt tussen proportie 100 en de proporties van de verzameling aan afzettingen van de formaties van Maisières, Esplechin, Vert Galand en Bernissart (zie 2.4.1.).

De sedimenten van het zuivere witte schrijfkrijt worden aanzien als afgezet in relatief diep water, tenminste onder de basis van de golfslag. Ze werden waarschijnlijk afgezet tijdens de hoogste zeespiegelstand bij de aanvang van het Boven Campaniaan. Terwijl het noorden van Vlaanderen verder aan subsidentie onderhevig was, blijft het gebied ten zuiden van de as van het Massief van Brabant topografisch gezien op quasi gelijke hoogte liggen. De hoge zeespiegelstand bij de aanvang van het Boven Campaniaan zorgt er evenwel voor dat het zuiden van West-Vlaanderen opnieuw door de zee



overspoeld wordt. Hierbij wordt het witte krijt van het Lid van Stekene, dat hier de volledig de Formatie van Nevele uitmaakt, afgezet. Het hier gemodelleerde pakket bereikt een maximale dikte van ongeveer 70 meter. Net als bij het vorige pakket kunnen er hier in de nabijheid van de Roerdalslenk, binnen het ArcGIS raster, lokaal diktes tot 130 meter optreden als gevolg van randeffecten rond breuken met grote breukbedragen.



*Figuur 8. Verbreiding en verloop van de basis van het Lid van Stekene/Zeven Wegen/Dorne 1 en in het zuidwesten van Vlaanderen de Formatie van Nevele.*

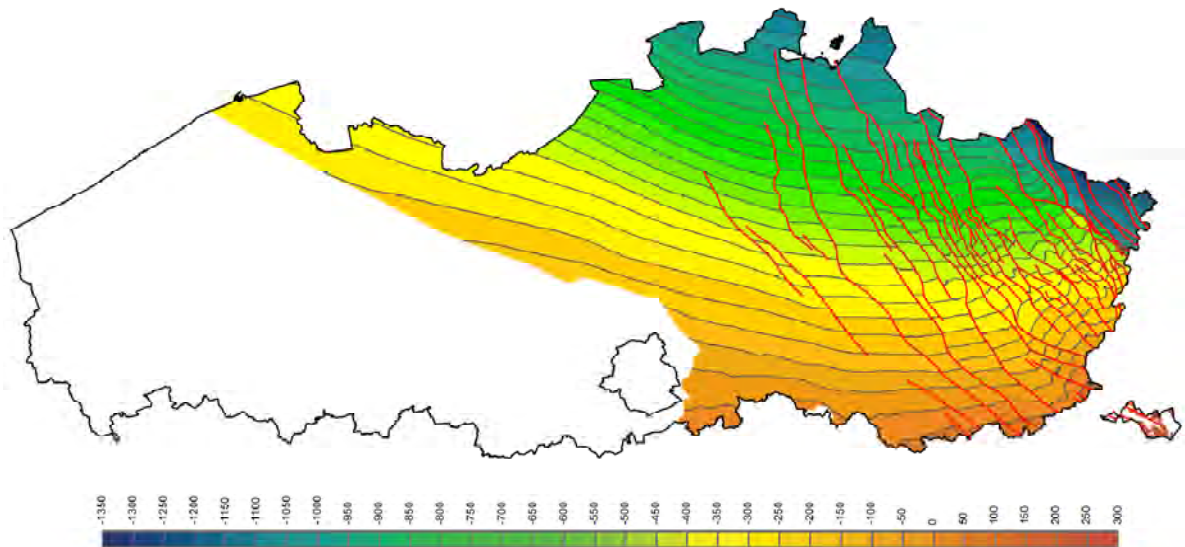
Net als in de vorige gevallen wordt er aan de hand van de subcropgrenzen met proportie 0 en 100 en aan de hand van de proporties uit de waarnemingen, hier aangevuld met de inverse proporties van verzameling aan formaties van Maisières, Esplechin, Vert Galand en Bernissart voor het zuiden van West-Vlaanderen, een proportieraster aangemaakt. Het product van dit raster met het raster van de totale dikte van het Krijt resulteert in een dikteraster voor het Lid van Stekene/Zeven Wegen/Dorne 1 of in het zuidwesten van Vlaanderen voor de Formatie van Nevele. Dit raster wordt dan op zich weer bij de som van alle vorige dikterasters en het raster van de basis van het Krijt opgeteld. Zo wordt het raster met de top van het Lid van Stekene/Zeven Wegen/Dorne 1 of de Formatie van Nevele verkregen. Om het raster van de basis aan te maken, wordt eerst de som gemaakt van het raster met de som van alle vorige dikterasters en het raster van de basis van het Krijt. Vervolgens worden alle cellen buiten de subcropgrenzen van de gemodelleerde eenheid verwijderd.

#### **2.4.5 Het Lid van Beutenaken/Dorne 2 en nabij het Massief van Brabant de Formatie van Gulpen (lijn 3)**

Vanaf de aanvang van het Boven Campaniaan begint de zeespiegel opnieuw te dalen. Een daling die doorgaat tot het einde van het Krijt. Enkel het gebied ten noorden van de as van het Massief van Brabant, dat nog steeds aan subsidentie onderhevig is, ligt onder zeeniveau. Hier worden dan ook de afzettingen van Gulpen (exclusief het Lid van Zeven Wegen/Dorne 1) aangetroffen. Ook het gebied van de Roerdalslenk dat voorheen als horst uitstak, wordt nu volledig overspoeld. Ten zuiden van de as van het Massief van Brabant worden waarschijnlijk vanaf nu geen sedimenten van Krijtouderdome meer afgezet. Mocht dit evenwel niet zo zijn, dan zijn ze in ieder geval niet bewaard

gebleven. Het hier beschreven pakket aan sedimenten heeft een maximale dikte van ongeveer 180 meter.

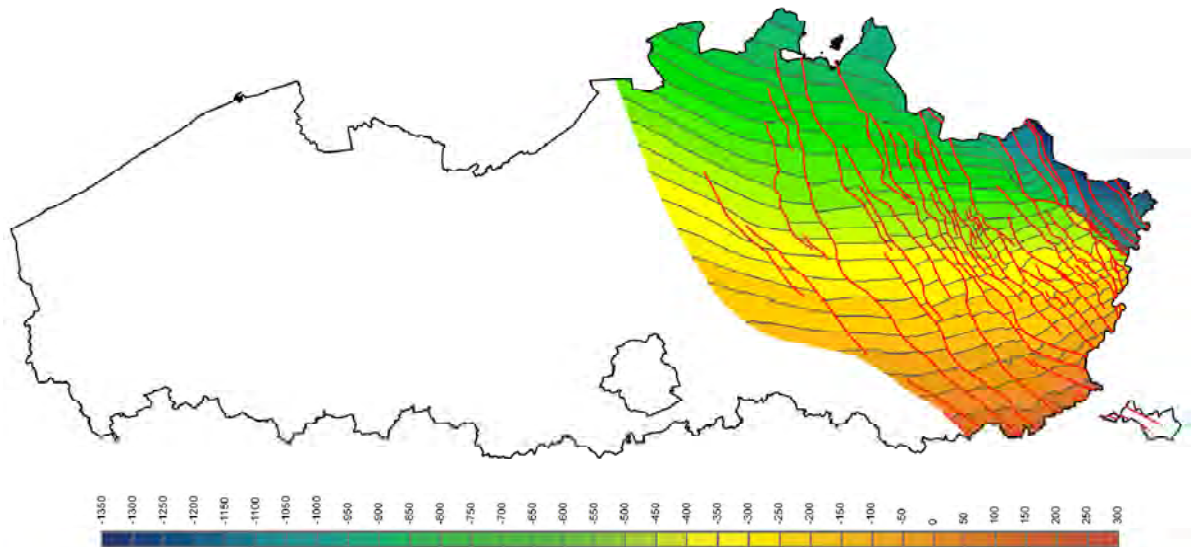
Op basis van de proporties in de waarnemingen wordt er een onderste subcropgrens of een grens met proportie 0 getekend. Het raster met de proporties voor dit pakket wordt gevormd door het restant dat overblijft na de optelsom van alle proporties van de voorgaande afzettingen (zie 2.4.1., 2.4.2., 2.4.3. en 2.4.4.) en de proporties van de Formaties van Maastricht en Houthem (zie verder 2.4.6. en 2.4.7.). Met andere woorden eerst wordt de rekenkundige som gemaakt van de proporties van alle eenheden binnen het Krijt, met uitzondering van het hier beschreven pakket. Vervolgens wordt het rekenkundig verschil gemaakt tussen het voorgaand raster en een raster volledig bestaand uit 100%. Het resultaat hiervan geeft het proportieraster voor de Formatie van Gulpen exclusief het Lid van Zeven Wegen/Dorne 1. De waarden van dit proportieraster worden vergeleken met de proporties uit de waarnemingen zelf. Globaal is er een goede overeenkomst, lokaal treden er kleine verschillen op. Op basis van dit proportieraster wordt dan weer volgens de gewone procedure een raster aangemaakt voor de top en de basis van de Formatie van Gulpen (exclusief het Lid van Zeven Wegen/Dorne 1).



*Figuur 9. Verbreiding en verloop van de basis van het Lid Beutenaken/Dorne 2 en nabij het Massief van Brabant de Formatie van Gulpen.*

### 2.4.6 De Formatie van Maastricht/Kunrade (lijn 2)

De Formatie van Maastricht werd enkel in het Bekken van de Kempen en de Roerdalslenk aangetroffen. De subsidentie van dit gebied zorgt ervoor, dat er ondanks de dalende zeespiegel toch sedimenten worden afgezet. Opnieuw wordt er hier op basis van de proporties uit de waarnemingen een onderste subcropgrens met proportie 0 ingetekend. Deze volgt de *outline* van het Bekken van de Kempen maar dan op een tiental kilometer meer naar het zuidwesten. In het zuidoosten van het Bekken van de Kempen zorgen de breuken voor een spronggewijze verplaatsing van de subcropgrens naar het zuiden. In de Voerstreek wordt de Formatie van Maastricht, waarschijnlijk als gevolg van erosie, niet aangetroffen. De Formatie van Maastricht/Kunrade bedraagt ongeveer 60 meter. In de Roerdalslenk kunnen, binnen het ArcGIS raster, lokaal diktes tot 110 meter voorkomen als gevolg van randeffecten rond breuken met grote breukbedragen.



Figuur 10. Verbreiding en verloop van de basis van de Formatie van Maastricht.

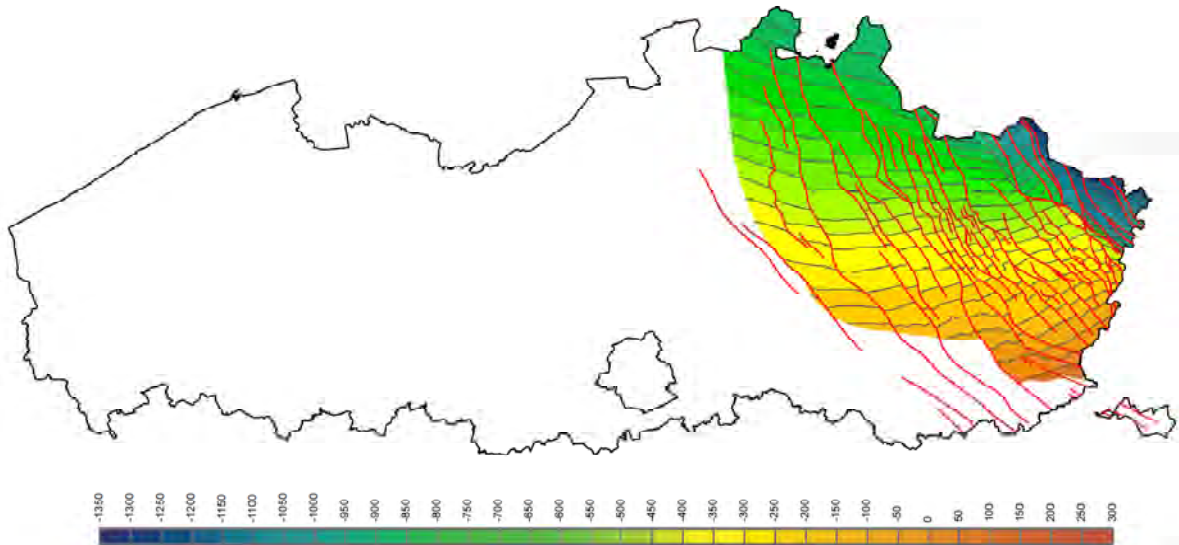
Ook voor de Formatie van Maastricht wordt er aan de hand van de onderste subcropgrens met proportie 0 en aan de hand van de proporties uit de waarnemingen een proportieraster aangemaakt. Dit wordt weer vermenigvuldigd met het raster van de dikte van het Krijt om aldus het raster met de dikte van de Formatie van Maastricht te verkrijgen. Dit dikteraster wordt afgetrokken van het verschil tussen het raster van de top van het Krijt en het raster met de dikte van de Formatie van Houthem (zie verder 2.4.7.). Zo wordt het raster met de basis van de Formatie van Maastricht bekomen. Het raster met de top van de Formatie van Maastricht wordt verkregen uit het verschil tussen de rasters met de top van het Krijt en de dikte van de Formatie van Houthem. Hierbij worden alle cellen buiten de subcropgrens van Maastricht uit het raster verwijderd.

#### 2.4.7 De Formatie van Houthem (lijn 1)

Net als voor de Formatie van Maastricht wordt de Formatie van Houthem enkel aangetroffen in het Bekken van de Kempen en in de Roerdalslenk. De subsidentie van het gebied laat ook hier toe dat er, ondanks de nog steeds dalende zeespiegel, toch sedimenten worden afgezet. Weer op basis van het voorkomen van waarnemingen met proportie 0 en waarnemingen met proporties hoger dan 0 wordt er een onderste subcropgrens getekend. Deze volgt weer de *outline* van het Bekken van de Kempen maar dan enkele kilometers meer naar het noordoosten. In het zuiden van het bekken verplaatst de subcropgrens zich ook hier sprongsgewijs langs breuken. In de Voerstreek wordt de Formatie van Houthem niet meer aangetroffen. De Formatie van Houthem bedraagt ongeveer 70 meter. In de Roerdalslenk kunnen, binnen het ArcGIS raster, lokaal diktes tot 120 meter voorkomen als gevolg van randeffecten rond breuken met grote breukbedragen.

De subcropgrens met proportie 0 en de proporties uit de waarnemingen laten toe een proportieraster aan te maken. Het product van dit raster met het raster van de dikte van het Krijt leidt tot een dikteraster voor de Formatie van Houthem. Tussen het raster met de top van het Krijt en het dikteraster wordt het rekenkundig verschil gemaakt. Dit

resulteert in een raster met de basis van de Formatie van Houthem. Het raster van de top van de Formatie van Houthem wordt gevormd door alle cellen van het raster van de top van het Krijt gelegen binnen de subcropgrens van de Formatie van Houthem.



*Figuur 11. Verbreiding en verloop van de basis van de Formatie van Houthem.*



---

## HOOFDSTUK 3      BESLUIT

---

Op basis van de proportionele verdeling van de dikte van de verschillende lithostratigrafische eenheden binnen het Krijt in de waarnemingen en de modellen van de totale dikte en van de top en basis van het Krijt werden voor 7 pakketten de grensvlakken (de top- en basisvlakken) in 3D gereconstrueerd. Er werd getracht de verbreiding en het verloop van deze grensvlakken te modelleren rekening houdend met de mogelijke evolutie wat betreft zeespiegelstand, bekkenvorming en subsidentie tijdens het Krijt in Vlaanderen. Kort samengevat kan die mogelijke evolutie als volgt gezien worden:

Bij de aanvang van het Boven Krijt wordt Vlaanderen, meer bepaald het zuiden van West-Vlaanderen, als gevolg van een stijgende zeespiegel voor een eerste maal door de Krijtzee overspoeld. De maximale zeespiegelstand wordt bereikt tijdens het Cenomaniaan en het Turoniaan. In de tijd van deze hoge zeespiegelstand worden de eerste Krijtsedimenten in Vlaanderen afgezet. Ze vullen er de dalen in het paleoreliëf van het Massief van Brabant ten zuiden van diens culminatie-as op. Ten noorden van deze as worden geen sedimenten afgezet, waarschijnlijk omdat het gebied aldaar topografisch gezien boven het toenmalige maximale zeeniveau gelegen was. Het Coniaciaan leidt een zeespiegeldaling in. Met deze daling, die doorgaat in het Santoniaan, lijkt de zee zich terug te trekken uit Vlaanderen. In het oosten van Vlaanderen heeft zich ondertussen een klein bekken gevormd tussen de horst ter hoogte van de huidige Roerdalslenk en het Bekken van de Kempen. Hierin zetten zich in tussentijd toch de sedimenten van de Formatie van Aken af. Een algehele subsidentie van Vlaanderen ten noorden van de as van het Massief van Brabant zorgt er voor dat er ondanks de zeespiegeldaling toch Krijtsedimenten afgezet worden, meer bepaald de Formatie van Vaals en diens laterale equivalent het Lid van Wachtebeke. Het zuiden van West-Vlaanderen, dat als eerste door de zee overspoeld werd, komt nu waarschijnlijk boven water te liggen. Ten zuiden van de as van het Massief van Brabant worden op dat moment in Vlaanderen dan ook geen sedimenten afgezet. Met de aanvang van het Campaniaan komt er terug een zeespiegelstijging. Het zeeniveau kent zijn maximale stand bij de aanvang van het Boven Campaniaan. Hierbij wordt het zuiden van West-Vlaanderen opnieuw overspoeld. De rest van Vlaanderen ligt eveneens onder zeeniveau als gevolg van de voortdurende subsidentie. Op dit moment wordt het zuivere witte schrijfkrijt afgezet (het Lid van Zeven Wegen en het Lid van Stekene ten noorden van de as van het Massief van Brabant en de Formatie van Nevele ten zuiden ervan). Enkel ter hoogte van de randbreuken met de huidige Roerdalslenk worden meer zandige sedimenten aangetroffen (het Lid van Dorne 1). Deze zijn waarschijnlijk afkomstig van de horst die er zich op dat moment bevindt en die tektonisch actief wordt, zoals blijkt uit het per breukblok al dan niet voorkomen van de verschillende Krijtsedimenten. Vanaf de aanvang van het Boven Campaniaan start er opnieuw een zeespiegeldaling die tot het einde van het Krijt zal doorgaan. De zee trekt zich opnieuw terug uit het zuiden van West-Vlaanderen. Enkel het deel van Vlaanderen ten noorden van de as van het Massief van Brabant blijft als gevolg van de subsidentie onder de zeespiegel gelegen. Ook het gebied ter hoogte van de Roerdalslenk, de voormalige horst, wordt nu door de zee overspoeld. Onder deze omstandigheden worden dan de Formaties van Gulpen, Maastricht en Houthem afgezet.

Er zijn natuurlijk nog veel onzekerheden in dit verhaal. Met uitzondering van het Bekken van de Kempen zijn chrono- en biostratigrafische dateringen quasi onbestaande voor de Krijtsedimenten in Vlaanderen. Deze zouden een heel ander licht kunnen werpen op de geologische geschiedenis van het Krijt in het westen van Vlaanderen. Genoeg stof voor onderzoek, bijgevolg.

## LITERATUURLIJST

- Doremus P. in: Hennebert M. & Doremus P., 1997:** *Notice explicative de la feuille 37/5-6 Hertain-Tournai de la Carte géologique de Wallonie au 1/25 000.* Ministère de la Région wallonne, 66 p.
- Dusar M. & Lagrou D., Willems L., P.J. Felder & Matthijs J., 2005:** *De Mergelgrotten van Hinnisdael te Vechmaal (Gemeente Heers, Limburgs Haspengouw): een geologische bijdrage tot de studie van het Krijt.* Belgische Geologische Dienst, Professional Paper 2005/1, 301, 89 p.
- Dusar M. & Lagrou D., 2007:** *Cretaceous flooding of the Brabant Massif and the lithostratigraphic characteristics of its chalk cover in northern Belgium.* Geologica Belgica, 10/1-2, 27-38.
- Dusar M. & Lagrou D., 2007:** Lithofacies and paleogeographic distribution of the latest Cretaceous deposits exposed in the Hinnisdael underground quarries in Vechmaal (commune Heers, Belgian Limbourg). Geologica Belgica, 10/3-4, 176-181.
- Felder P.J., 1994:** *Bioklasten in het Krijt uit boringen van West- en Oost-Vlaanderen,* Belgische Geologische Dienst, Professional Paper, 270, 86 p.
- Felder P.J., 1995:** *Bioklasten-onderzoek van Boven-Krijt en Dano-Montiaan afzettingen uit boringen in de Belgische Kempen.* Professional Paper 1994/8, nr. 275, 240 p.
- Felder P.J., 2001:** *Bioklasten-stratigrafie of ecozonatie voor het Krijt (Santoniaan – Campaniaan – Maastrichtiaan) van Zuid-Limburg en oostelijk België,* Memoirs of the Geological Survey of Belgium, 47, 141 p.
- Felder P.J., Bless M.J.M., Demyttenaere R., Dusar M., Meessen J.P.M.Th. & Robaszynski F., 1985:** *Upper Cretaceous to early Tertiary deposits (Santonian-Paleocene) in northeastern Belgium and South Limburg (The Netherlands) with reference to the Campanian- Maastrichtian.* Professional Paper, Belgian Geological Survey, 214, 151 p.
- Felder W.M. & Bosch P.W., 1984:** *Geologische kaart van Zuid-Limburg en omgeving, Pré-Kwartair,* RGD.
- Felder W.M. & Bosch P.W., 2000:** *Krijt van Zuid-Limburg,* Geologie van Nederland, deel 5, NITG-TNO, 192p.
- Laenen B., 2002:** *Lithostratigrafie van het pre-Tertiair in Vlaanderen, Deel I: post-Dinantiaan.* Studie uitgevoerd voor de Vlaamse Overheid (ANRE), VITO-rapport, 2002/ETE/R/063, 35 p.
- Lagrou D., 2009:** *A 3D lithofacies model for the Cretaceous in Flanders (N Belgium).* Geophysical Research Abstracts, Vol. 11, EGU2009-8819.
- Lagrou D., Dreesen R. & Dusar M., 2005:** *Kartering en karakterisering (sedimentpetrografisch en petrofysisch) van de Krijtgesteenten in Vlaanderen.* Studie uitgevoerd door VITO i.o.v. de Vlaamse Overheid, Departement LNE, ALBON, VITO-rapport, 2005/MAT/R/0216.

**Lagrou D., Matthijs J & Duser M., 2009:** *Lithofacies mapping of the Cretaceous in Flanders and refinement of the lithostratigraphic subdivision*. 3th International Conference Geologica Belgica, 14&15 September 2009, Gent. pp. 35-36.

**Matthijs J., 2006:** *Diepte- en diktekaarten van de Krijtsedimenten in het Vlaams Gewest*. Studie uitgevoerd door VITO i.o.v. de Vlaamse overheid, Departement LNE, ALBON, VITO-rapport, 2006/MAT/R/0007.

**Matthijs J., & Lagrou D., 2007:** *Diepte- en diktekaarten van de Krijtsedimenten in Vlaanderen*. Studie uitgevoerd door VITO i.o.v. de Vlaamse overheid, Departement LNE, ALBON, VITO-rapport, 2007/MAT/R/0030.

**Matthijs J, Lagrou D. & De Nil K., 2008:** *Introducing geological concepts to guide computer generated 3D modeling: subsurface mapping of the Cretaceous in Flanders (Northern-Belgium)*. 33th International Geological Congress, Oslo, 6-14 August 2008.

**Robaszynski F., Dhondt A.V. & Jagt J.W.M., 2001:** *Cretaceous lithostratigraphic units (Belgium)*. Lithostratigraphic scale of Belgium. Geologica Belgica, 4/1-2: 121-134.

**TNO, 1999, 2001, 2003:** *Geologische atlas van de diepe ondergrond van Nederland*, Toelichting bij Kaartbladen XI (Middelburg – Breskens, 2003), XII (Roosendaal – Terneuzen, 2003), XIII (Breda – Valkenswaard, 2001), XIV (Oss – Roerdal, 2001), XV (Sittard – Maastricht, 1999).