

La géologie des gaz de schiste et de charbon

Michiel Duser

Institut royal des Sciences naturelles de Belgique

Service géologique de Belgique

SBGIMR

Gaz de schiste et de charbon: quelques aspects d'ingénierie

Mons, 8.12.2014



- 1. What is shale gas**
- 2. Exploration targets**
- 3. Assessment in deep reservoirs**
- 4. Coal bed methane frac test**
- 5. Connect shale gas and coal gas**

... with reference to the Belgian subsurface

Gas shale for Shale gas: Organic-rich fine grained rock (source rock) which contains free and adsorbed gas (reservoir rock) and needs to be fracture-stimulated in order to produce at economic rates

Questions

What makes a good shale gas reservoir?

- **Importance of petrography**

What are the targets in Belgium?

- **Exploration history**

What outcomes of first Shale Gas assessment?

- **Do not forget coal !**

Shale gas, the principle : source rock = reservoir rock

➤ very large potential

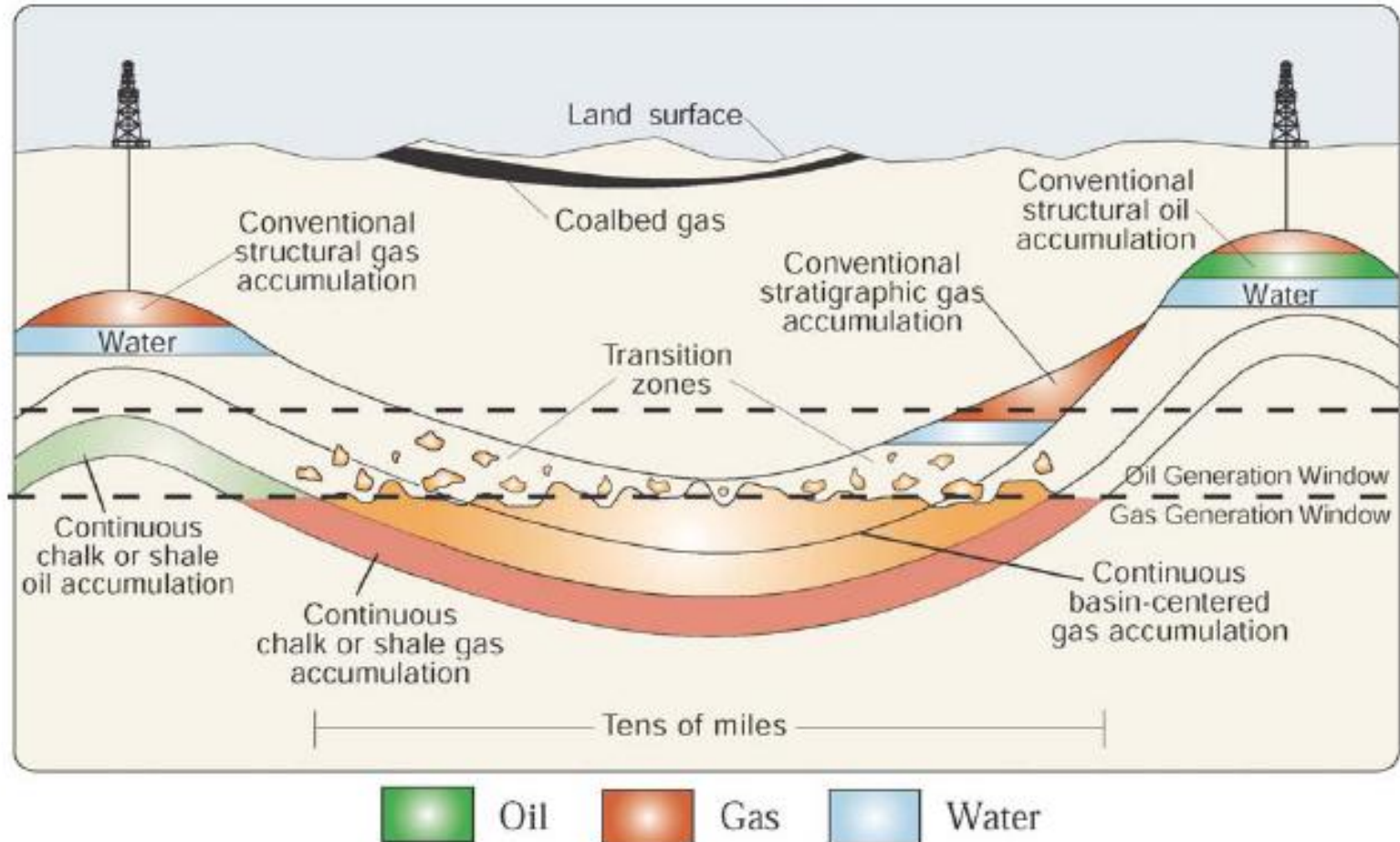


Figure 1. Generalized diagram showing categories of conventional and continuous oil and gas accumulations. The continuous chalk or shale oil and gas accumulations in the diagram are representative of mature, fractured Barnett Shale in the Bend-Arch Fort Worth Basin Province. Modified from Schenk and Pollastro (2001).

Het Nieuwsblad

Brussel-Halle-Vilvoorde

VRIJDAG 30 SEPTEMBER 1983

Redactie: A. Gossetlaan 30B
Andere diensten: A. Gossetlaan 30A
1720 Groot-Bijgaarden
Tel. 02/466.50.40

Seintjes: Tel. 02-466.58.88
K.B. 430-0209433-01 V.U.M. N.V. Het Nieuwsblad
Siste jaargang - Nr 273

Caracische E1 100 Pts.
Frankrijk 4 F.Fr.
Grieken 75 dr.
Italië 1200 Lire
Luxemburg 17 fr.
Nederland 120 Fl.
Oostenrijk 16 O.S.
Portugal 80 Esc
Spanje 90 Pts.
Zwitserl. 120 Z.fr.

SPORTWERELD

DAGBLAD - Prijs: 16 FR.

Laatste groet van het land

Duizenden en duizenden brachten gisteren een laatste groet aan het stoffelijk overschot van Leopold III, opgebaard in de rouwkapel van het koninklijk paleis te Brussel. Terwijl voortdurend bloemen aangevoerd werden van ontelbare verenigingen, organisaties en particulieren, was heel het land vertegenwoordigd in de lange files van een vrij rustig wachtende menigte.

Veel dames waren er - sommige in rouwklaren - vooral dames die niet meer van de jongste waren, maar ook mannen zag men er, van elke leeftijd, van elke stand; mannen met ere tekens uit de oorlogen 14-18 en 40-45, enkelen met een grote Vlaamse leeuw op de borst. Er waren heren die met hun dunne snor, hun nette grijze haren onder hoeden van vroeger, met hun regenscherm en hun hoofde gebaren van achter de schermen van de regering-Pierlot schenen te komen; er waren schoolkinderen, nonnen, priesters, vreemdelingen; er waren mensen van het Verzet en mensen die zeer linkse kranten lasen. Zwaar oorlogsverminkten, vrouwen en mannen, werden in rouwstoeljes of ligbedden aange-

Lees verder op blz. 3 onder de titel: „Een stukje verleden werd even realiteit.“



In de rouwkapel: mannen zowel als vrouwen, van elke leeftijd, van elke stand. Stil en rustig. (foto Eric Peustjens)

Ontdekt bij proefboring naar warm water op grens Merksplas-Beerse

Aardgasbel gevonden

BRUSSEL, MERKSPAS, BEERSE - Minister van Economische Zaken Eyskens maakte gisteren bekend dat de Geologische Dienst van het departement van Economische Zaken bij borgen op de grens van de gemeenten Merksplas en Beerse op een diepte van 1.770 meter aardgas ontdekt heeft.

Het aardgas (metaan) werd ontdekt tijdens een proefboring naar warm water met het oog op de verwarming van tuinbouwkassen en eventueel ook stadsverwarming.

Volgens minister Eyskens bevat het opspattend warm water (80° Celsius) zowat 40 procent metaangas, wat volgens de Geologische Dienst een gunstige verhouding is. Het aardgas is evenwel zeer ontplofbaar, zodat momenteel de werken werden stilgelegd in afwachting dat de nodige veiligheidsmaatregelen zijn getroffen.

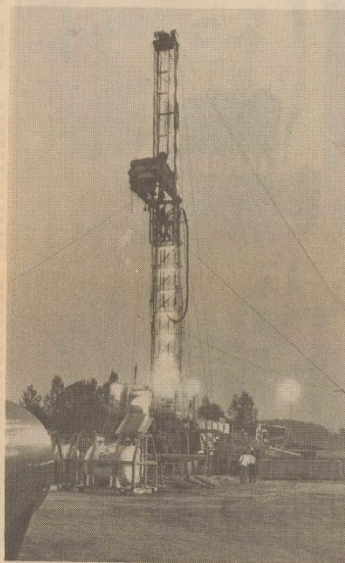
De minister heeft de Geologische Dienst opdracht gegeven een beroep te doen op een ge-

specialiseerde firma, om om zo snel mogelijk te onderzoeken wat het volume, de kwaliteit, de bruikbaarheid en de uitbatingmogelijkheden van de vondst zijn. Volgens Eyskens kan op dit ogenblik nog niet worden uitgemakt of de aardgasontdekking economisch belangrijk is; voor het eind van dit jaar zou men echter al meer kunnen weten.

De enige bewuste boring naar aardgas in ons land, die sinds begin januari '81 aan de gang is in het Waalse Havelange, heeft tot dusver nog niets oplegeleverd. Overigens bestaat de kans dat de aardgasvondst ooit nog een knif wordt voor het Arbitragehof; de staatsherovorming van 1980 bepaalt immers dat Energie een nationale sektor is, maar dat de uitbating van de bodem en regionale bevoegdheid is.

In de Kempense ondergrond wordt al sedert 1928 geboord naar aardgas en petroleum. De resultaten beperkten zich immer tot het opdiepen van warm zutwater uit de Maastrichter laag, dat in Turnhout nog gebruikt wordt voor de verwarming van het overdekt zwembad.

Nadat de borgen in Meerleevee jaar geleden werden gesopt omdat de budgetten waren uitgeput, begon men anderhalf jaar geleden op het terrein van de rijkskolonie te Merksplas met de voorbereidingen van een nieuw onderzoek, dat twee maanden geleden definitief startte. Beoogd was ook daarvoor de eerste instantie warm water te halen voor de verwarming van serres en van de kolonie.



Na anderhalf jaar proefboren: aardgas. (foto Coecke)

Begin deze week was men op een diepte van 1.700 m geraakt, toen plots de meters aangaven dat er met het opspattend water ook aardgas naar boven kwam.

Terwijl de borgen normaal gebeuren met een stevige vlootbatterij massa, bestaan uit een brij. Lees verder op blz. 4 onder de titel: „Aardgas in de Kempen“.

Aardgas in de Kempen

(Vervolg van blz. 1)

van om water, klei en kalk - dit om de boorput open te houden en de zijdruk op het ontstane gat op te vangen - werd van die methode afgestapt en werd de spoeling verdund tot men praktisch aan zuiver water toe was. Hoe zuiverder de spoeling, hoe hoger het gaspercentage in de boorput werd.

In de nacht van woensdag op donderdag hield het 80° graden warme water 40 th. metaangas in. Dit is het hoogste percentage dat ooit in de Belgische bodem werd gevonden.

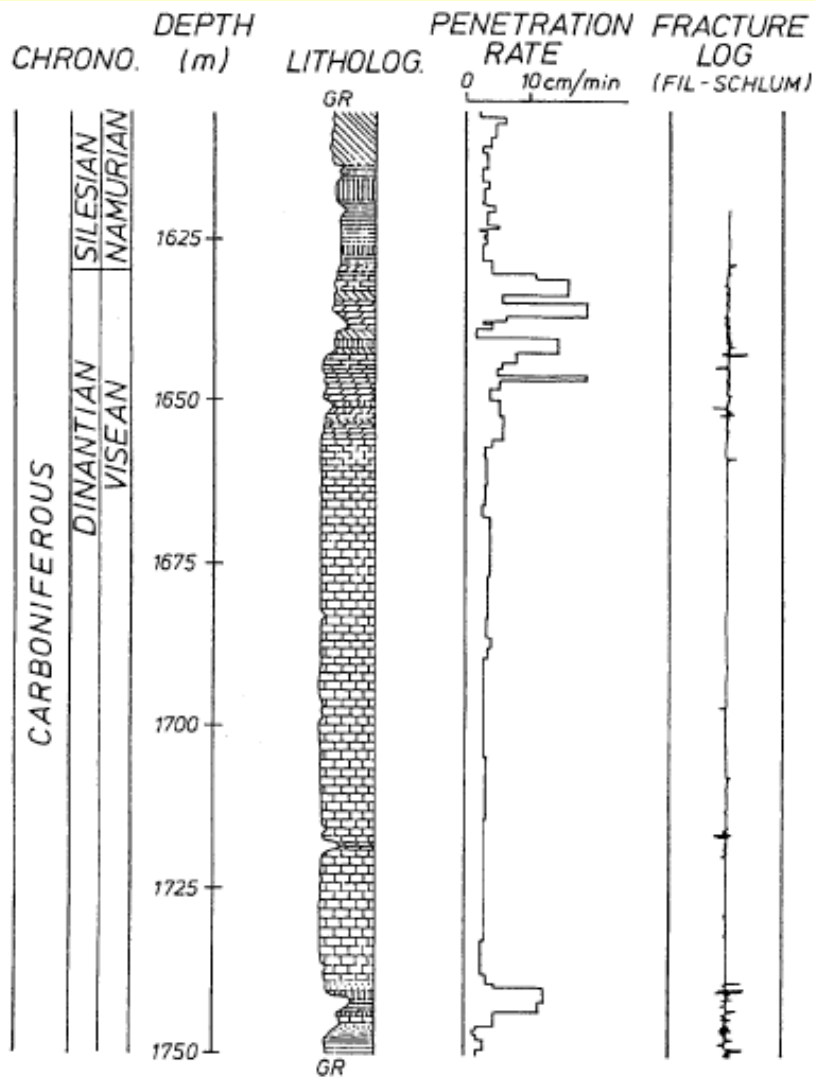
Uit de eerste bevindingen blijkt dat men inderdaad op een gaslaag is terechtgekomen, waarvan de omvang door een gespecialiseerde firma moet worden bepaald, die ook de kwaliteit en de bruikbaarheid van het gas moet nagaan.

Om veiligheidsredenen werden de werken te Merksplas stilgelegd. Een Blow Out Preventer moet mogelijk explosiegevaar signaleren. Er zijn ploegen arbeiders en leden van de Geologische Dienst ter plaatse met een bewakingsopdracht en voor algemene controle (AVZ).

Is there shale gas in Belgium ? YES

gas kick in geothermal well

Merksplas-Beerse in 1983



↖ **Natural fractures in top Visean limestone**

= Saline aquifer and conventional reservoir

↖ **Shale gas from base Namur**

↖ **CO2 from deep fractures**

Constraints for Namurian gas shales

✓ **Conflict of interest**

gas storage/geothermics

↖ **No fracs above Dinantian reservoir**

LEGEND LITHOLOG.

(argillaceous) dolomite

(sandy) shale

dolomitic limestone

radioactive shale

limestone

calcareous, dolomitic shale
argillaceous limestone

sandstone

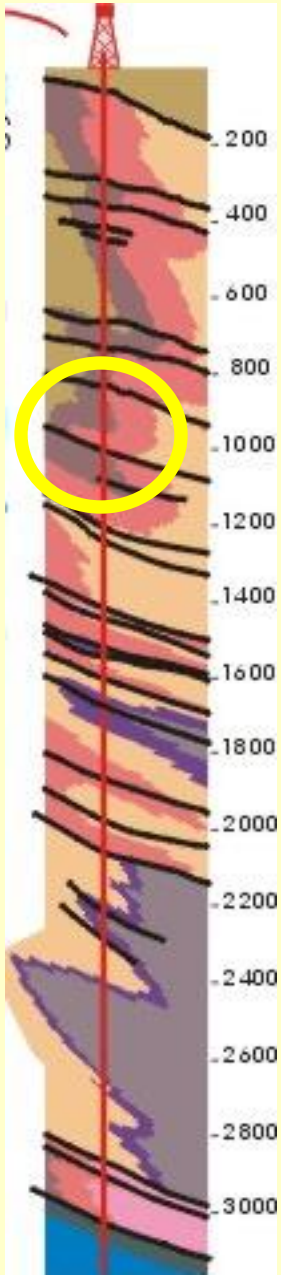
Reservoir section at the Merksplas well .

What we need for shale gas

- **Carbon rich > 2 wt % C in Type II organics**
- **Thermal Maturity > 1.1% Ro < 3.5% Ro**
- **Net high-gamma ray thickness interval >20 meters**
- **Depth 1000 – 5000 m**
- **Mineralogy: high SiO₂ ≥ 50%, brittle lithology → frackable**
- **Enclosing rocks can confine hydrofractures (real shales)**

Sweet spots

- **Porosity/permeability (>4%, >100 nanodarcies)**
- **Overpressured >0.45 psi/ft**



Matagne shales

Devonian (Frasnian)

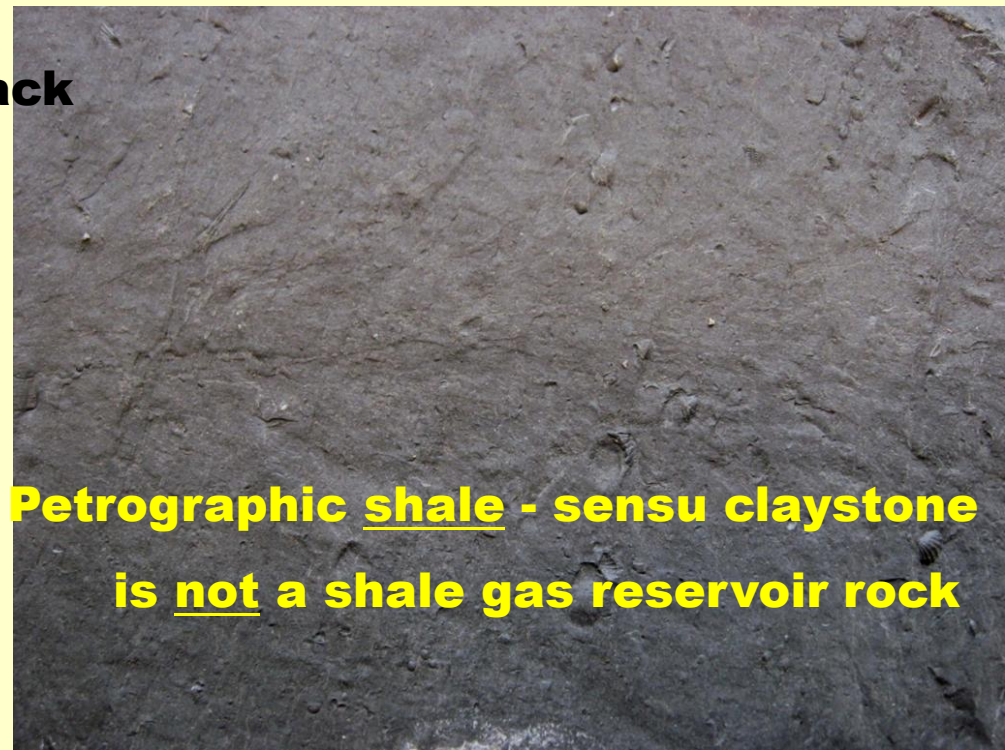
Focant borehole (Famenne)

↙ **tectonised**

↙ **clayey**

↙ **low TOC although black**

↙ **no shale gas target**



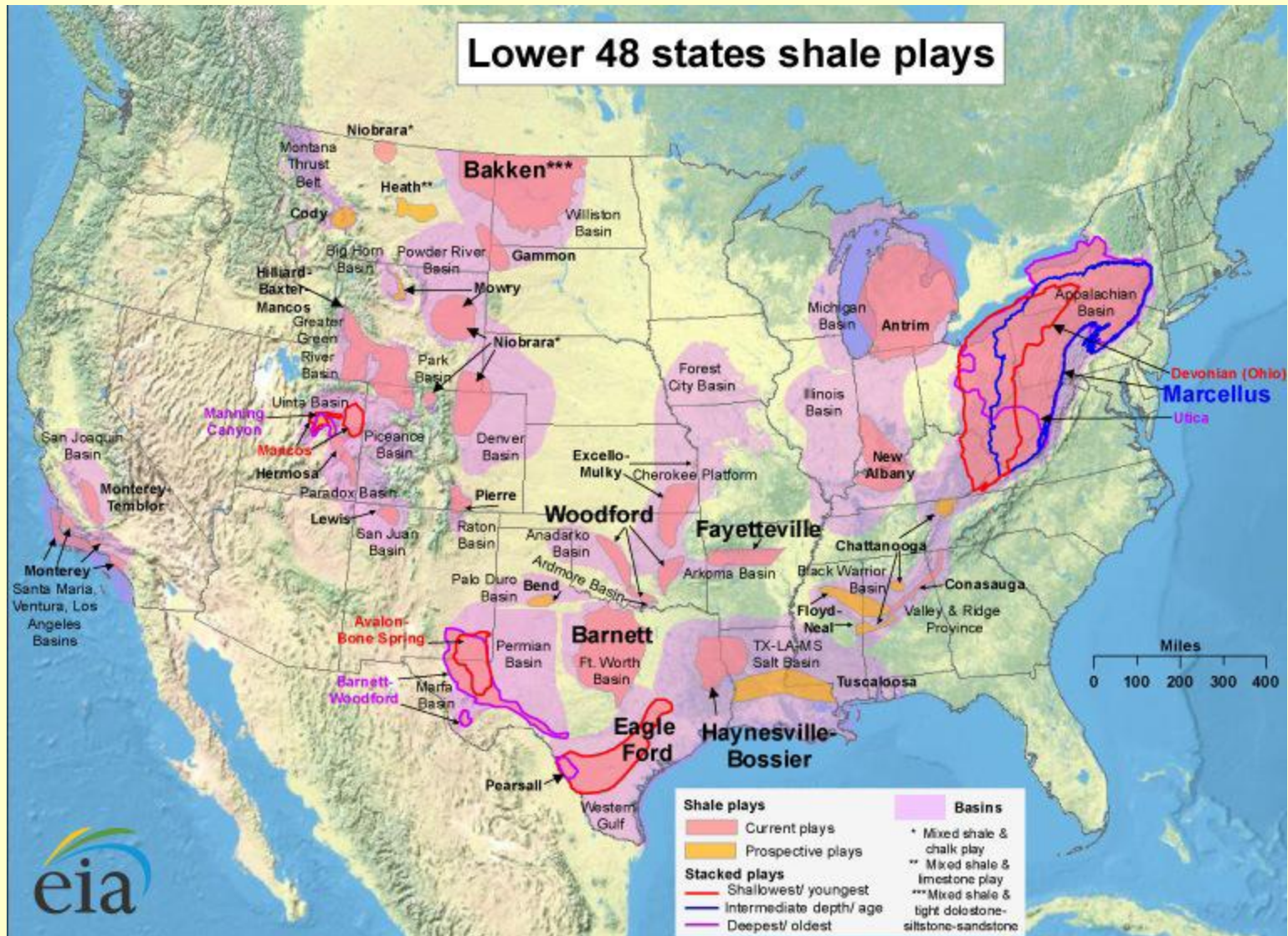
**Petrographic shale - sensu claystone
is not a shale gas reservoir rock**



**Major shale gas exploration targets in Europe
and in Belgium**

**Chokier Formation
Engis**

Shale gas as a mature industry in USA in less than 20 years



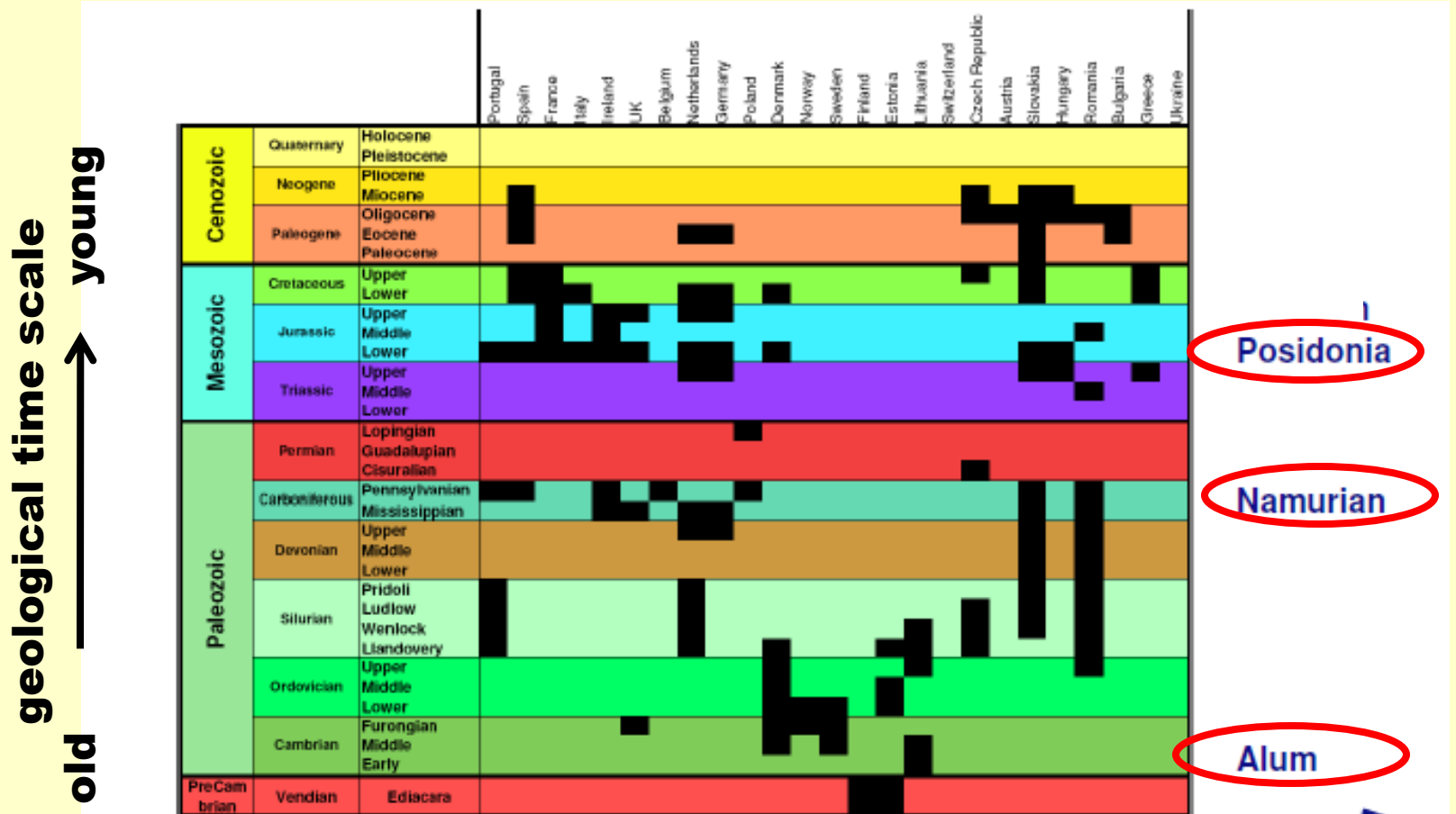
Contrary to USA, shale gas potential in Europe hardly known



© IEA Special Report 'Golden Rules for a Golden Age of Gas' (2012)

Many black shale sequences in Europe, also in Belgium but most are of no real interest

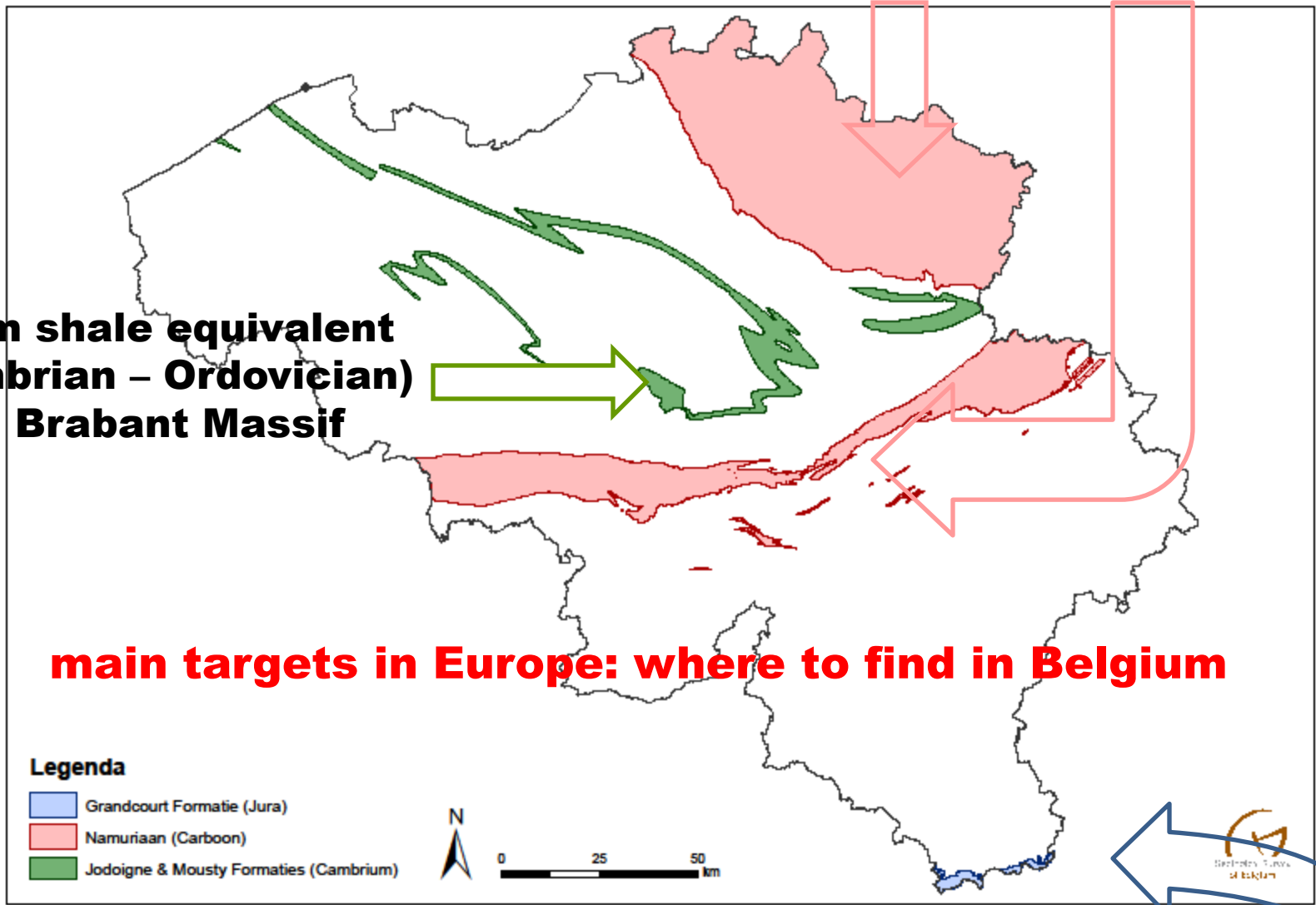
3 formations of Europe-wide interest



Namurian in Campine and Walloon basins

**Alum shale equivalent
(Cambrian – Ordovician)
in Brabant Massif**

main targets in Europe: where to find in Belgium



**Posidonia (Jurassic) in Paris basin
(extreme South of Belgium)**



➤ **ALUM**

**Franquénies quarry, Mousty stratotype (Brabant Massif)
late Cambrian equivalent of Alum shale of Baltic region**

Rhythmic sedimentation
Mousty Formation
Franquenes quarry

10% C in distal turbidites

↪ **carbon black production**

metamorphic epizone

↪ **overmature**

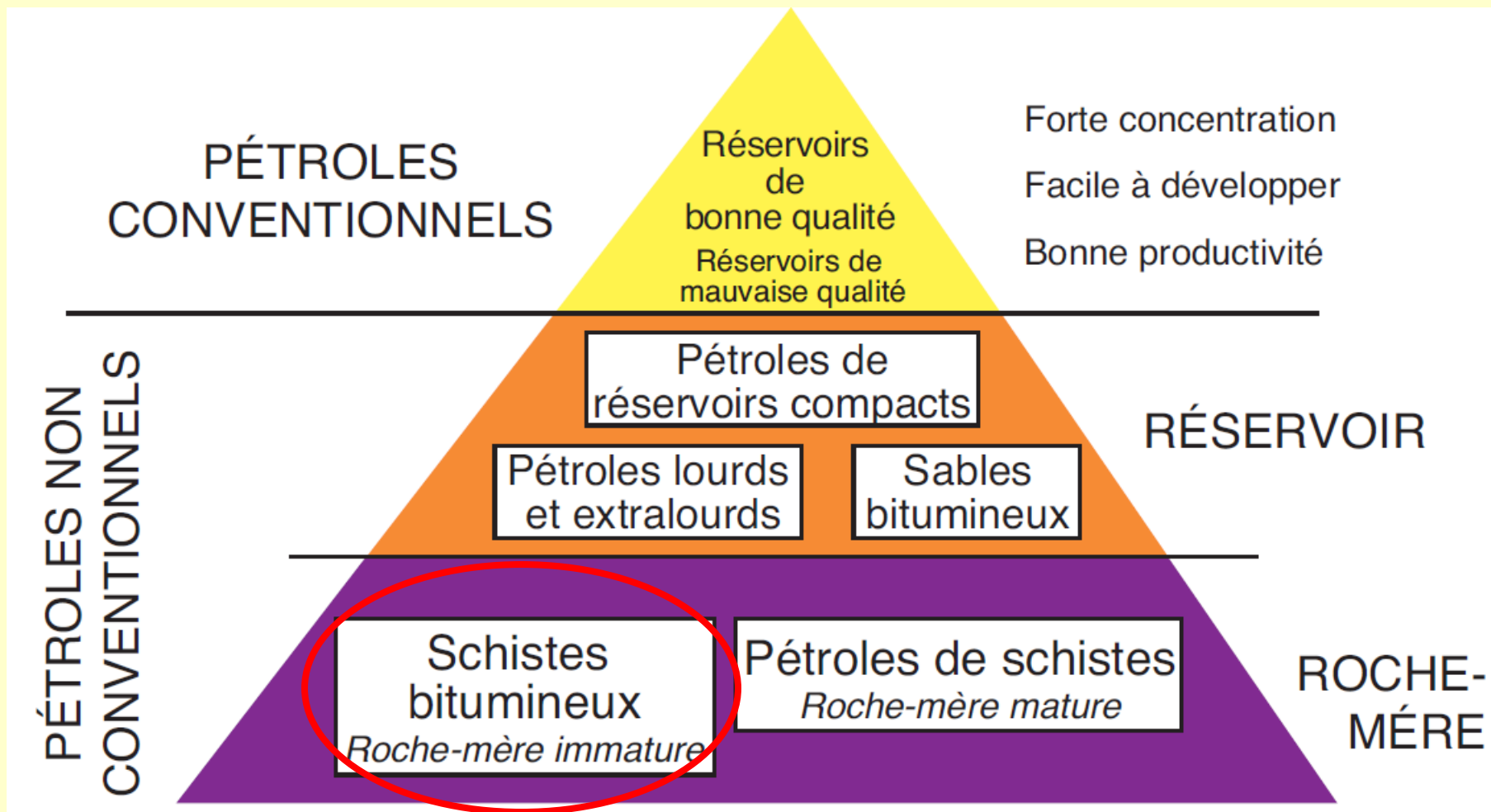


➤ **POSIDONIA SHALE**



borehole Latour

- **main shale gas target in FR and NL**
- **eroded in Belgian part of Rur Valley Graben /West Netherlands Basin**
- **Occurrence: southernmost Luxembourg (Paris basin)**
 - ↪ **'schistes cartons'**
 - ↪ **10 to 20 m bituminous shale, near-surface**
 - ↪ **exploitable reserve at Grandcourt 25 Mm³**
 - ↪ **17,3 % C**
 - ↪ **3% petrol by distillation in Aubange - Musson**
 - ↪ **'Unconventional 'oil production 1845-1865, 1940-45**



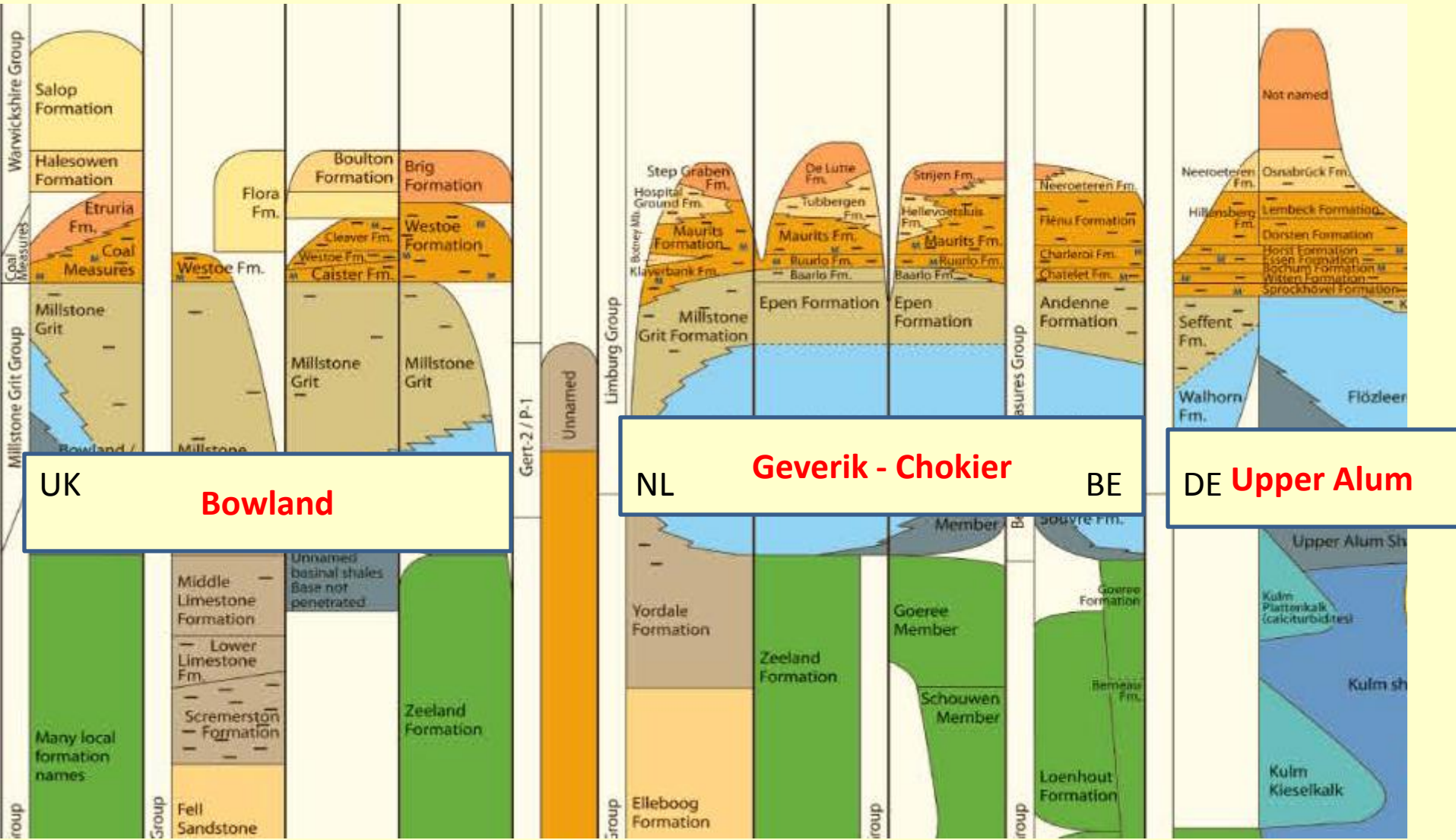
↪ **Unconventional oil in unconventional reservoir !**

➤ NAMURIAN

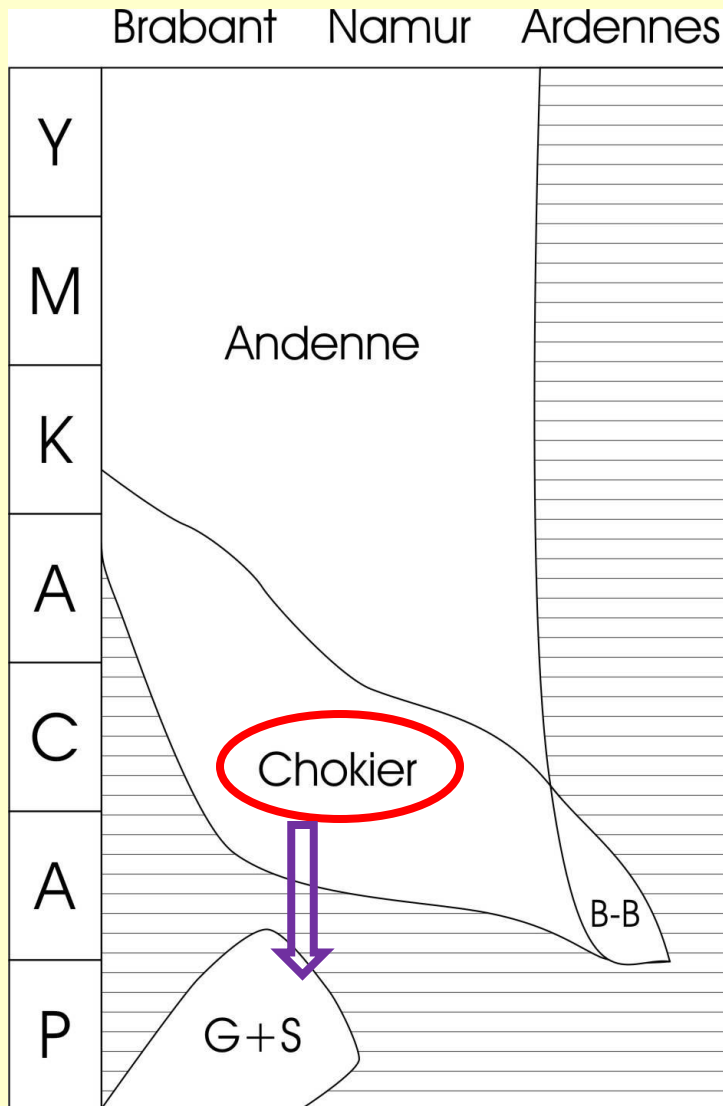


Namur citadelle, type locality Namurian regional stage

Namurian organic-rich 'shales' in NW European Basin



➤ Chokierian ‘ampelites’ or ‘hot shales’



**Black pyritic uraniferous shales
(schistes alunifères, alum shale)**

Environment:

flooding of karst topography

Occurrences:

Campine basin (concealed - boreholes)

Namur basin (accessible + deep)

Dinant basin (small coalfields)

**Extend stratigraphic range of interest
to include underlying Souvré Formation**

B-B: Bois et Borsu member

G: Gottignies; S: Souvré formations

↑ additional prospects

Wallonian quarries as a geologists' playground

Chokier shales at Engis

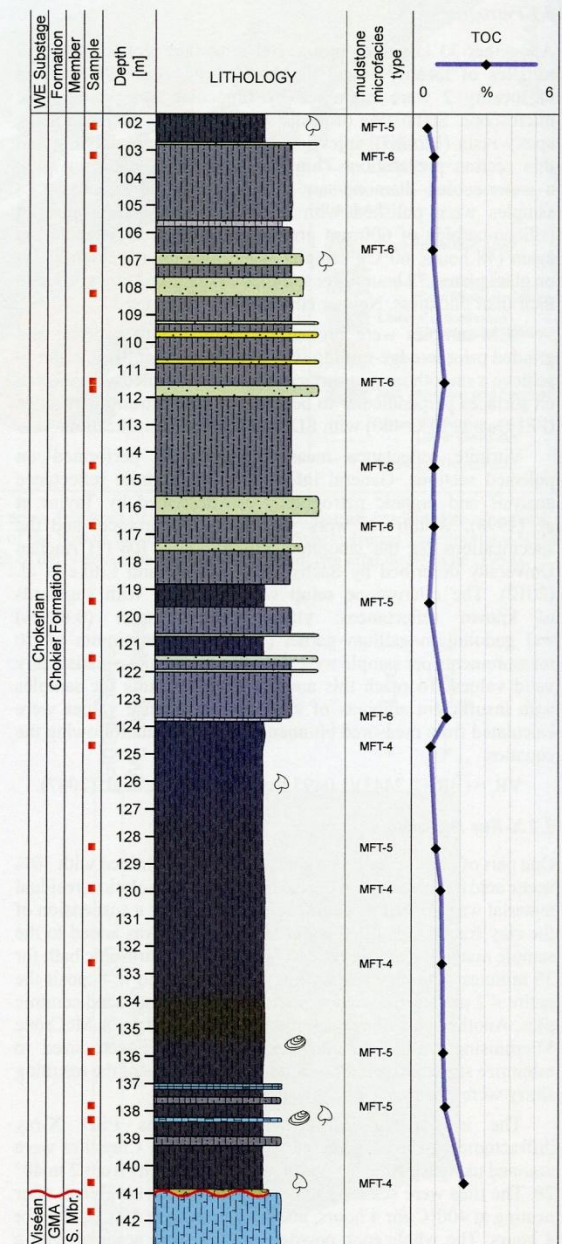
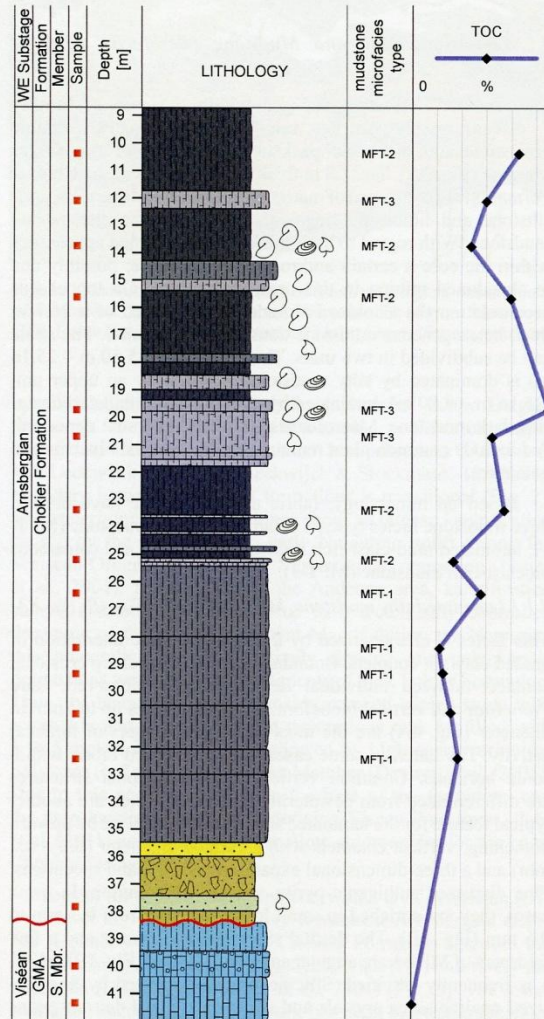


Chokier Fm at limestone quarry sites

Seilles Engis

different age and facies

over karstic paleorelief

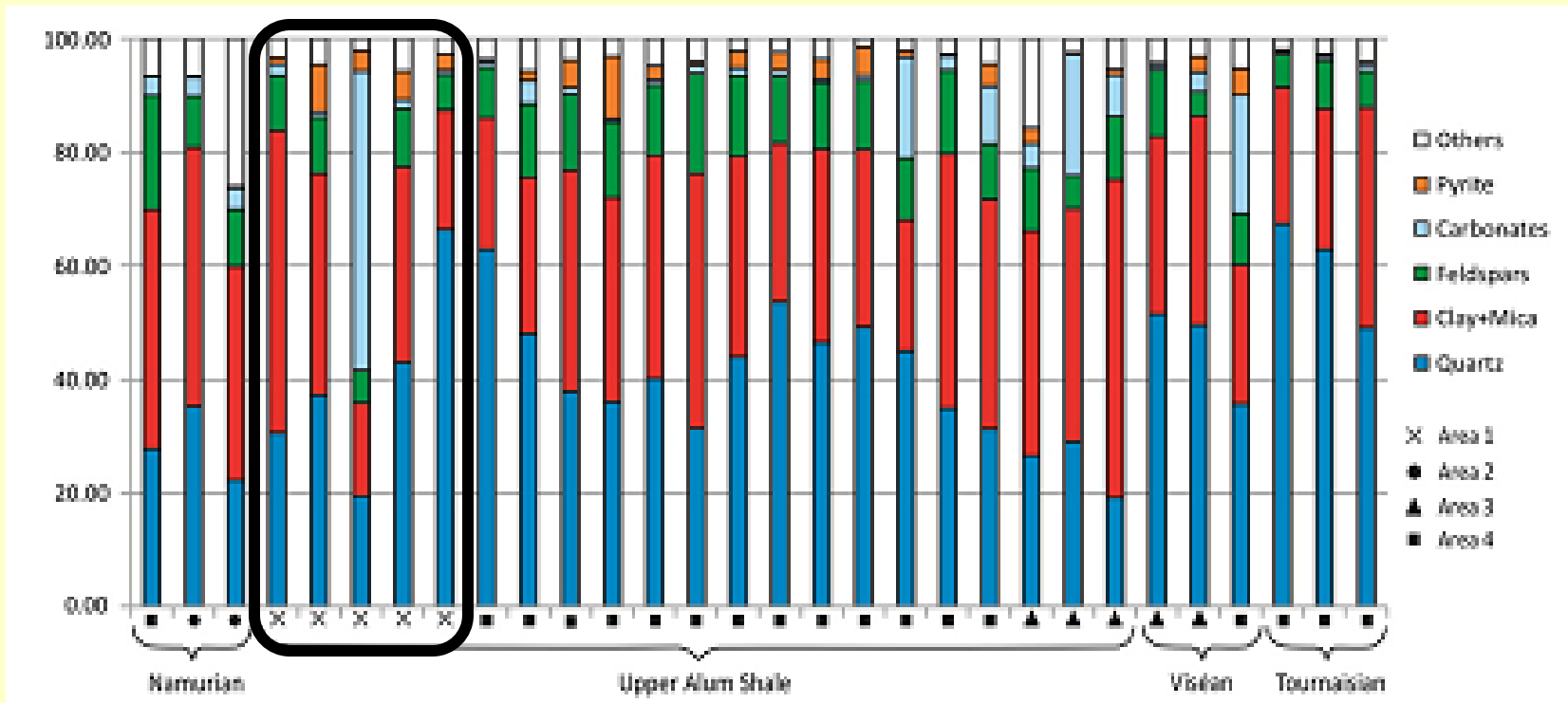


Nyhuis, Rippen & Denayer

Geologica Belgica 2014

Legend

- | | | | | | | | |
|--|-------------------|--|-------------------------|--|------------------------|--|---------------|
| | Limestone | | Silty mudstone | | Argillaceous sandstone | | Goniatites |
| | Oolitic limestone | | Carbonate-rich mudstone | | Sandstone | | Pelecypods |
| | Mudstone | | Breccia | | Erosional unconformity | | Plant remains |



Mineralogy (after XRD analysis) of basal Namurian in BE and DE (Uffmann, Littke & Rippen, 2012)

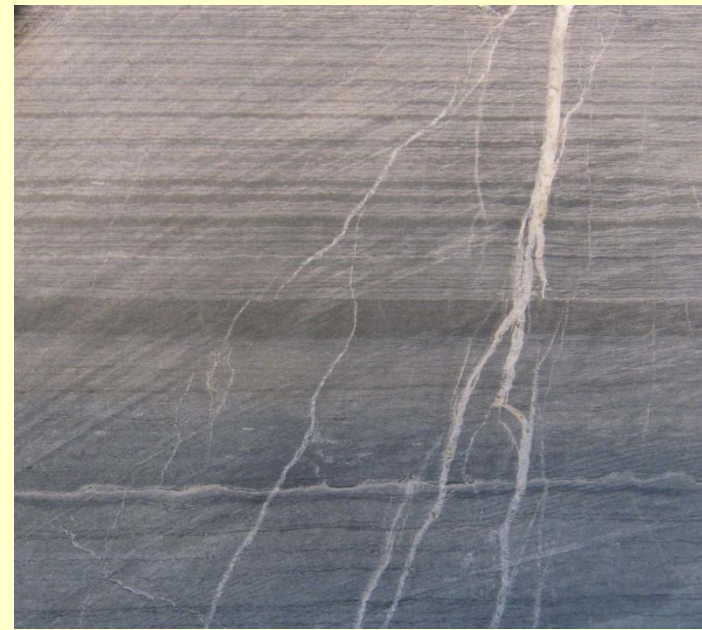
X = Seilles, Cimetièrè quarry borehole

↙ **BE data in line with DE**

Shale gas assessment in deep Namurian reservoirs



Turnhout 2155m ↑



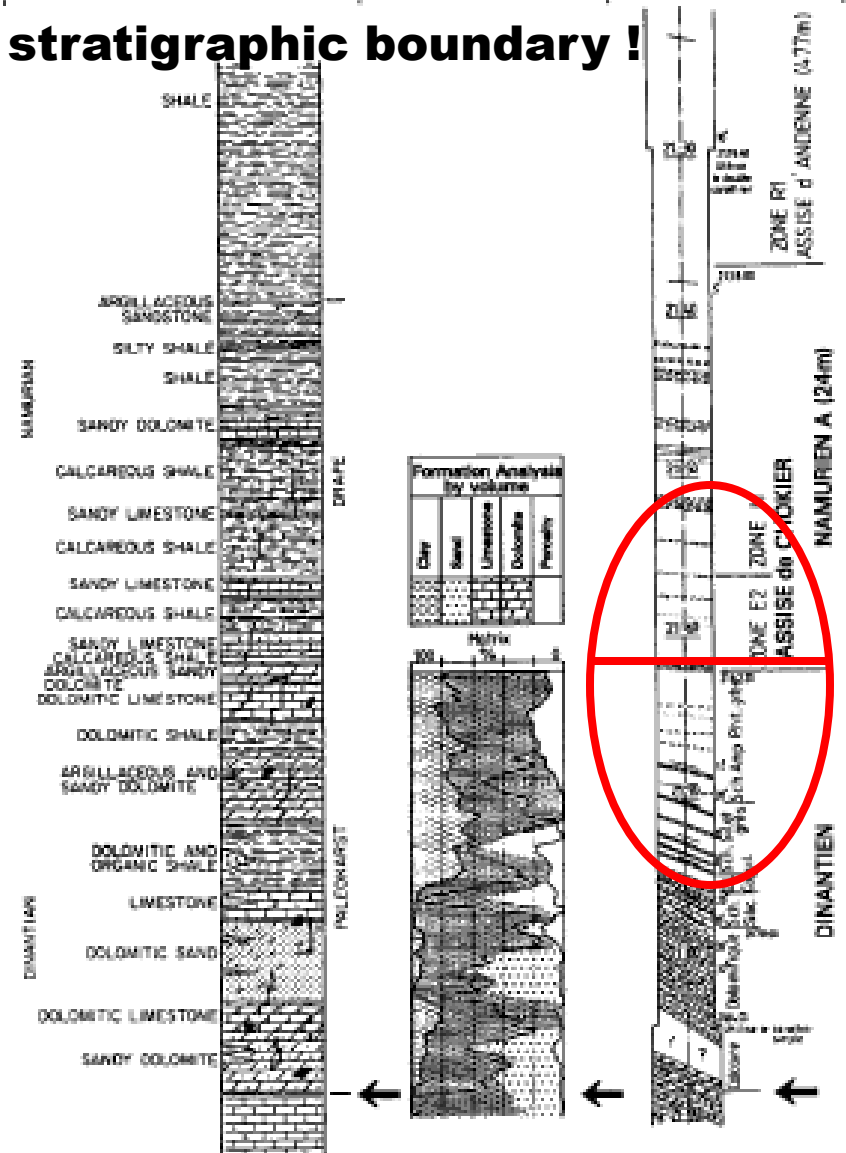
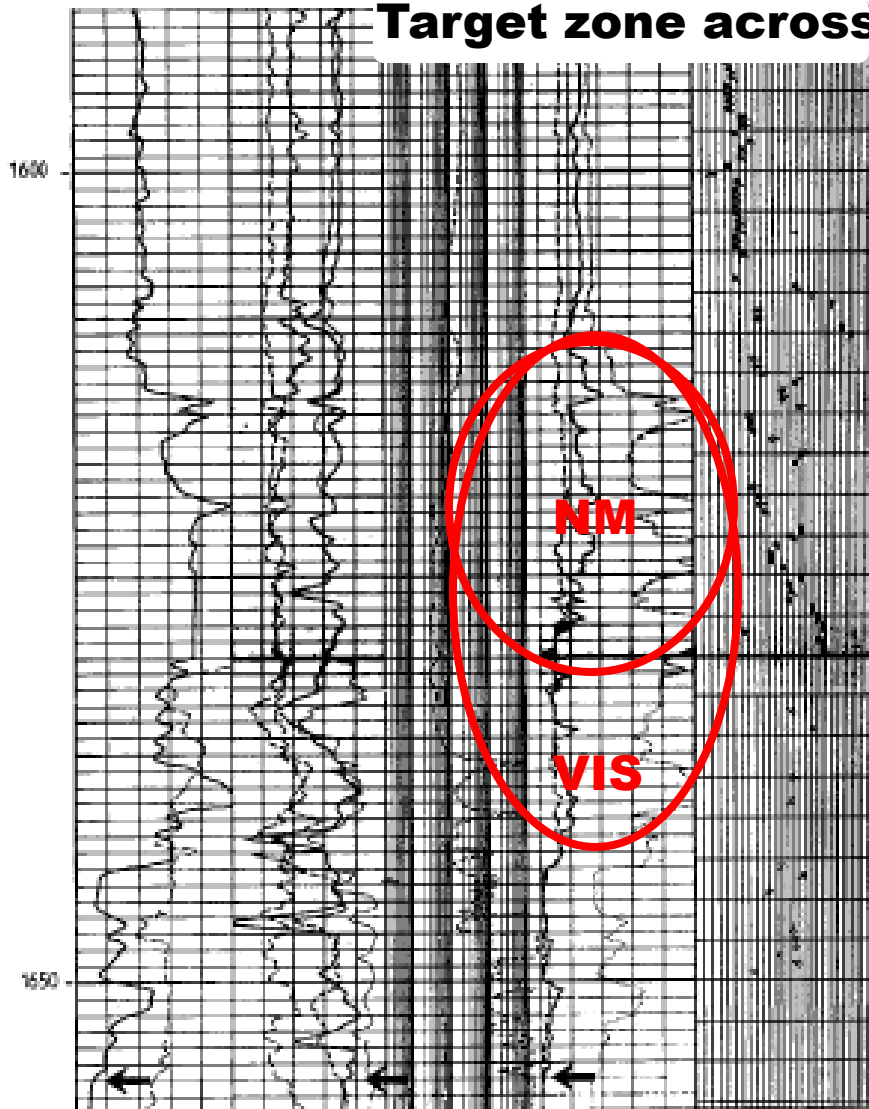
Saint Ghislain 1958m ↑

BOREHOLE MERKSPLAS

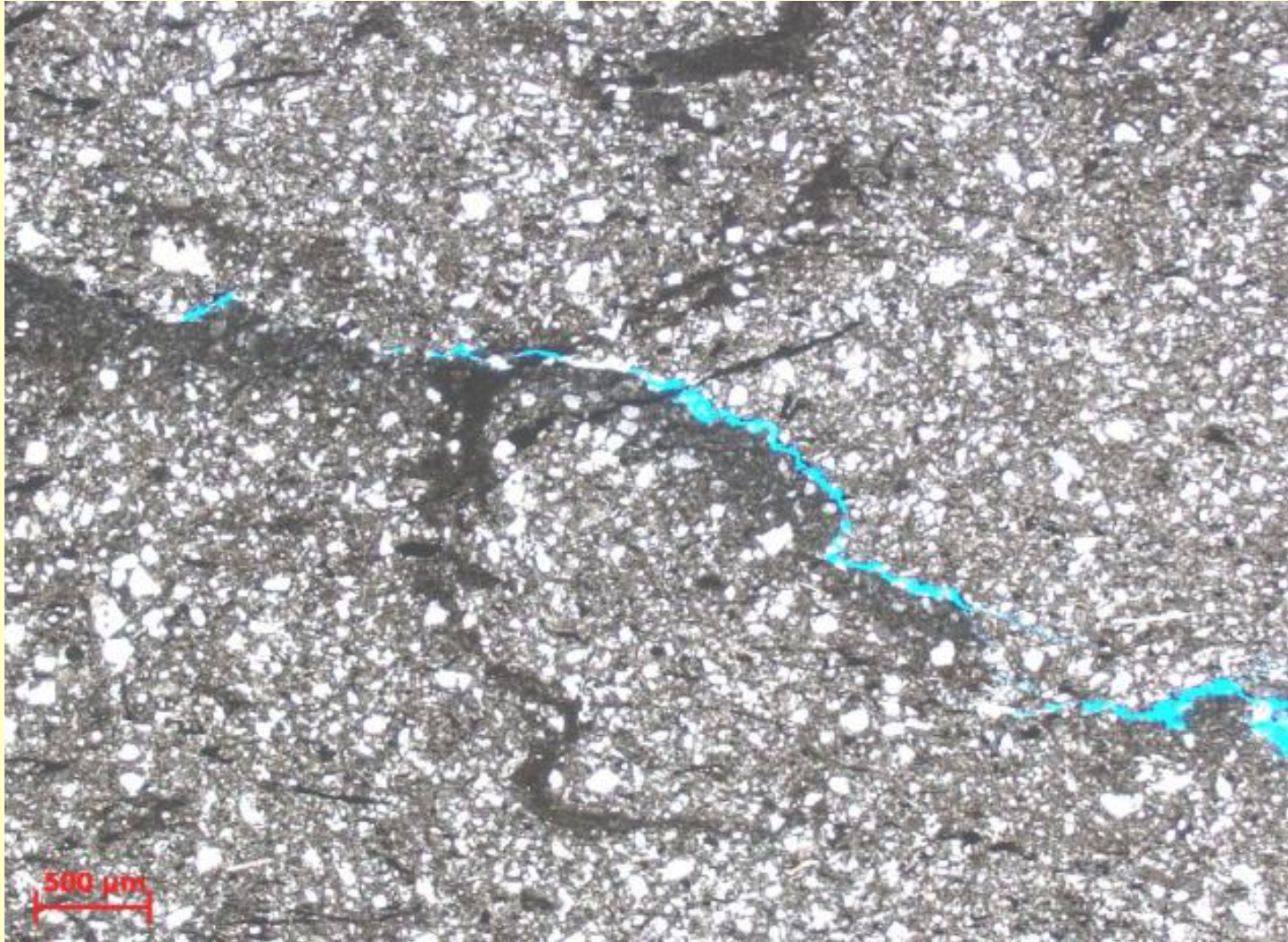
BOREHOLE TURNHOUT

Depth in m	Other Logs		Porosity Logs		Resistivity Logs		Spectroscopy Logs		Dip Angle and Direction		Facilog	Global						
	GR	200	1.00	2.00	1.40	DT	40	0	THOR	40			0	PTSA	20			
0	GR	200	0	RTN	10	0.2	U.E.	2000	0	URAN	10	0	10	20	30	40	50	60

Target zone across stratigraphic boundary !



**Borehole Turnhout, thin section Andenne Fm
detrital**



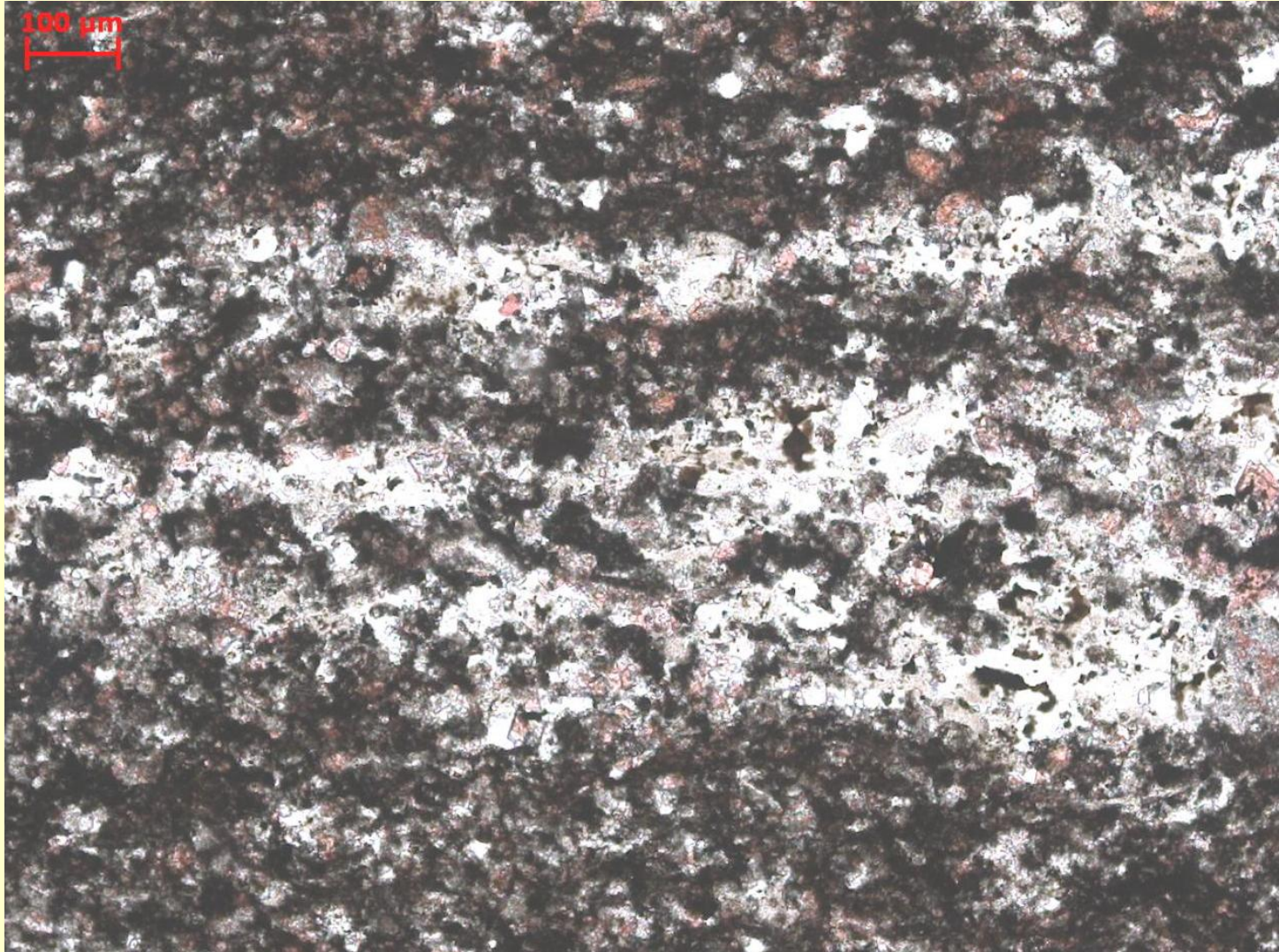
**Borehole Turnhout, thin section Chokier Fm
ampelitic**



**Borehole Turnhout, thin section Souvré Fm
bioclastic**



**Borehole Turnhout, thin section Souvré Fm
spongolitic**



**Borehole Turnhout, thin section Souvré Fm
phtanitic**



Borehole Turnhout, TOC + XRD analysis

Selection of samples Turnhout-1		TOC Values	XRD Results			
Namurian B	THT-4 (2083.50m) Mzs,m	1,87wt%				Andenne
Namurian A	THT-7 (2144.00m) Mz,m-l	4,73wt%				Chokier
	THT-10 (2159.00m) M,m-l / M,l,shell	2,11wt%				
	THT-12 (2162.50m) M,m-l	17,80wt%				
	THT-15 (2167.00m) LM,l	1,63wt%				

minerals

clays

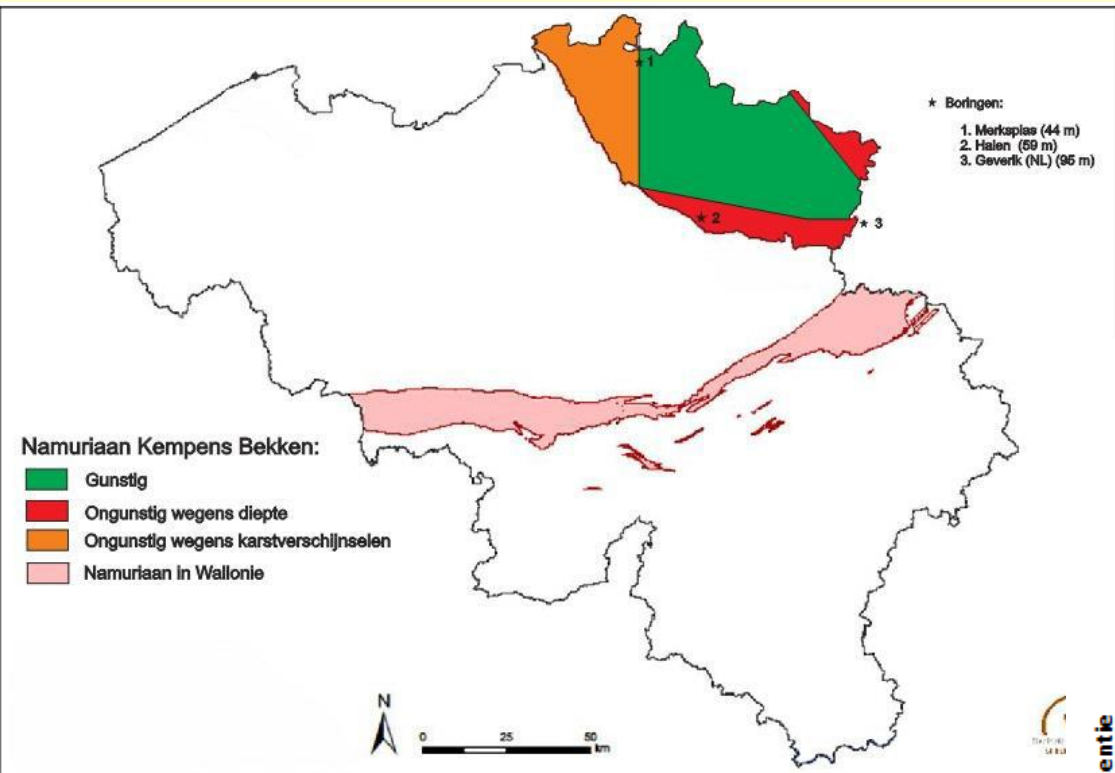
sand/clay/carb

**Borehole Turnhout well assessment
characteristic for **western** Campine:**

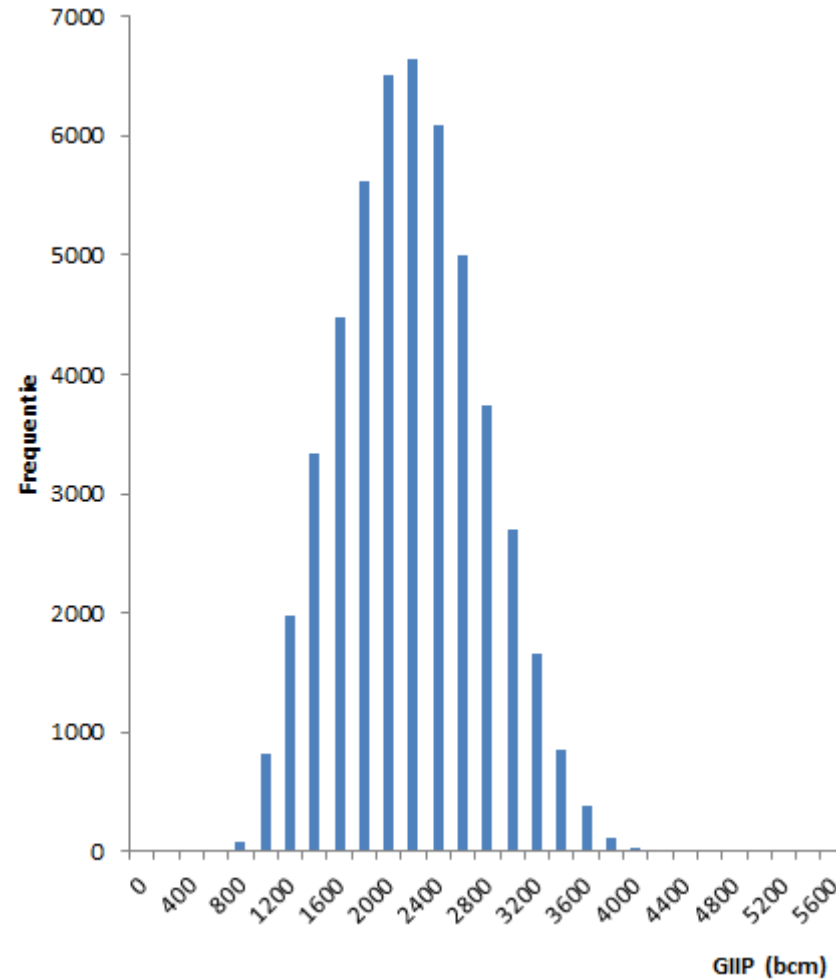
↪ **Moderate to Poor shale gas potential**

**Borehole Halen well assessment
indicative for **eastern** Campine ?**

↪ **Moderate to good shale gas potential**

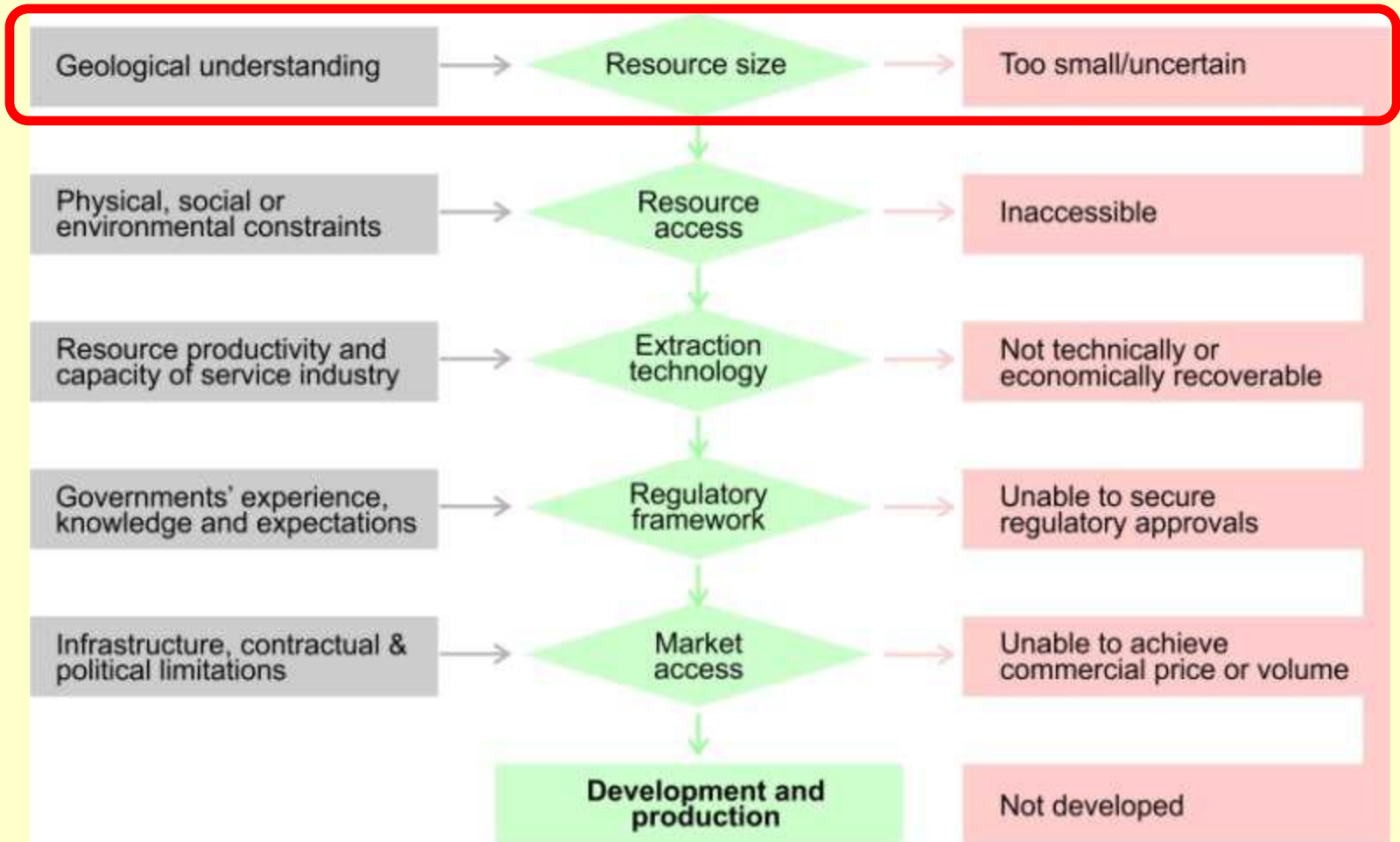


Gas-initially-in-place
Basal Namurian play in Campine
average volume 2082 bcm
(De Cleene, 2014)



the difference between resources and reserves

Gas-in-place



Gas produced

Shale gas in Belgium

'conventional' gas in 'unconventional' reservoir



prospectivity restricted to Namurian in Campine basin

good general reservoir properties

but lacks porosity – permeability

(Hg porosity 0.1 – 7%)

not economical in western Campine, despite gas kick



potentially prospective in eastern Campine but no data

Coal bed methane is there for sure !!!



link shale gas to coal gas

Coal mining in Belgium : some facts and figures

- ✓ **2 contrasting basins:**
 - North: concealed Campine basin**
 - South: outcropping Walloon basin**
 - ✓ **1860 - 1990 : 2 billion tons of saleable coal produced**
 - ✓ **Mining ceased because of high operating costs**
 - ✓ **Optimal production was 25 Mt in Walloon basin, 10 Mt in Campine**
 - ✓ **Coal resource in Campine 31000 Mt, recoverable reserves 800 Mt**
 - ✓ **Recoverable coal bed methane resource **135 billion m³** in Campine**
- ↪ **Belgium pioneered**
- underground coal gasification**
 - gas storage in abandoned coal mines**
 - geothermics in coal mines**
 - and has prioritised the coal option for CCS**

(old) Belgian experience

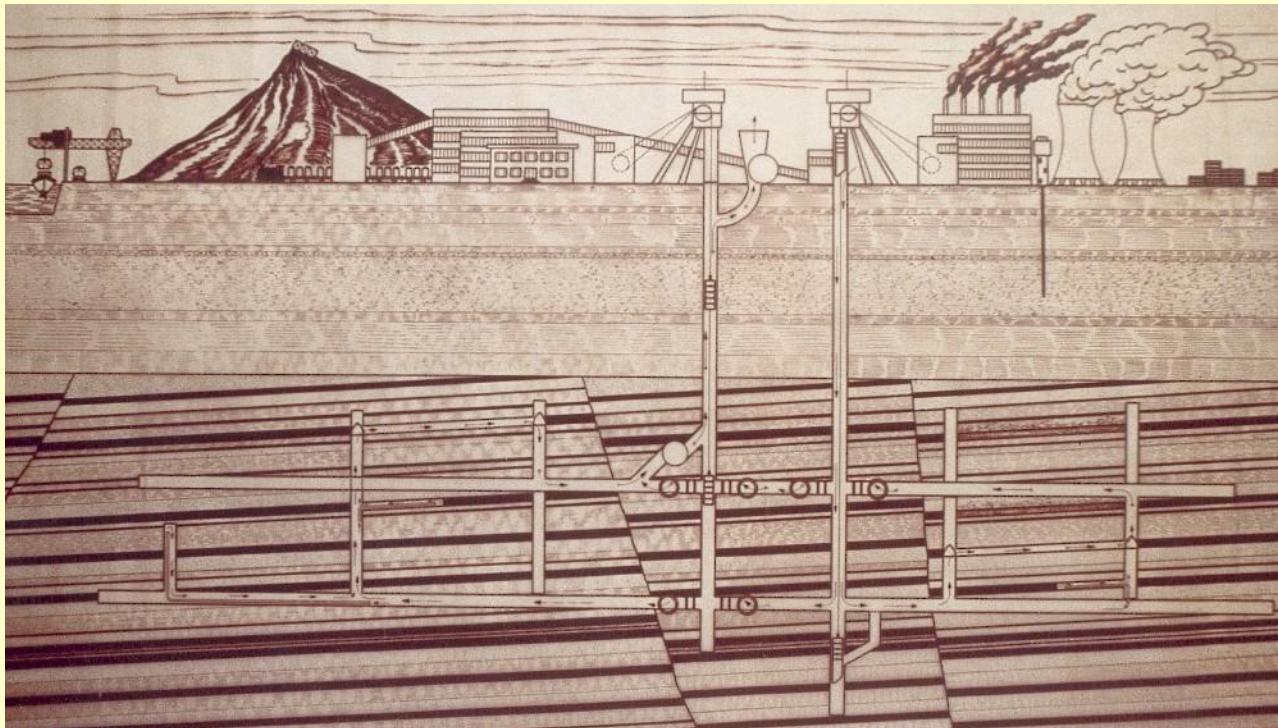
CH₄ content raises to ca 90% in weeks after mine closure

CMM network between coal mines at origin of gas distribution company

Methane drainage continued up to 25 years after closure

(underpressure 0,275 bar)

Mines with good AMM production rate suitable for gas storage (seal)

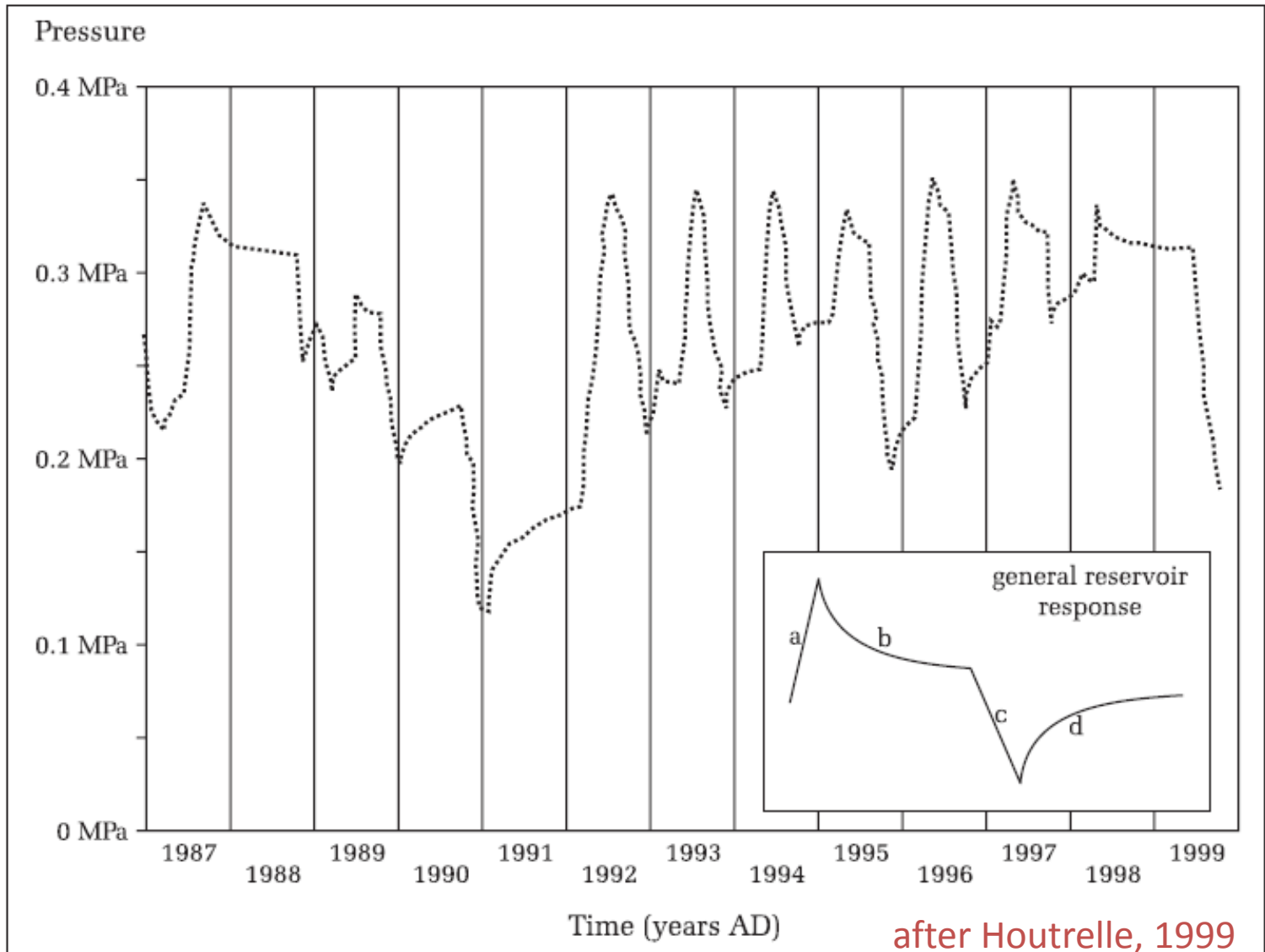


model of coal mine:
underground mining of
multiple thin seams



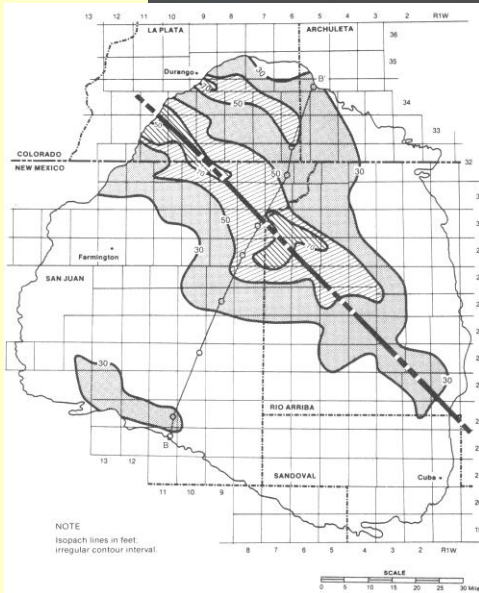
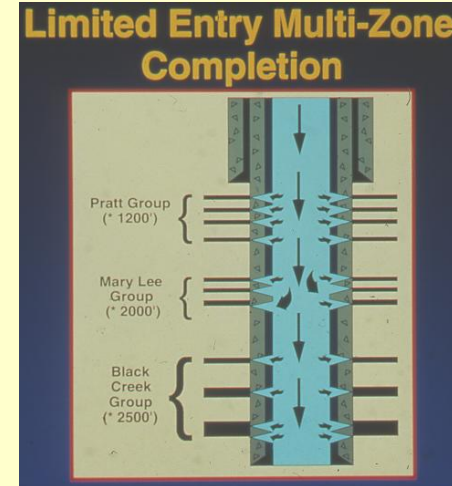
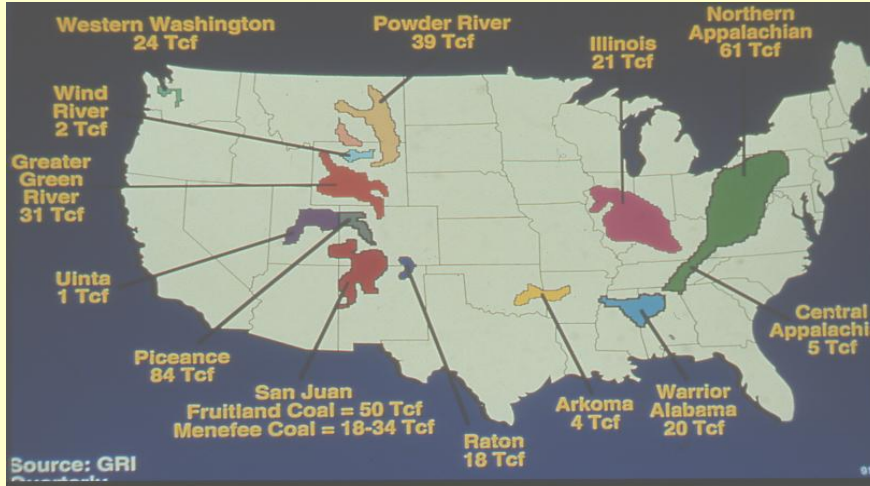
Anderlues coal mine gas storage, 1987 - 1999

Sorption effects on reservoir pressure



Coal Bed Methane

... only for coal seams in USA ?



**Certainly not limited to US,
learn by applying methodology:**

- ✓ **Potential maps (coal, gas)**
- ✓ **Find sweet spots (highest gas saturation, water drive)**
- ✓ **Tests are necessary**

Fruitland coal seam with main axis of CBM production
San Juan Basin

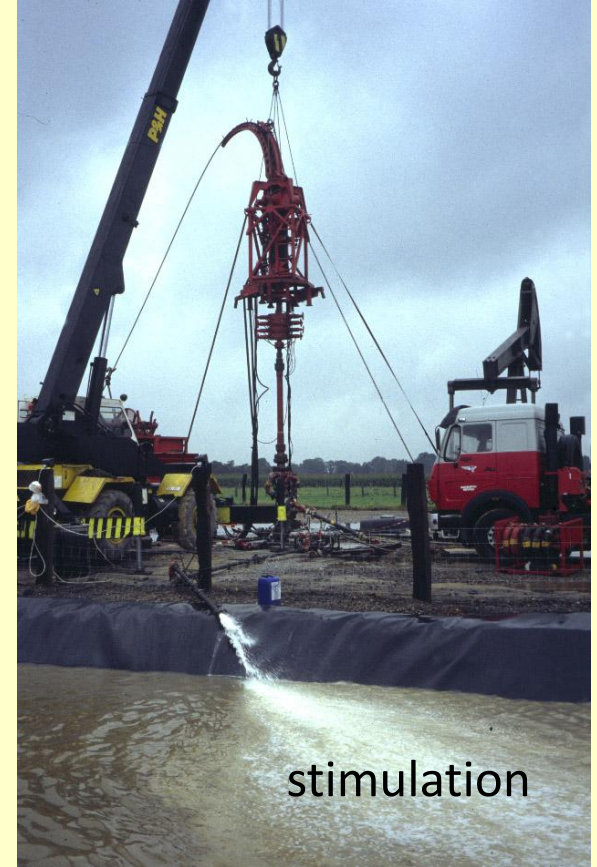
Coal Bed Methane test well Campine basin

1992-1994

first and only standard fracking operation
in Belgium



hydraulic fracturation



stimulation



pumping

CBM test well Campine **some relevant properties**

1. Reconsider permeability

Highest permeabilities:

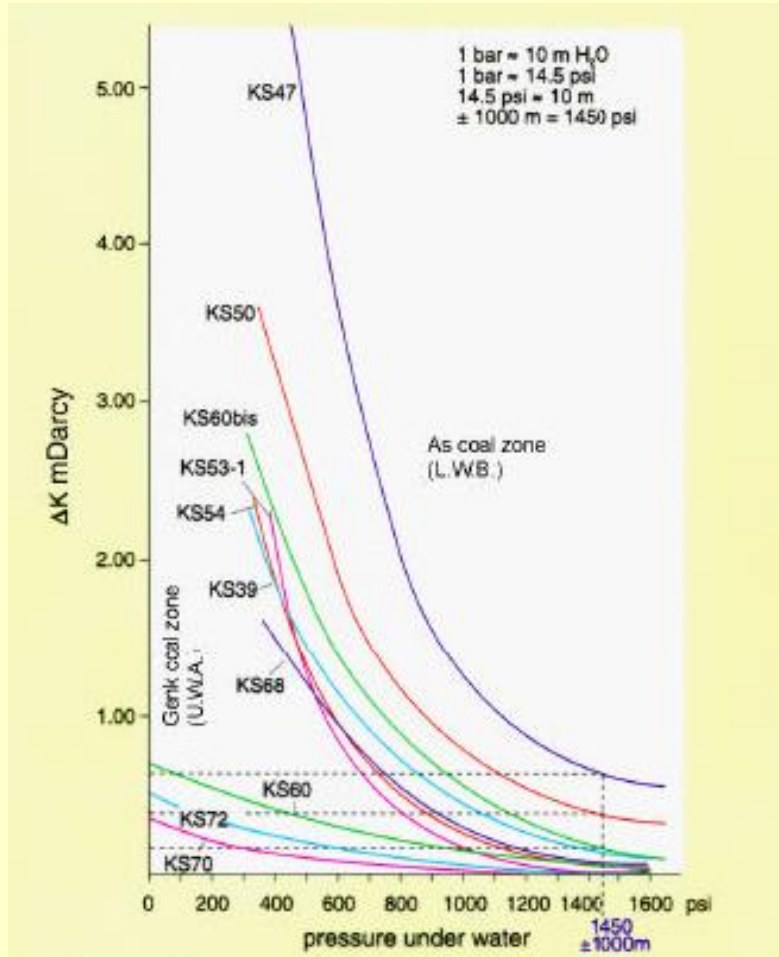
- ✓ **lower rank**
- ✓ **high vitrinite**

Lowest permeability:

- ✓ **high ash content**
- ✓ **calcite mineralisation of cleat**
- ✓ **cannel coal**

Independent of

- ✓ **moisture content**
- ✓ **calorific value**



water pressure - permeability plot

permeability reduction 50x from atmospheric to hydrostatic pressure

2. Every coal seam is different

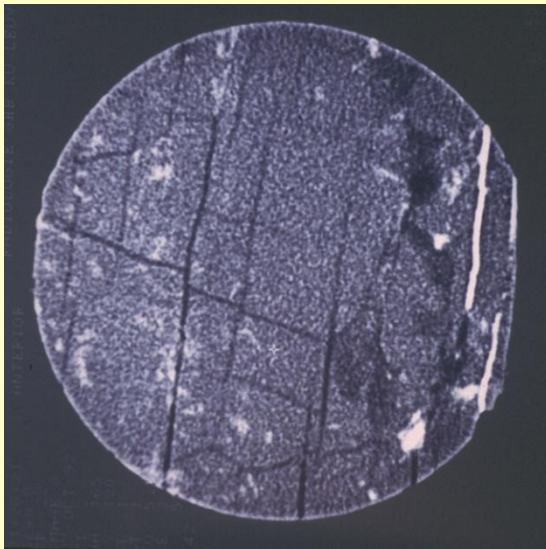
maceral composition ⇒

gas content

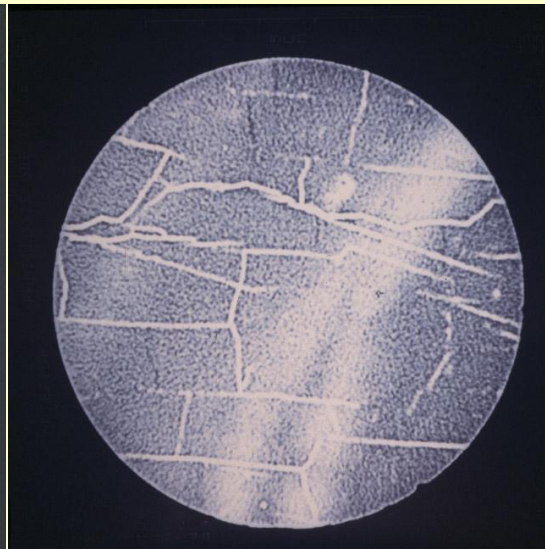
fracture typology ⇒

productivity

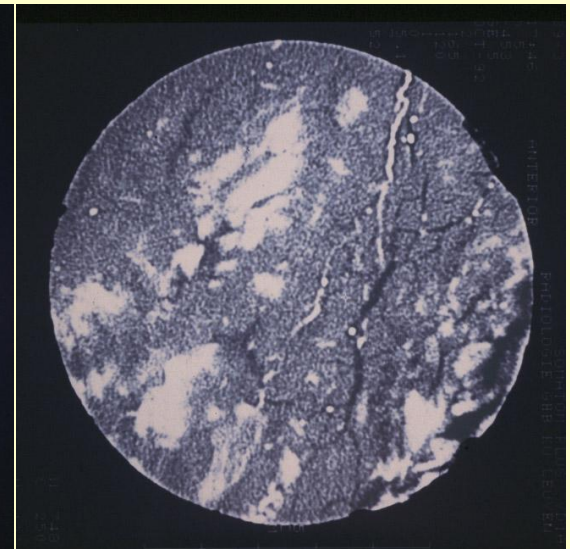
Differences make sense, fitting in geological history



coal seam KS 60



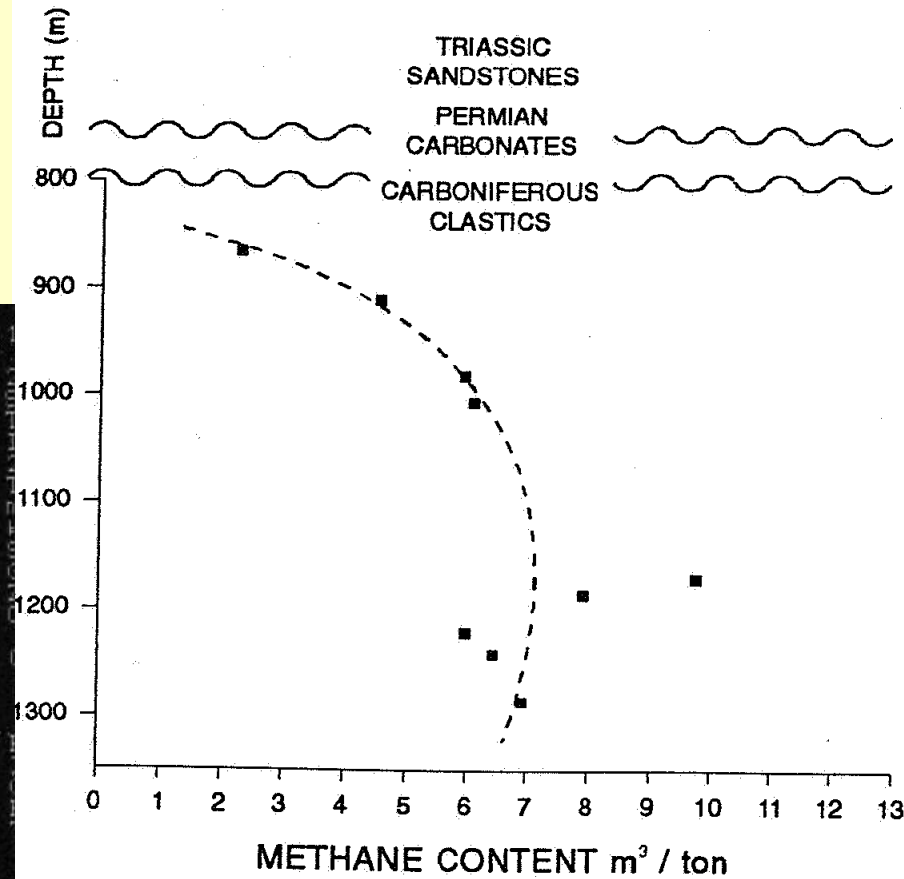
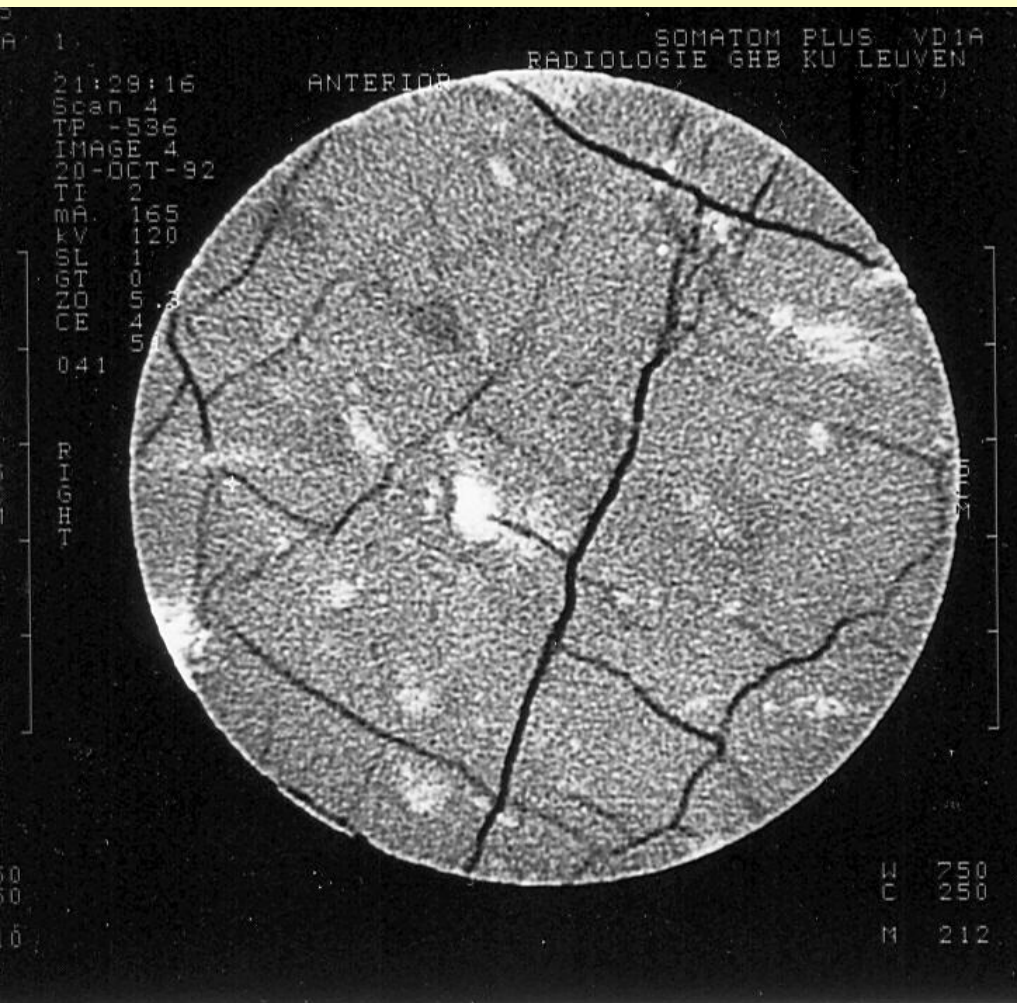
coal seam KS 70



coal seam KS 72

Computerised Tomography scans, CBM test well Campine
density imaging by X-rays, defining cleat development and mineralisation

3. Importance of burial history eroded top of Carboniferous lost confining stress

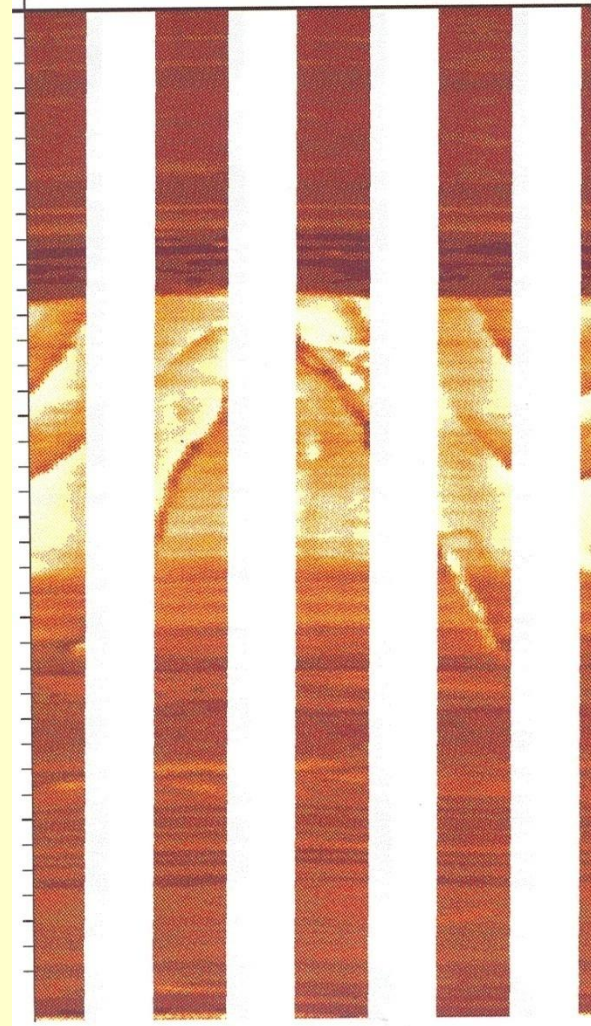
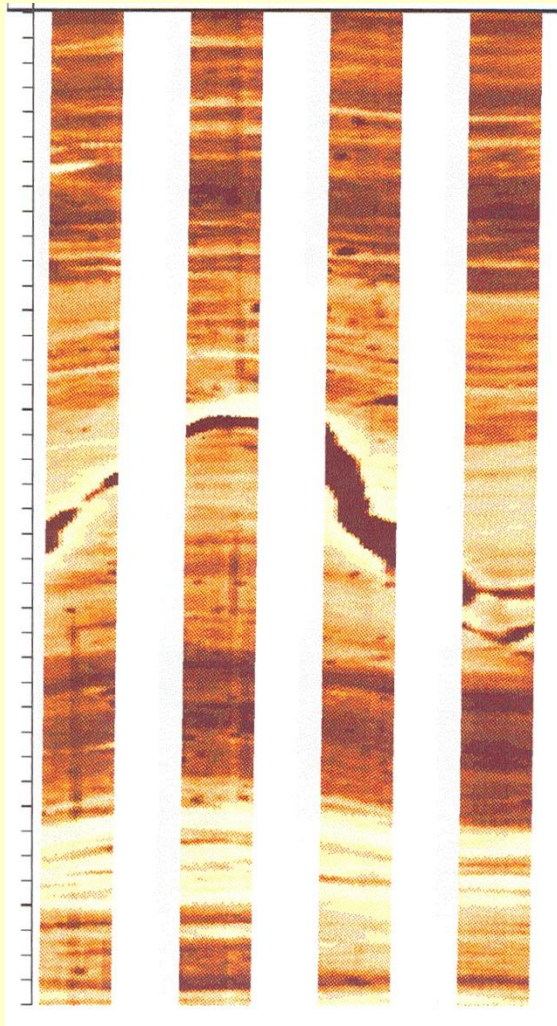


⇒ **cleat irregular**

⇒ **top Carboniferous outgassed**

4. Distinction of fractures related to current stress regime

determine direction of induced fracture



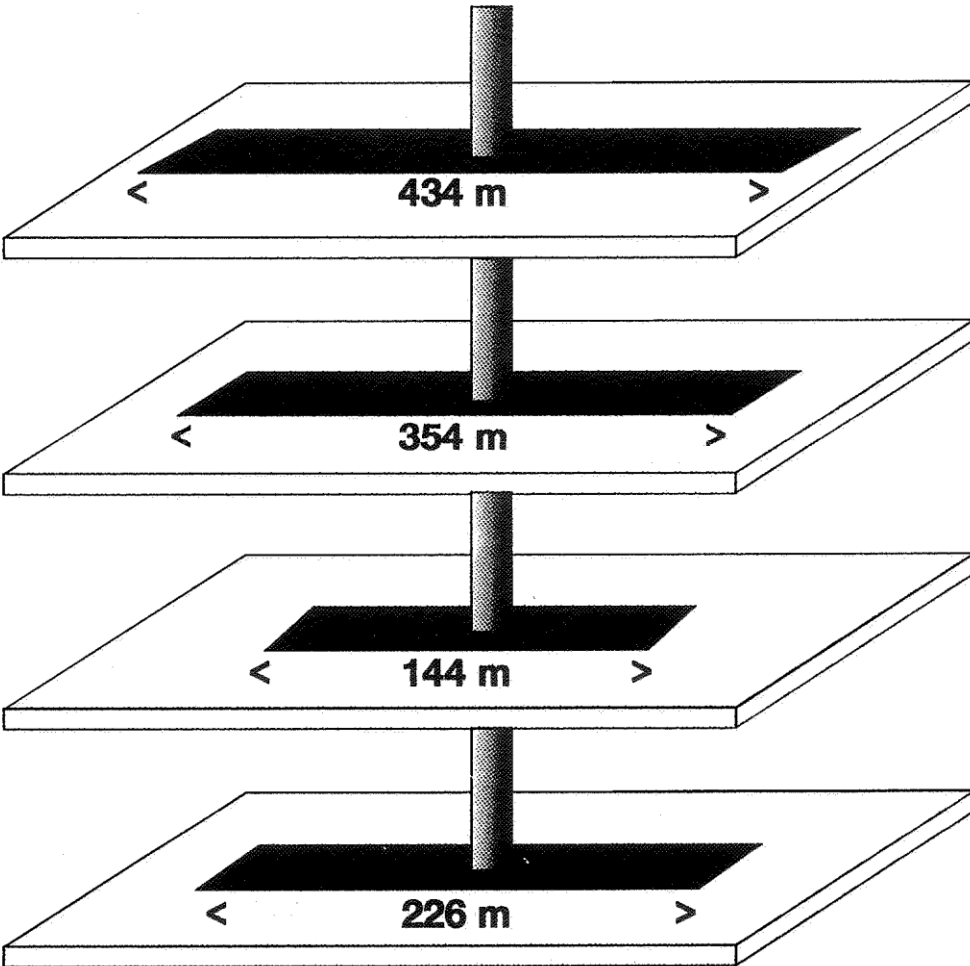
**KB206 985 m: conductive
Formation MicroScanner tool**

958 m: resistive fracture



- CBM test well Peer:**
- frac quality controls**
- **3D-seismometer**
 - **field lab for frac fluid**
 - **frac fluid decomposition**





**coal seam KS47
(960 m)**

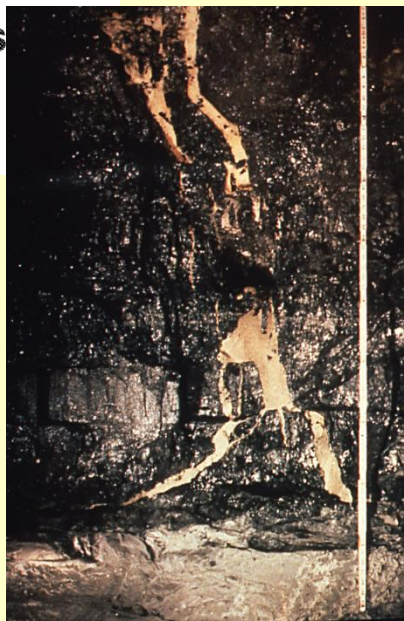
**coal seam KS50
(1040 m)**

**coal seam KS53 / 54
(1105 m)**

**coal seam KS60 / 60bis
(1165 m)**

**CBM test well Peer:
calculated width of induced frac zones**

**Example of induced fracture with sand proppant
from Black Warrior coal Basin (USA)**



CBM test Campine Basin

Results :

Sufficient coal (8 seams averaging 1,45 m) and methane (8 m³/t)

Technically OK, outgassing has started

But: Insufficient pressure reduction due to CO₂-water inflow from fault

↳ **not considered economic success**

Recommendations:

Map zones with highest gas content and saturation

Model water drive in most permeable seams

Go for coal seams with best structural-tectonic properties

Start from abandoned underground workings

↳ **new CBM concession virtually abandoned**

(more interest in shale gas instead of coal bed methane)

Connect gas shale and coal gas

(ongoing PhD research)

Roof shale characteristics in Coal Measures

Campine coal basin

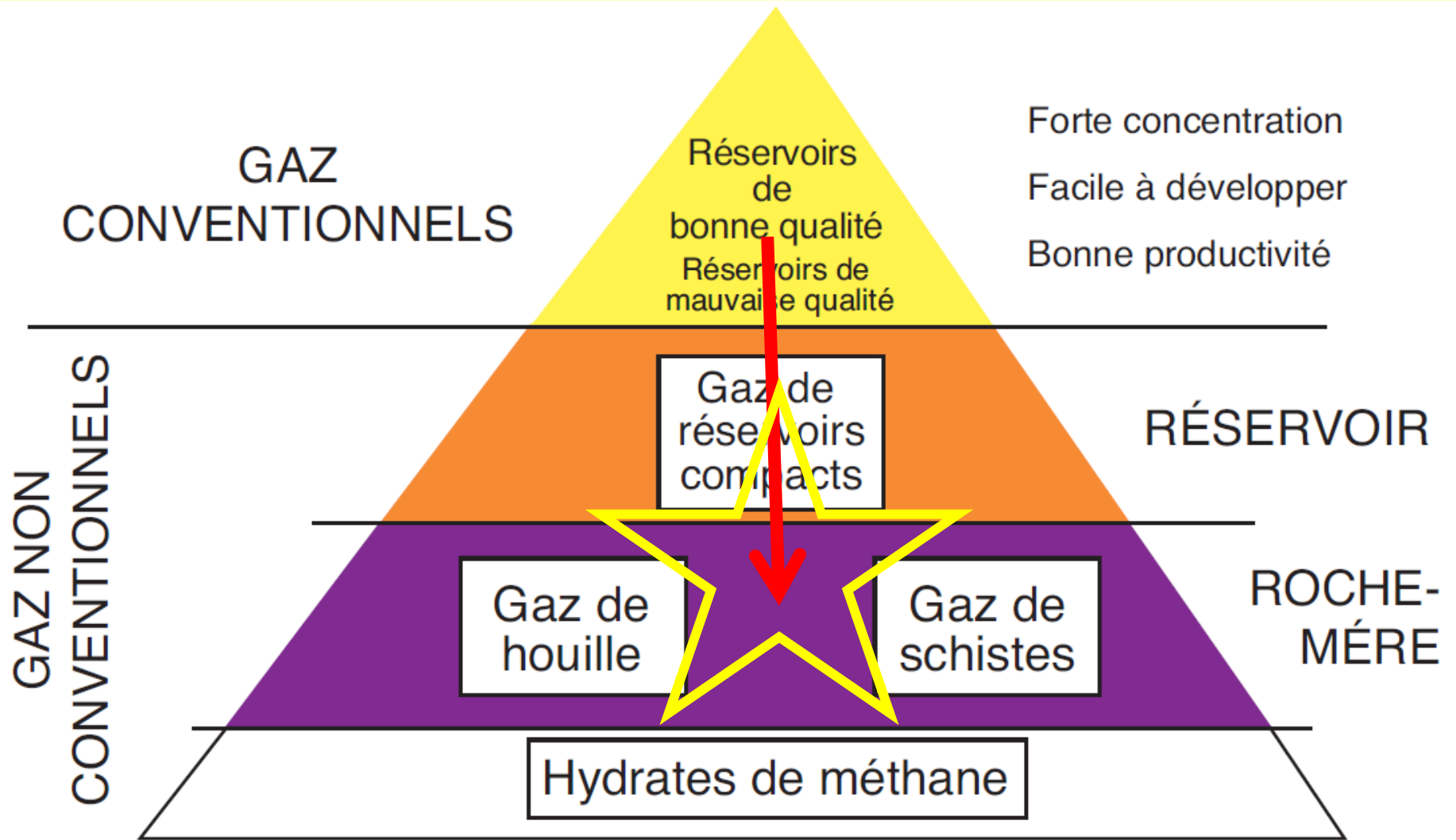
unexpected type II kerogen



KB174 Hechtel

General conclusions on shale gas and coal bed methane

- ✓ **Belgium has limited but real resources and small potential**
- ✓ **State of knowledge is insufficient, sweet spots may occur both in eastern Campine and in Borinage**
- ✓ **The unconventional of the world is ours conventional**
- ✓ **It is at the interface between shale gas, coal bed methane and tight gas that most progress can be made and that Belgium can make a difference**



R. Vially
IFP Energies nouvelles

↪ **Best prospect for Belgium:**
connect shale gas to coal bed methane