

## Jongere afzettingen

Wat betreft de jongere afzettingen is vermeldenswaard de falaise die in het huidige klif nabij Sangatte zichtbaar is. Deze falaise met de ervoor liggende strandafzettingen dateert uit het Eemien, het interglaciale tijdperk tussen de Riss- en Würmijstijden. De kustlijn van de zuidgrens van de Noordzee liep hier toendertijd in WNW-ESE richting. Gedurende het Pleistoceen is er lange tijd een landverbinding geweest tussen Frankrijk en Engeland. Pas in het Holoceen, met de zg. transgressie van Vlaanderen, ontstaat de permanente zeeverbinding tussen Het Kanaal en de Noordzee.

## Menselijke activiteit

In het jongste verleden, zó kort geleden dat dit voor de geoloog geen betekenis meer heeft, worden sporen gevonden van Paleolithische bewoning met een industrie van het type Moustérien. Van het jongste Paleolithicum worden in het gebied van de Boulonnais nog regelmatig artefacten gevonden, een industrieel centrum zou gevestigd zijn geweest nabij Hydrequant.

Zeer duidelijke sporen van de meest recente industriële activiteit van de mens vormen de honderden bomkraters die de kuststrook nog sieren en de granaten die nog regelmatig op het strand tevoorschijn komen.

Wat betreft de industrieel bruikbare gesteenten in de Boulonnais moet allereerst worden gedacht aan de steenkool, waarvan echter te weinig aanwezig is voor een

lonende exploitatie.

De fosfaat is wel gebruikt, b.v. voor kunstmest, doch de hoeveelheden daarvan zijn de moeite van het ontginnen ook niet waard. Fosfaatknollen komen voor in het Midden-Portlandien nabij Wimereux, in welke knollen vaak fossielen te vinden zijn zoals ammonieten en ook wel botten van reptielen. Ook de groengekleurde afzettingen uit het Albien bevatten fosfaat en daarnaast is er in de steilwand van de Petit Blanc-Nez een band van fosfaatknollen te zien van het Cenomane Tourtia-conglomeraat. Fosfaatknollen uit deze laag zijn vroeger o.a. bij Audincourt uitgegraven.

Een belangrijke industrie is ontstaan rond de voorkomens van de Paleozoïsche kalken in de Boulonnais. Deze worden gebruikt voor de produktie van cement, voor bouwsteen en siersteen zoals schoorsteenmantelplaten en cafétafeltjes.

## Literatuur

C. Delattre, E. Meriaux en M. Waterlot: Région du Nord (Guides Géologiques Régionaux), Masson et Cie, Paris, 1973.

R. Abrard: Géologie de la France, Payot, Paris, 1948.

Kaarten:

Carte touristique 1:100.000, Abbeville-Calais, nr. 1, Institut Géographique National (IGN);

Michelin-kaart nr. 51, 1:200.000;

Geologische kaart 1:80.000, Boulogne-Calais, nr. 3.

---

# Het Jura-klif van de Boulonnais:

## sedimentologie bij Cap Gris-Nez

door D.J. Beets en Th.B. Roep

(Geologisch Instituut, Universiteit van Amsterdam)

### Inleiding

Waarschijnlijk samenhangend met de opening van het centrale deel van de Atlantische Oceaan begint in de vroege Jura een lange dalingsgeschiedenis van het huidige Bekken van Parijs en het Noordzee-bekken. In de Midden-Jura bereikte de zee de noordrand van dit bekken, waarvan de Boulonnais een onderdeel vormt, en transgredeerde hier over een afgevlakt gebied van geplooid, grotendeels kalkige series van Devoon- en Carboon-ouderdom. De discordantie tussen de horizontaal liggende zanden van de Jura en het verkarste oppervlak van de geplooid, massieve kalken van het Carboon is prachtig ontsloten in de groeves bij de dorpen Blecquenecques en Elighen. (foto op pag. 5).

De Middenjura-gesteenten komen alleen voor in het binnenland, veelal niet of slecht ontsloten. In het klif langs de kust vinden wij alleen de jongere Jurassische gesteenten, die van het Kimmeridgien en Portlandien, waar wij ons in het vervolg van dit verhaal toe zullen beperken.

### Stratigrafie van de Bovenjura-gesteenten in het klif

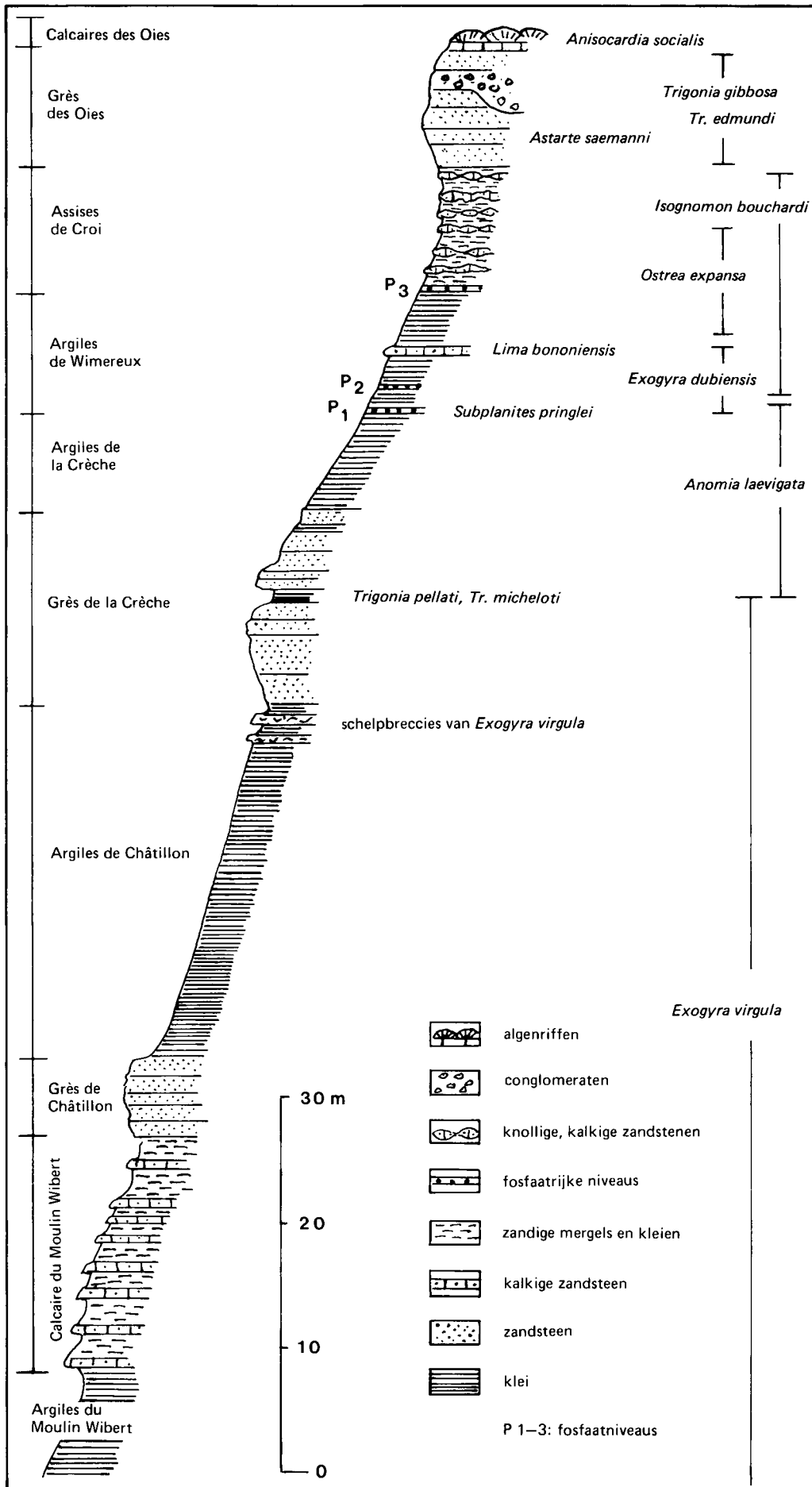
Afbeelding 1 geeft een vereenvoudigde stratigrafische opeenvolging van de Jura-sedimenten in het klif. Meest compleet is deze opeenvolging te zien in de anticlinal van La Crèche, een grote, open anticline enkele kilometers ten noorden van Boulogne-sur-Mer bij de Pointe de la Crèche. Afb. 2 en 3.

Een wandeling van de kern van de anticline naar Wimereux, enkele kilometers noordwaarts, geeft een goed beeld van de opeenvolging.

Achtereenvolgens ziet men: 1. de Argiles du Moulin Wibert, een ca. 24 m dikke serie zwarte kleien, mergels en siltstenen, afgewisseld met zandige kalkbanken; 2. de Calcaire du Moulin Wibert, een ca. 20 m dikke afwisseling van zandige mergels en kalkrijke zandstenen met veel

---

vervolg op pag. 9



afb. 1. Vereenvoudigde sectie van de Jura-opeenvolging in het klif van de Boulonnais (ten dele naar Pruvost, 1924).

lamellibranchiaten, o.a. *Trigonia*, *Gervillia kimmeridgiensis* en *Exogyra virgula*; 3. de Grès de Châtillon, een 5 tot 10 m dikke opeenvolging zandstenen met scheve gelaagdheid, golfribbel-oppervlakken, talloze graafsporen, vooral van kreeft- en krabachtigen, en als fossielen o.a. *Trigonia*'s en kleine echiniden (*Pygurus*); 4. de Argiles de Châtillon, een tot 28 m dik pakket kleien met in de top inschakelingen van schelpbreccies die geheel bestaan uit schelpjes van *Exogyra virgula*, een kleine, op zee gras levende oesterachtige; 5. de Grès de la Crèche, een tot 15 m dik pakket fijne en grove zandstenen, evenals de onderliggende Grès de Châtillon met scheve gelaagdheid, golfribbels en talloze graafsporen; 6. de Argiles de la Crèche, 8 m zwarte kleien met veel kleine lamellibranchiaten, o.a. *Astarte scalaris*, en ammonieten, waaronder *Subplanites*; 7. de Argiles de Wimereux, ca. 10 m kleien met vooral grote lamellibranchiaten, zoals *Ostrea*, *Isognomon*, *Lima*, *Trigonia* en *Pinna* en aan de basis een fosfaatrijk niveau met ammonieten, houtresten en rolstenen; 8. de Assises de Croi, een ca. 10 m dikke afwisseling van sterk doorgraven, knollige en kalkrijke zandstenen en glaukoniethoudende zandige kleien; 9. de Grès des Oies, een ongeveer 10 m dik pakket veelal sterk doorgraven zandstenen met lokaal conglomeratische inschakelingen; 10. de Calcaire des Oies, een meter dikke, onregelmatige knollenkalk, voornamelijk bestaande uit zoetwateralgen.

### Sedimentologie van de Kimmeridgien- en Portlandien-afzettingen

Belangrijkste kenmerk van de Jura-opeenvolging in het klif is de regelmatige afwisseling van klei-rijke en zandige pakketten. Klei wordt afgezet in stilstaand water — zo lang water in beroering is zullen deeltjes van klei-afmetingen blijven zweven —, terwijl zand juist vervoerd en afgezet wordt door stromend en golvend water. Met andere woorden, klei is kenmerkend voor een omgeving met lage energie, zand voor een hoge energie-omgeving. Typische hoge-energiemilieus zijn geulen, zowel rivier- als wadgeulen, en stranden blootgesteld aan golfwerking. Uiterwaarden van rivieren (bij hoog water overstroomd en bedekt door vrijwel stilstaand water), het hoogwad, lagunes (beide tegen golfwerking beschermd door een strandwal of eilandenrij) en, uiteraard, de zeebodem beneden de golfbasis, zijn typische lage-energiemilieus waar klei kan worden afgezet.

In het geval van de Jura-sectie vertegenwoordigen de kleirijke pakketten de zeebodem beneden de golfbasis, en de zandsteenseries de kusthelling en het strand waarop de golven breken. Ieder van de klei-zand trajecten in afb. 1, zowel Argiles du Moulin Wibert — Grès de Châtillon, Argiles de Châtillon — Grès de la Crèche als Argiles de la Crèche — Grès des Oies, kunnen wij zien als sedimentatiecycli beginnend op enkele tientallen meters diepte en opbouwend tot het strand (= zeeniveau). Zowel na afzetting van de Grès de Châtillon als na die van de Grès de la Crèche verdringt het gebied ten gevolge van een relatieve zeespiegelrijzing en volgt een nieuwe cyclus. Alleen in het geval van de Grès des Oies volgt een lange periode van



afb. 2. De Anticline van de Crèche. Vergelijk afb. 3.

continentale condities in het Onder-Krijt.

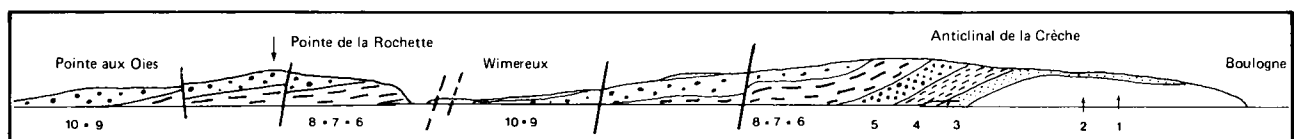
Het bovenstaande roept een tweetal vragen op. In de eerste plaats, hoe kun je zien dat het kustseries zijn en niet bijvoorbeeld geulen (de zanden) en een wad (de kleien)? En in de tweede plaats: als het kustseries zijn, waarom zijn dan de zandstenen in de serie ruimtelijk doorlopende lagen? Een kust is immers een smalle zone tussen land en zee.

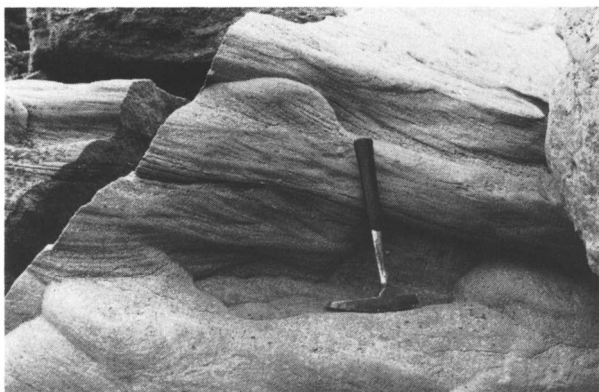
Voor de beantwoording van de eerste vraag moeten wij eerst nagaan wat golven zijn, en wat voor invloed de golfbeweging van het water heeft op de sedimentdeeltjes op de bodem. Golven worden opgewekt door de wind en plaatsen zich over de oppervlakte van de zee voort. Het zijn echter alleen de golven die zich in een bepaalde richting voortbewegen; de waterdeeltjes maken een oscillerende beweging maar blijven in principe op dezelfde plaats. Golfbeweging is een oppervlakteverschijnsel en de ronddraaiende beweging van de waterdeeltjes dooft naar beneden snel uit, zodanig dat beneden een diepte van ongeveer de halve golflengte van de golfbeweging het water niet of nauwelijks meer in beweging is. In diep water heeft golfbeweging dus geen enkel effect op de sedimentdeeltjes op de bodem. In ondiep water, waar de golven de kust naderen, wordt door de invloed van de bodem de cirkelbaan van de waterdeeltjes afgeplat en bij de bodem gereduceerd tot een heen en weer gaande beweging.

Hoe ondieper het water wordt, hoe intensiever deze heen en weer gaande beweging zal zijn, met als maximum de brekerszone waar de golfbeweging op het strand omgezet

afb. 3. Profiel van het Bovenjura-klif tussen Boulogne en Pointe aux Oies met de anticline van La Crèche.

1. en 2. Argiles en Calcaires du Moulin Wibert: kleien, resp. kalken;
3. Grès de Châtillon: zandsteen;
4. Argiles de Châtillon: kleien;
5. Grès de la Crèche: zandsteen;
- 6, 7 en 8. Argiles de la Crèche, Argiles de Wimereux en Assises de Croi: kleien, in de laatste ook zandsteen;
- 9 en 10. Grès des Oies en Calcaire des Oies: zandsteen, resp. knollenkalk.





afb. 4. Mega-scheve gelaagdheid in de zandstenen van de Grès de la Crèche bij Gris-Nez. Zoals in de tekst wordt besproken vertegenwoordigt deze grootschalige gelaagdheid de resten van megaribbels gevormd in de brekerzone en kust.

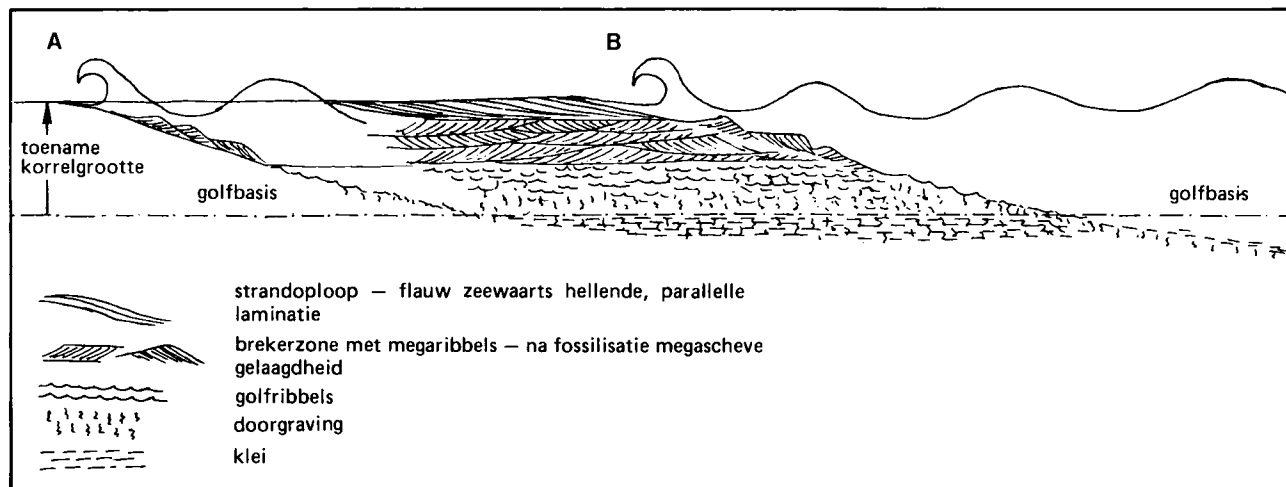
wordt in een stroming landwaarts (de oplopende golf) en een terugstroom zeewaarts. Vertalen wij dit nu weer in termen van hoge- en lage-energie-omstandigheden, dan is het duidelijk dat bij golfwerking de energie naar boven toeneemt, hetgeen tot gevolg heeft dat de op een kusthelling afgezette sedimenten naar boven geleidelijk in korrelgrootte toenemen. Het is een "coarsening-upward" sequentie. Bij stroming in een rivier- of wadgeul daarentegen, komen de hoogste stroomsnelheden en dus de grofste sedimenten in het diepste deel van de geul voor, terwijl hoger op de flanken van de geul de stroomsnelheid afneemt. Fossiele geulafzettingen zijn altijd "fining-upward" sequenties. In alle klei-zandsteenseries in de Jura van de Boulonnais is het geleidelijk grover worden van het sediment goed te zien. De toename van de golfenergie naar de brekerzone en strand toe wordt niet alleen geïllustreerd door de korrelgrootte van het zand, maar ook door de mate van doorgraving van het sediment. Hoe rustiger het milieu is, des te plezieriger voor de dieren die in het sediment leven. In de brekerzone is het sediment continu in beweging zodat zich daar geen fauna kan handhaven. Sedimentaire structuren, gevormd in deze zone, blijven fossiel prachtig bewaard (afb. 4). Vanaf de brekerzone dieper gaande, neemt het aantal kruip- en graafgangen snel toe (afb. 5) en de fijne, vaak kleihoudende zandstenen aan de basis van de zandsteenseries zijn vaak zo sterk doorgraven dat zij geheel gehomogeniseerd zijn en er noch struc-

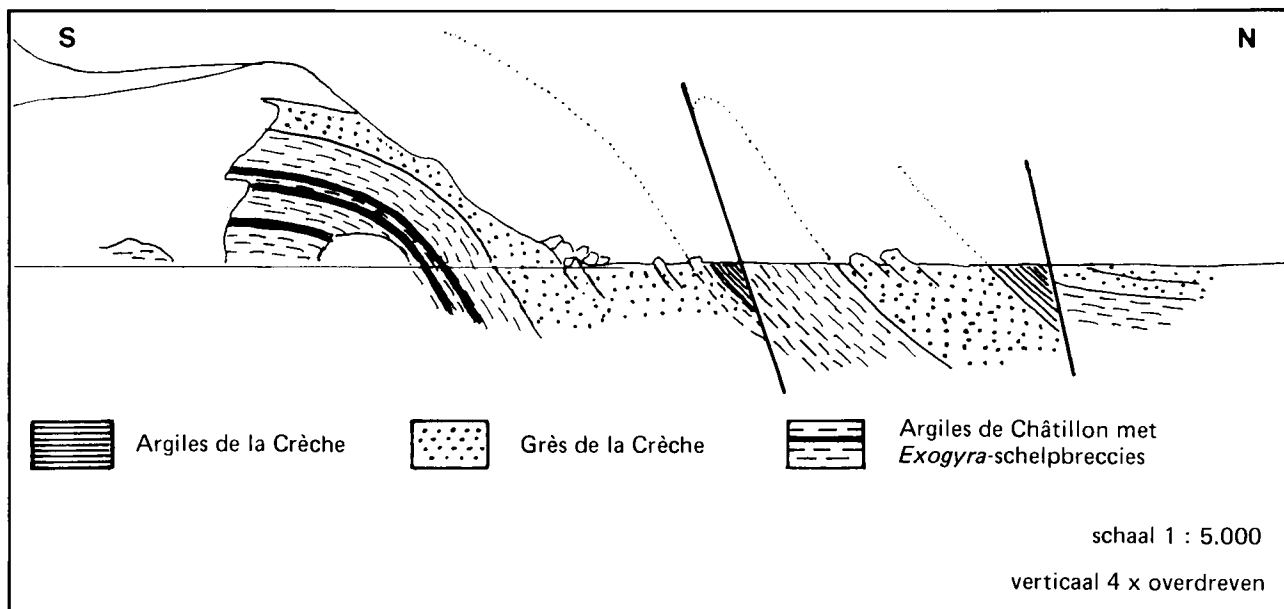


afb. 5. Fijnkorrelige zandstenen met ribbelachtige structuren, doorsneden door tallose graafgangen.

turen, noch graafgangen meer te zien zijn. De tweede vraag die we ons stelden, was waarom de zandstenen in de serie ruimtelijk doorlopende lagen zijn. Het antwoord is, dat de zandsteenseries geen momentopnames van een strand zijn, maar de aaneenschakeling van een groot aantal stranden van een kust die, tengevolge van zandaanvoer door rivieren en de verspreiding daarvan langs de kust door de golven, zich zeewaarts uitbouwt in een periode gekenmerkt door een min of meer stabiele zeespiegel. Afbeelding 6 maakt duidelijk, hoe sedimenten die op een kusthelling naast elkaar voorkomen, door het zeewaarts uitbouwen van de kust in onze fossiele zandsteenseries boven elkaar voorkomen. Doordat de kusthelling slechts enkele graden bedraagt, is deze in fossiele series alleen in exceptionele gevallen te herkennen. De gelaagdheid die wij zien is vooral de begrenzing tussen de verschillende sedimentatie-zones op de kusthelling. Het bovenstaande geeft een sterk vereenvoudigd beeld van de sedimentologie van kustseries. De werkelijkheid is veel gecompliceerder. Wisselende windcondities, de positie van

afb. 6. Schets ter illustratie van het verschijnsel dat bij een zeewaarts uitbouwende kust sedimenten die op een kusthelling naast elkaar voorkomen in de gefossiliseerde kust boven elkaar voorkomen. De kust bouwt uit van A naar B. Aangenomen wordt dat de golfcondities op de kust constant zijn. De twee getekende kusthellingen zijn sterk overdreven. In werkelijkheid bedraagt zo'n helling hooguit enkele graden.





afb. 7. Noord-zuid profiel van het klif bij het strand van Gris-Nez ten N van de kaap. Naar Pruvost, 1924.

een kust ten aanzien van de overheersende windrichting en de steilte van de kusthelling zijn onder meer factoren die de sedimentatie op een kust sterk beïnvloeden. In een uitbouwende kustserie kunnen deze factoren ook nog variëren in de tijd. Het gevolg hiervan is dat er niet alleen verschillen zijn tussen de drie zandsteenseries in de Jura-opeenvolging, maar ook dat er lateraal binnen ieder van deze stratigrafische eenheden in de ontsluitingen in het klif variaties optreden. Deze complexiteit hopen wij met het volgende voorbeeld te illustreren.

### De kustsequentie van de Grès de la Crèche bij Kaap Gris-Nez

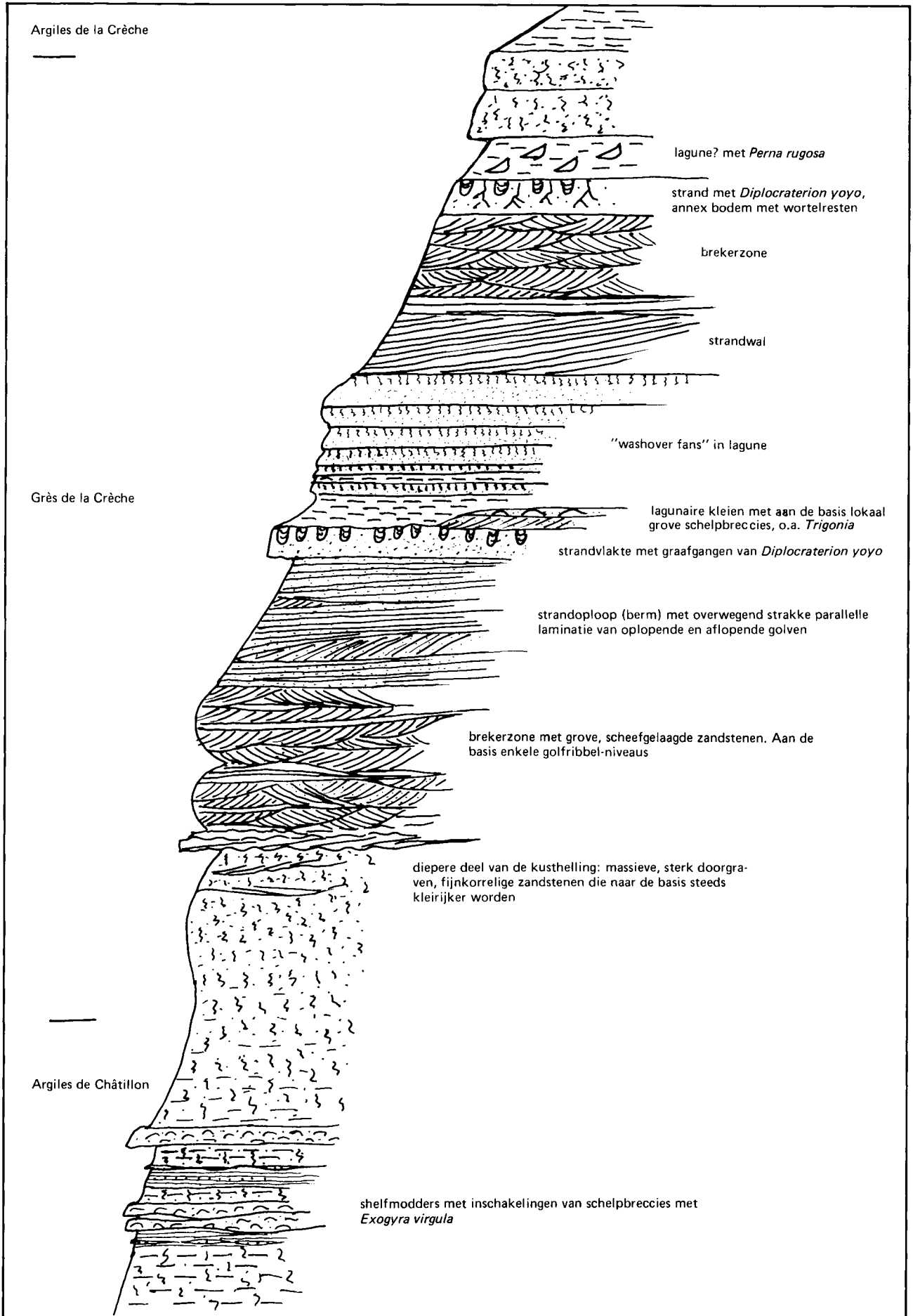
Bij Kaap Gris-Nez vanaf het strand aan de noordzijde tot aan de vuurtoren aan de zuidzijde is de Grès de la Crèche over een afstand van ongeveer een kilometer min of meer continu ontsloten. Vanaf het strand heeft het klif over ongeveer 500 m een oost-west richting om daarna vrij abrupt naar het zuiden om te buigen. De gesteenten in het klif hellen zwak noordwaarts, maar deze eenvoudige structuur wordt aan de noordzijde verstoord door een tweetal ruwweg oost-west verlopende breuken (hier dus evenwijdig aan het klif), waardoor de gesteenten in het klif nabij de breuk steiler naar het noorden hellen; afb. 7 is een N-S verlopend profiel van het klif ter hoogte van het strand aan de noordzijde. De breuken liggen voor het klif, zodat de opeenvolging in het klif niet verstoord is. Afb. 8 geeft een vereenvoudigde opeenvolging van de sectie van de Grès de la Crèche, zoals bij Gris-Nez ontsloten. Wanneer u het strand opkomt, ziet u links ter hoogte van het klif een anticlinale structuur, waarin nog juist de zwart gekleurde, silt- en zandhoudende kleien van de top van de Argiles de Châtillon ontsloten zijn. Het profiel van afbeelding 7 loopt precies door deze ontsluiting. Ingeschakeld in de silt- en zandhoudende kleien komen schelpenbreccies van *Exogyra virgula* en dunne zandsteenlaagjes voor. Dit deel van de sectie maakt al direct duidelijk dat de golfbasis een variabel begrip is: bij storm ligt deze veel dieper dan bij normale windcondities, zodat de

overgang van shelfmodders (de kleirijke series) naar het zand van de kusthelling geleidelijk is en gekenmerkt wordt door een afwisseling van klei- en zandlaagjes. Door de dieren die in het sediment leven en graven is deze afwisseling voor het grootste deel verloren gegaan en is het gesteente gehomogeniseerd tot silt- en zandhoudende kleien.

Als u goed kijkt, zult u echter zien dat niet alles doorgraven is. Geassocieerd met de *Exogyra*-schelpbreccies, kunt u een afwisseling zien van strak gelamineerde kleien en tot enkele centimeters dikke, fijne zandsteenlaagjes (afb. 9). In deze gelamineerde kleien ontbreekt ieder spoor van leven: geen fossielen en geen graafgangen. Dit suggereert dat tijdens afzetting van de gelamineerde pakketten de samenstelling van het water bij de bodem ongeschikt was voor leven. Dit kan een aantal oorzaken hebben, waarvan de meest waarschijnlijke is dat het water, althans bij de bodem, geen zuurstof bevatte.

In deze tijd — het Kimmeridgien — vormt de Boulonnais de kust van een groot bekken waarvan het diepere deel in de Noordzee en in het zuidelijke deel van Engeland lag. Gelamineerde kleien van dezelfde ouderdom komen veelvuldig voor in de diepere waterafzettingen en zijn ontsloten bij Kimmeridge Bay, de type-lokaliteit van deze etage aan de Engelse zuidkust. Deze kleien zijn wel rijk aan resten van planktonische organismen (aan de oppervlakte van de zee zwevende eencelligen), maar ook hier ontbreken sporen van een in en op de bodem levende fauna. Bovendien zijn kleien rijk aan organische verbindingen: de resten van het niet verrotte (= niet geoxydeerde) organische materiaal van de plankton. Gezien de rijkdom aan organisch materiaal denkt men dat deze kleien belangrijke olie-moedergesteenten van onze Noordzee-olie zijn. Het ontbreken van een goede circulatie in dit bekken, waardoor bodemwater, waaraan de zuurstof door oxydatie is onttrokken, niet ververscht wordt, beschouwt men als belangrijkste oorzaak voor het voorkomen van deze gelamineerde kleien. De associatie van de *Exogyra*-schelpbreccies met deze gelamineerde kleien in de Boulonnais suggereert een oorzakelijk verband tussen deze gesteenten. Een discussie hierover zou ons echter te ver leiden van de hoofdzaak van dit verhaal, de kustop-

vervolg op pag. 13



vervolg van pag. 11

eenvolging. Vanaf de *Exogyra*-breccies naar bovengaand neemt het zandgehalte geleidelijk toe en krijgt het verweringsoppervlak van het gesteente een gele kleur. Traditioneel wordt daar de grens tussen de Argiles de Châtillon en de Grès de la Crèche gelegd. Voor het vervolg van de sectie zult u nu over rotsblokken moeten klimmen naar de wand die in figuur 10 is afgebeeld. Het eerste wat er van de blokken opvalt is hun veelal ronde vorm, en als u naar het klif kijkt ziet u ze daar al voorgevormd uitstekend. Dat zijn de zogenaamde "boules", een veel voorkomend verschijnsel in de zandstenen van de Boulonnais (afb. 15). De verklaring voor dit verschijnsel is dat de zandstenen slechts ten dele en als een soort grote concreties gecementeerd (= verhard) zijn. De "boules" bestaan uit zand met in de poriënruimte calciet als cement. Buiten de "boules" in dezelfde laag ziet u hetzelfde zand, maar dan zonder cement. U zult zien dat de sedimentaire structuren gewoon vanuit de "boules" in het losse zand doorlopen en dat het dus een secundair verschijnsel is waar u doorheen moet proberen te kijken.

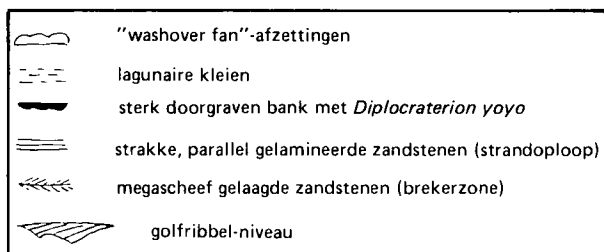
Alhoewel de blokken lastig zijn om overheen te klimmen, zijn ze ideaal om in alle rust en in detail de sedimentaire structuren van de sectie te bestuderen. U moet dan natuurlijk wel weten uit welk deel van de sectie ieder blok afkomstig is, maar na een dag klauteren en rondscharrelen bent u zo ver.

De onderste 3 tot 4 meter van de Grès de la Crèche bestaan uit sterk doorgraven, fijnkorrelige zandstenen met een zeer typisch, geelgekleurd, onregelmatig verweringsoppervlak (afb. 11). Gelaagdheid is vrijwel geheel verdwenen t.g.v. doorgraving, maar plaatselijk kunt u nog wel golfribbelachtige vormen zien (afb. 5). Lokaal komen wat grovere inschakelingen voor, die waarschijnlijk stormfasen aangeven. Vrij plotseling verandert nu het beeld. Via een half tot één meter dikke parallel gelaagde zandsteenserie (afb. 12) met prachtig ontwikkelde en goed ontsloten golfribbelniveaus — let op kruisporen en op de afdrucken van schelpen en ammonieten — komen wij in een ongeveer 3 m dikke serie vrij grove zandstenen met goed ontwikkelde scheve gelaagdheid en weinig of geen doorgraving

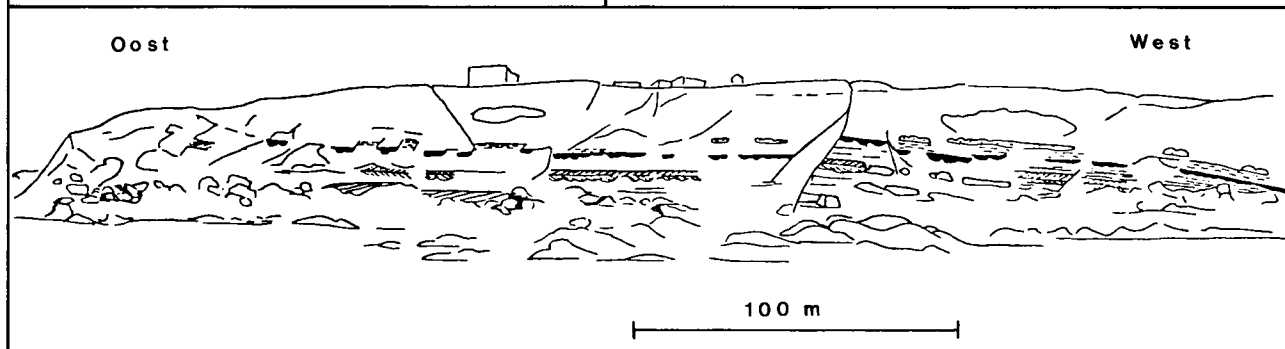


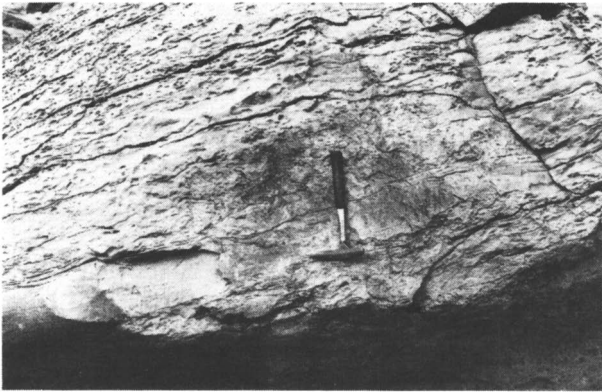
afb. 9. Top van de Argiles de Châtillon met doorgraven zandig-siltige kleien, *Exogyra*-schelpbreccies en strak gelamineerde afwisseling van kleien en dunne zandsteenlagen.

meer (afb. 4). Dit is de brekerzone, één tot enkele meters onder zeeniveau, waar, met uitzondering van een enkele windstille, roerloze dag, het zand continu in beweging is. De scheve gelaagdheid vertegenwoordigt de lijszijde-afzettingen van gekromde megaribbels, die door de olopende en afstromende golven zowel naar de kust als van de kust af bewegen. Door de scheve gelaagdheid te meten kunt u ruwweg de kustrichting reconstrueren: deze blijkt hier ongeveer N-S geweest te zijn. Het pakket strak gelamineerde, horizontaal gelaagde zanden met veel schelpgruis, dat hierop ligt, interpreteren wij als standoploop of berm; ook hier ontbreken de gravende organismen. Als wij deze kust met die van Nederland zouden vergelijken, zouden we op deze strandafzettingen vervolgens duinafzettingen verwachten. Niets is echter minder waar. De strandoploop wordt afgesloten met een prominente, sterk doorgraven zandsteen, lokaal bedekt met een grind- en schelpen-houdende zandsteen (afb. 13), waarop een ongeveer 1 m dikke kleilaag ligt. Geen schoon, goed afgerond, eolisch zand. Het is duidelijk dat deze kust sterk afwijkt van de huidige Nederlandse. In de doorgraven laag op de strand-oploop komen talloze U-vormige graafgangen voor, die als naam *Diplocraterion yoyo* gekregen hebben. Het dier dat in deze gangen geleefd heeft kan zijn gang gemakkelijk naar boven en beneden verleggen, vandaar de naam yoyo (afb. 14). De aanwezigheid van deze graafgangen geeft ons in ieder geval twee aanwijzingen over de



afb. 10. Overzicht van het O-W lopende deel van het klif bij Gris-Nez.





afb. 11. Sterk doorgraven en gehomogeniseerde fijnkorrelige zandstenen van het basale deel van de Grès de la Crèche.



afb. 12. Golfribbelniveau aan de basis van de scheefge-laagde zanden van de brekerzone in de sectie van de Grès de la Crèche bij Gris-Nez.

omstandigheden op het strand. In de eerste plaats moet het zand continu nat zijn geweest. Niet alleen omdat het in droog zand moeilijk is om dit soort gangsystemen te graven, maar ook omdat het dier dat erin leefde waarschijnlijk zou uitdrogen. In de tweede plaats moeten de dieren zich voeden, en dit voedsel moet uit zee komen. Beide aanwijzingen suggereren een brede en lage kustvlakte (met hoge grondwaterstand) die geregeld door de zee overspoeld werd. Dat verklaart ook de afwezigheid van duinen: zolang zand nat is kan het niet door de wind meegenomen worden. Dat wij in Nederland zulke prachtige kustduinen hebben, komt ondermeer doordat de branding het zand zo hoog op het strand gooit dat het boven de grondwaterspiegel blijft. Bovendien variëren zee- en grondwaterspiegel op onze kust door het getij. Aanwijzingen voor getijwerking op onze Jura-kust hebben wij nooit gevonden.

De kleien die op dit zandpakket liggen, stelden ons nogal voor problemen. Was door een snelle relatieve zeespiegelrijzing de gehele sectie weer onder de golfbasis terecht gekomen of was hier iets anders aan de hand?

De zandstenen die direct weer op deze meter klei liggen, lijken in geen enkel opzicht op datgene wat wij tot nog toe in de kustserie hebben gezien en onze conclusie was dan ook dat het laatste het geval was. Gelukkig kwam hierbij de fauna te hulp. In de kleien komt een rijke fauna van ostracoden voor, die slechts uit enkele soorten bestaat.

afb. 13. Grind en schelpen (Trigonia)-houdende zandsteen die lokaal op het niveau met Diplocraterion yoyo voorkomt.



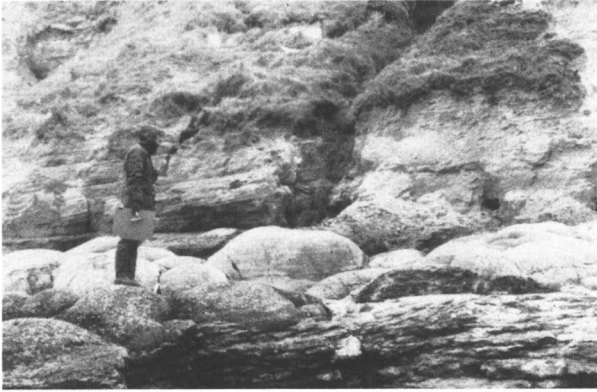
Ostracoden zijn kleine, in het water levende Arthropoden, die net als Lamellibranchiaten, binnen twee, in dit geval zeer kleine, schelpen leven. Ostracoden komen zowel in zout als in zoet water voor, maar vormen in een vol marien milieu slechts een zeer klein percentage van de gehele fauna. Als de fauna vrijwel geheel uit Ostracoden bestaat en dan nog uit een of twee soorten, dan betekent dit dat het water een afwijkend zoutgehalte heeft, en in ons geval dat het waarschijnlijk brak is geweest. En dat kan men weer verwachten in een, in dit geval, ondiepe lagune, die door een door de golven opgeworpen wal van de zee gescheiden is. Aangezien de waterspiegel in de lagune op dezelfde hoogte staat als die van de zee, betekenen deze kleien ook dat de kustserie nu langzaam maar zeker weer gaat verdrinken, hetzij door de daling van het gebied, hetzij door een eustatische (absolute) zeespiegelrijzing, of door een combinatie van beide. Met de nu volgende opeenvolging kunnen wij dit verdrinken op de voet volgen. U kunt dit ook in het klif zien zoals weergegeven in afbeelding 10, maar als u vanaf het meest westelijke uiteinde van dit klif de hoek omgaat en richting vuurtoren gaat lopen, ziet u deze serie ontsloten zoals in afbeelding 15.

Op de lagunaire kleien ligt een 2 tot 3 m dikke serie zandstenen, die qua sedimentaire structuren sterk afwijken van wat wij tot nu toe gezien hebben. Het zijn parallel gebankte zandstenen, die in dikte variëren van 5 cm tot ongeveer 50 cm. De dikte van de lagen wordt naar boven

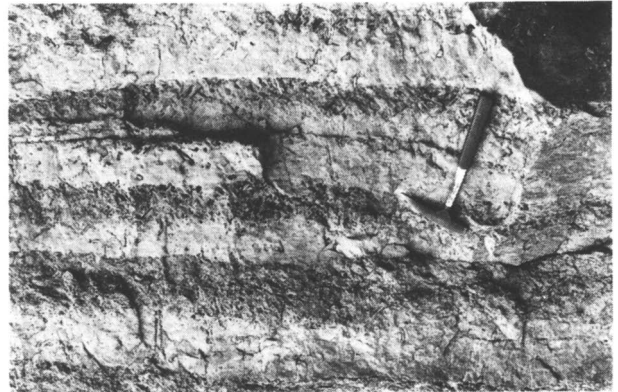
afb. 14. De U-vormige graafgangen van Diplocraterion yoyo in de strandvlakte-afzetting van de Grès de la Crèche bij Gris-Nez.







afb. 15. Lagunaire kleien (onderaan foto), washover fan-afzettingen (voorgrond) en strandwalafzetting (achtergrond) van de Grès de la Crèche bij Gris-Nez. De kazen waar één van de auteurs op staat zijn de zogenaamde "boules", ontstaan door concretionaire cementatie van de zandstenen.



afb. 16. Washover fan-afzettingen in lagune. Alleen bovenkant zandstenen is doorgraven, hetgeen erop wijst dat iedere zandsteenlaag in zijn geheel vrij plotseling afgezet is. Een rustperiode, waarin zich weer een fauna ontwikkelde, scheidt de lagen.

toe groter. De meest kenmerkende eigenschap is dat iedere laag alleen in het bovenste deel doorgraven is (afb. 16), hetgeen erop wijst dat ieder van de zandsteenlagen vrij plotseling in de lagune is afgezet en daarna een vrij lange tijd aan de oppervlakte heeft gelegen, zodat er zich een uitgebreide fauna in het bovenste deel kon ontwikkelen. Deze werd op zijn beurt gedood door een nieuwe influx van zand, waarna opnieuw kolonisatie plaatsvond. De plotselinge en, althans voor de in het zand levende fauna, catastrofale influx van zand in de lagune suggereert sterk dat deze afzettingen "washover fans" vertegenwoordigen, gevormd tijdens storm door het doorbreken van de wal tussen zee en lagune. Waar die wal doorbroken wordt neemt het binnenstromende water het zand uit dit gat mee en spreidt dit als een waaier in de lagune uit, vandaar "washover fan". Het dikker worden van deze lagen naar boven wijst erop dat de wal en dus de zee steeds dichterbij komt. En inderdaad, op deze horizontaal gelaagde zandstenen ligt een 1,5 m dikke zandserie gekenmerkt door scheve gelaagdheid met een flauwe helling, die wij interpreteren als de wal voor de lagune.

Als een film hebben wij de zee zien verdwijnen in het deel van de sectie tot het yoyo-niveau. Wij hebben rondgelopen in de lagune achter de strandwal en nu komt de zee weer terug, want op deze wal komen nu weer scheefgelaagde zanden van de brekerzone. Nog éénmaal wint het land het in onze sectie, want op deze scheefgelaagde zanden ligt weer een laag met *Diplocraterion yoyo*-graafgangen, en, wat overtuigender is, sporen van boomwortels in het zand – een bodem. De kleien die hierop liggen, zijn weer rijk aan Ostracoden, maar nu ook aan grote schelpen van *Perna rugosa*. Mogelijk is dit weer een lagunaire afzetting. Dan is het echter definitief met ons strand gedaan. Enkele meters van een sterk doorgraven fijnkorrelige zandsteen scheiden deze lagunaire afzetting van de vol-mariene kleien van de Argiles de la Crèche – de transgressie gaat nu snel – en het zal weer enkele miljoenen jaren duren voordat de volgende kust, die van de Grès des Oies, zich tot deze plaats kan uitbouwen.

De sectie van de Grès de la Crèche bij Gris-Nez is één van de mooiste voorbeelden van kustopeenvolgingen die wij kennen. Geen van de andere ontsluitingen in de Boulonnais evenaart deze. Toch zult u zien dat ook in andere ontsluitingen van de Jura-zandstenen van de Boulonnais verge-

lijkbare elementen en opeenvolgingen te zien zijn. En als het u te moeilijk wordt, zijn er altijd nog de zee en de recente kust om uw inspiratie uit te putten.

#### Dankbetuiging

De gegevens voor dit artikel werden verzameld tijdens de talloze excursies die het Geologisch Instituut van de Universiteit van Amsterdam naar de Boulonnais organiseerde. De auteurs willen hun dank betuigen aan de studenten en collega's die hen daarbij vergezelden en bij het werk ondersteunden.

#### Literatuur

- Ager, D. V. & Wallace, P., 1966, The environmental history of the Boulonnais, France. Proc. Geol. Ass., v. 77, 4, p. 385-417.
- Ager, D. V. & Wallace, P., 1966, Easter field meeting in the Boulonnais, France. Proc. Geol. Ass., v. 77, 4, p. 419-435.
- Bonte, A., 1969, Le Boulonnais. Ann. Soc. Géol. Nord, LXXXIX, p. 23-46.
- Pruvost, P., 1925, Observations sur la structure du Cap Gris-Nez et sur les mouvements qui ont affecté le pays Boulonnais après le dépôt du Jurassique. Bull. Carte géol. France, 28, 1-71.