

Hiertoe behoren de Mont-Lambert (189 meter hoog), de Mont d'Herquelingue (154 meter), het Massief van La Fôret de Boulogne (134 meter) en het Massief van La Fôret de Desvres (125 meter).

Tijdens het erosieproces werden er in de Bas-Boulonnais bovendien een aantal **vervlakkningsniveaus** gevormd. Naast fluviaatiele erosie traden er ook hellingprocessen op, waarbij het losse materiaal hellingafwaarts werd getransporteerd om in het lager gelegen terrein door de rivieren te worden afgevoerd naar zee. Op veel plaatsen treffen we dit hellingmateriaal (de "**limon rouge à silex**") aan.

In het Mioceen vond waarschijnlijk ook een doorbraak van de Boulonnais-Wealden-anticline plaats, waarbij de eerste aanzet tot het **Nauw van Calais** ontstond. Hierdoor kreeg de zee toegang tot de Boulonnais en kon zich langs grote delen van de kust een klif in het vasteland ontwikkelen. De verbreding van het Nauw van Calais en de daarmee gepaard gaande klifterugschrijding vond vooral in de loop van het Kwartair plaats. De mate van klifterugschrijding verschilde van tijd tot tijd.

Tijdens de koude fasen van het Pleistoceen lag deze zee-engte tussen de Noordzee en Het Kanaal meestal droog, zodat Engeland met het vasteland verbonden was. In deze koude fasen speelden vooral rivier-erosie en hellingprocessen een rol bij de afbraak van de kliffen. Door de zeespiegelstijging in de warme fasen van het Kwartair kon de zee ver landwaarts doordringen en werd Engeland weer door een nauwe zeestraat van het vasteland gescheiden. In deze warme tijden trad naast hellingafspoeiing ook mariene erosie op, waardoor het Nauw van Calais verder werd verbreed. De afbraak van kliffen gaat ook nu nog gestaag door, zodat het Nauw van Calais elk jaar weer iets breder wordt (zie hiervoor het artikel over de kustmorfologie).

Fluviaatiele erosie vond plaats door de drie grote rivieren in de Boulonnais (de Liane, de Wimereux en de Slack), waarvan het riviernet beïnvloed werd door de structuur van de ondergrond. De rivieren lopen parallel met de grote **breuklijnen** uit het Tertiair (Faille de Slack-Épître, Faille de Wimereux-Belle en Faille de la Liane). Vooral in het Pleistoceen trad langs deze breuklijnen sterke erosie op,

waarbij brede en vrij diepe rivierdalen ontstonden, die later door grindrijke fluviaatiele afzettingen ("**alluvions**") grotendeels zijn opgevuld. In de koude tijden van het Pleistoceen sneden de rivieren zich, ten gevolge van de lage zeespiegelstand en de daardoor lager liggende erosiebasis, in hun oude sedimenten in. Hierdoor bleven de "**alluvions anciennes**" alleen in de vorm van een aantal **rivierterrassen** bewaard.

Algemeen neemt men aan dat aan het einde van het Saalien het reliëf bijna gelijk was aan het huidige, maar dat het wel veel "**scherper**" was. Hellingprocessen en lössafzettingen hebben het reliëf verder vervlakt en het zijn huidige vorm gegeven.

Literatuur

Bonte, A. en J. de Heinzelin, 1966, Compte rendu de la extraordinaire de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie et de la Société géologique de Belgique dans le Boulonnais du 8 au 11 Septembre 1966. Bull. Soc. Belge de Géol., de Paléont. et d'Hydrol., T.LXXV, 245-305.

Bonte, A., 1966, Le Quaternaire de la Pointe aux Oies entre Wimereux et Ambleteuse (Pas-de-Calais). Ann. Soc. Géol. du Nord, T. LXXXVI, 183-186.

Bonte, A., 1969, Le Boulonnais. Ann. Soc. Géol. du Nord de la France, T. LXXXIX, 1, 23-46.

Coque-Delhuille, B., 1972, Recherches sur les formations Quaternaires et le modèle de la Flandre maritime Dunkerquoise. In: Cahiers de Géographie Physique, no. 1, Plaines maritimes du Nord, Inst. de Géogr. de Lille, 45-63.

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

Paepe, R. en J. Sommé, 1970, Les loess et la stratigraphie du Pleistocène récent dans le Nord de la France et en Belgique. Ann. Soc. Géol. Nord, T. XC, 191-201.

Sommé, J., 1969, La plaine maritime. Ann. Soc. Géol. Nord, T. LXXXIX, 1, 117-126.

Sommé, J., 1975, Les plaines du Nord de la France et leur bordure. Etude Géomorphologique. Vol. 1 t/m 3, Univ. de Paris, Thèse de Doctorat d'Etat, 790 blz.

De kustmorfologie van de Boulonnais

door drs. E.G. van Diggelen

Inleiding

De zee heeft een grote aantrekkingskracht op de meeste mensen, vooral langs de kust waar de aanrollende golven tweemaal per etmaal door het land worden gebroken. In deze brandingszone ontstaan vele soorten kustvormen, die in de Boulonnais plaatselijk goed ontwikkeld zijn. In dit gebied is de kustlijn aan een voortdurende verandering onderhevig. Vooral bij stormvloed breekt de bruisende zee met haar huizenhoge golven het land af. Op plaatsen waar kapen in zee uitsteken treffen we steile klifkusten aan, terwijl in de meer beschutte baaien zandstranden en duinenrijen zijn gevormd.

Deze bijdrage aan het Boulonnais-nummer zal nader ingaan op de vormen, die zich in deze streek in de loop der tijd op de grens van land en zee hebben ontwikkeld. Kustvormen die de strandwandelaar telkens weer herinneren aan de meedogenloze strijd die hier tussen het land en de zee wordt uitgevochten.

Hoge en lage kusten

Zakken we vanuit ons land in zuidelijke richting langs de kust af, dan zal na een aantal uren rijden de uitgestrekte

kustvlakte van Holland en Vlaanderen, met zijn langgerekte duinengordel aan zee en vlakke polders erachter, plotseling overgaan in de hoge krijtkliffen van Cap Blanc-Nez in Noord-Frankrijk. We zijn dan in een gebied beland, waar het vaste gesteente aan de dag treedt. Hier heeft de zee het land teruggedrongen en een steile rotskust gevormd. In de kustzone van de Boulonnais treffen we rotskusten aan, die bestaan uit een afwisseling van hoge en lage kustgedeelten. De **hoge kustgedeelten**, waar het vaste gesteente tot op een zekere hoogte boven het zeeniveau aan de dag treedt, staan in de literatuur bekend als de **klifkusten**. In Frankrijk worden de klifkusten wel aangeduid als **falaisekusten**, waarmee dan in het bijzonder de steile krijtklifkusten worden bedoeld. Hoge klifkusten ontstaan op plaatsen waar resistente gesteenten dagzomen. Waar echter zachtere gesteenten ontsloten liggen, ontstaan **lage kustgedeelten**. Een goed voorbeeld van zulke differentiële erosie vormt de kustzone tussen Cap Blanc-Nez en Cap Gris-Nez. Nabij Wissant liggen weinig resistente gesteenten uit het Onder-Krijt ontsloten. Hier kon zich dan ook gemakkelijk een laagte vormen, waarin de zee tamelijk ver landwaarts kon binnendringen. In deze lage kustzone (de baai van Wissant) wordt de rotsbodem door een breed zandstrand bedekt, waarop plaatselijk duinen zijn gevormd. Het door de golven aangespoelde zand is afkomstig van de afbraak van klifkusten.

De klifkusten

Bij het ontstaan van klifkusten kunnen drie aspecten worden onderscheiden: de vormingscondities, de processen en het mechanisme van de vormontwikkeling.

Afbraak van rotskust

De klifkusten van de Boulonnais kenmerken zich door een enorme verscheidenheid aan vormen. De vorm wordt voornamelijk bepaald door de lithologie (de gesteente-soort), de structuur van het gesteente en de mate van afbraak door de zee. De lithologie en de structuur van het gesteente bepalen of het land voldoende weerstand kan bieden aan de afbraak door de zee.

Op plaatsen waar het vaste gesteente tot een zekere hoogte boven het zeeniveau aan de dag treedt, vindt door de golfwerking een directe doorbraak van de rotskust plaats. Er ontstaan steile kustgedeelten, die men aanduidt als **kliffen** ("falaises"). Een bekend krijtklif in de Boulonnais is die van Cap Blanc-Nez, die 134 meter hoog is (afb. 1). Vanaf de top van Cap Blanc-Nez heeft men bij helder weer een prachtig uitzicht op de Engelse kust en de krijtrotsen van Dover.

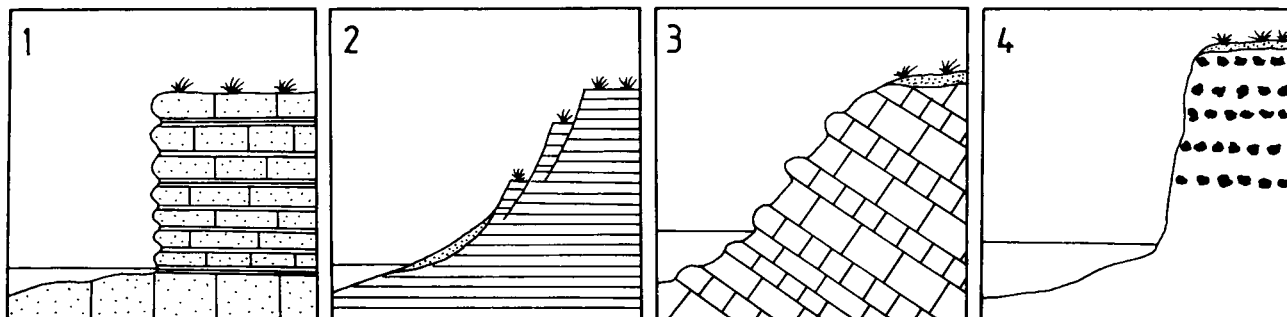
Langs de kust van de Boulonnais treffen we een gevarieerde lithologische afwisseling aan, die een gevolg is van de scheefgestelde positie van de lagen. Zo vinden we in het kustprofiel van Wimereux naar Boulogne scheefgestelde pakketten van kleien, kalken, zanden, conglomeraten en zandsteen. Van Wissant naar Sangatte gaande treffen we



afb. 1. De baai van Wissant en de Krijtklifkust van de Boulonnais vanaf Grand Blanc-Nez. De uitstekende punt is Petit Blanc-Nez, in de verte, aan het eind van de baai, Cap Gris-Nez.

eveneens scheefgestelde pakketten van kleien en mergels aan, die overgaan in krijt met ingeschakelde vuursteenconcreties. Niet alleen de aard van het gesteente bepaalt de vorm — in het bijzonder de mate van steilheid — van de kliffen, maar ook het voorkomen en de stand van diaklazen, breuken en laagvlakken. Zoals we in afb. 2 kunnen zien ontstaan verticale kliffen bij voorkeur op plaatsen waar de lagen horizontaal liggen (en de diaklazen verticaal staan) of waar ze landwaarts hellen. Zulke kliffen treffen we bijvoorbeeld aan ten noorden van Audresselles en bij Wimereux. Hier dagzoomt een pakket horizontale zandsteenlagen, afgewisseld door minder resistente kleilagen (afb. 2-1). Op plaatsen waar dikke kleibanken dagzomen, zoals bijvoorbeeld langs de kust van Strouanne, ten noordoosten van Wissant, naar Le Petit Blanc-Nez, vormen zich vaak steilstaande glijvlakken, waarlangs grote kleimassa's als schollen naar beneden afglijden (afb. 2-2). Hierbij blijft de inwendige samenhang van de kleimassa min of meer bewaard. In de richting van Le Petit Blanc-Nez, waar de blauwe Gault-kleien worden afgedekt door pakketten glaukonietkrijt en mergels kunnen deze dek-lagen over de plastische kleilaag afglijden. Ze worden als het ware als schollen passief op de beweeglijke klei meegenomen naar het lager geleiden strand. Op het strand vinden we daarom een bont mengsel van allerlei soorten gesteenten van verschillende ouderdom en fossielinhoud (afb. 3). Waar de klei verzadigd is met water vloeit deze als een visceuze brei in de vorm van kleitongen naar het strand af.

afb. 2. Verschillende vormen van kustprofielen in de Boulonnais (1: afwisseling van zandsteenbanken en kleilagen; 2: klei; 3: kalksteen; 4: krijt met vuursteenbanken) (grotendeels ontleend aan Van Straaten, 1982).





afb. 3. Het strand bij Strouanne (NO van Wissant) ligt bezaaid met grote brokken glaukonietkrijt en mergels, die over de kleilagen naar beneden zijn gegleden.

In dat geval is de inwendige samenhang van de kleimassa niet bewaard gebleven. Op het strand zorgt de golfwerking voor de afvoer van de klei. Door het plastische karakter van de klei blijft deze vaak in de vorm van kleiklonten bewaard. Deze worden door de heen en weer gaande beweging van de golven afgerond tot zgn. **kleirolstenen** (in de Engelstalige literatuur "armored mud balls" genoemd) (afb. 4).

De meestal ronde kleiballen kunnen soms meer dan 30 cm in doorsnede bedragen. Over het algemeen zijn ze echter niet meer dan 5 tot 10 cm in doorsnee. De kleiballen bevatten veel zandbijmenging, grind, schelpjes en fossielen die van het strand door de klei zijn opgenomen bij het heen en weer rollen in de branding. De kern blijkt echter te bestaan uit bijna zuivere klei.

Een tweede vormingsconditie van klifkusten, naast het dagzomen van het vaste gesteente, is de aanwezigheid van de zee tot aan de voet van de kliffen. In het Holoceen werd de voet van de kliffen pas vanaf 5.000 B.P. (Subboreaal) door de zee bereikt. Daarvoor traden, vooral in het Pleistoceen, lange perioden op waarin de zeespiegel laag stond en de kliffen niet door de zee verder konden worden afgebroken.

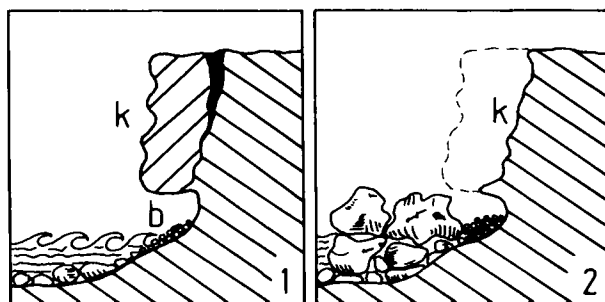
afb. 4. Een kleirolsteen op het strand bij Strouanne (diameter ca. 30 cm).



Afbraakprocessen

De afbraak van de kust vindt plaats door een samenspel van mechanische, chemische en biologische processen. De mechanische afbraak die door de zee plaatsvindt duidt men aan als **mariene erosie** of **abrasie**. De zee beukt tweemaal per etmaal tegen de klifkust aan. Vooral bij stormvloed kan de afbraak van het land door de zee aanzienlijk zijn. Gesteenten met veel breuken, diaklazen en andere zwakke plekken vormen een relatief gemakkelijke prooi voor de voortdurend aanrollende golven. Door de tegen de rotskust aanbeukende golven wordt de lucht tussen de watermassa en het klif en die in de rotsspleten samengeperst, zodat het gesteente uiteindelijk door de herhaaldelijke mechanische druk uit elkaar valt. Deze hydraulische druk van het water kan meer dan 350 kg/cm^2 bedragen!

Door de golferosie worden grote rotsblokken losgemaakt, die voor het klif in zee vallen en daarna door de golven geleidelijk in kleinere gesteentefragmenten worden vermalen en afgevoerd.



afb. 5. Het ontstaan van een brandingsnis (b) door golferosie en het afbrokkelen van de klifkust (k) tot een abrasieplatform.

Deze kleinere brokken gesteente worden door de golven weer gebruikt om als projectielen tegen de klifkust te worden gebeukt. Hierdoor wordt het afbraakproces versneld.

Niet alleen mechanische processen, maar ook chemische en biologische processen zijn verantwoordelijk voor de afbraak van de kust.

De afbraak van de rotskust door mariene organismen (het proces van de **bioërosie**) treedt niet alleen in de omlaaggestorte rotsblokken op, maar ook in het flauwhellende gesteenteoppervlak aan de voet van de klif, waar talloze schelpdieren, sponzen, wormen en andere zeedieren holten en gangen boren. Hierin zoeken ze bescherming tegen de gevaarlijke branding. Het zijn vooral de zachtere gesteenten, zoals kalksteen, krijt en schalies, waarin borende organismen worden aangetroffen.

Naast de afbraak van het land door de zee, treden er op het land zelf ook afbraakprocessen op. Dit zijn in hoofdzaak chemische processen, waaraan betrekkelijk gemakkelijk oplosbare gesteenten, zoals kalken, krijt en kalkrijke mergels sterk onderhevig zijn. Wanneer door deze gesteenten het ondergrondse water wordt afgevoerd treden **oplossingsverschijnselen** op. Spleten in de kalk- en krijtrotten worden door oplossing sterk vergroot en vormen zodoende zwakke plekken, waarlangs hele rotsblokken gemakkelijk kunnen losraken en in zee storten. Bij de krijtcliffen van Cap Blanc-Nez kan men zien dat er een bepaald niveau is, waarop het ondergrondse water uit talloze spleten in de krijtrotten uittreedt en omlaag sijpelt. Dit bronnetjesniveau wordt gemarkeerd door een begroei-

ing van opvallend heldergroen gekleurde bladmossen, waarvan altijd water afdruipt.

Op plaatsen waar kleien aan de kust dagzomen treden geen chemische processen op, maar de hierboven besproken hellingprocessen (afglijdingen). Deze **afglijdingen** zijn, zo blijkt uit onderzoek, vaak belangrijker bij de klifvorming en de klifruigschrijding dan de mariene erosie. Daarnaast spoelt veel materiaal naar het lager gelegen strand door het optreden van **geulerosie** in de klei.

Vormontwikkeling van de kust

Het mechanisme van de vormontwikkeling bestaat uit een min of meer parallelle terugwijking van de kliffen en de vorming van een zeer flauw hellend gesteenteoppervlak aan de voet van de kliffen.

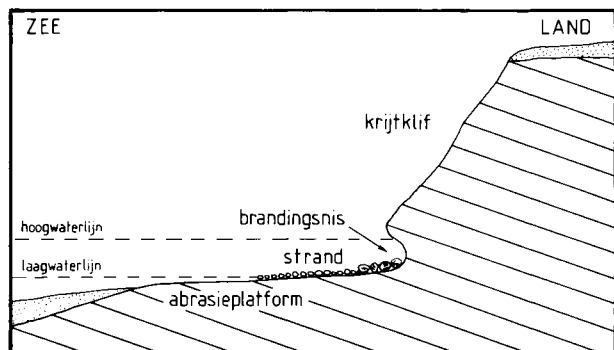
Op het niveau waar de aanrollende golven voortdurend tegen de klifkust aanbeuken wordt het gesteente losgewrikt en ontstaat op den duur een holte: de **brandingsnis** (afb. 5-1). Deze wordt steeds groter en uiteindelijk wordt het klif aan de voet ondermijnd waardoor tenslotte de hele overhangende gesteentemassa boven de brandingsnis afbreekt en omlaagstort en het klif terugschrijdt (afb. 5-2). Door herhaling van dit proces verplaatst de kustlijn zich in de loop der tijd in landwaartse richting.

Brandingsnissen ontbreken in gesteenten waarvan de laagvlakken naar zee hellen. Bij ondermijning stort het gesteente immers meteen in zee.

Brandingsnissen ontstaan steeds op hetzelfde niveau, namelijk rond de hoogwaterlijn. Ze vormen zich vooral in gesteenten als krijt, kalksteen en zandsteen. Terwijl de klifkust door ondermijning steeds meer landwaarts afbrokkelt, ontstaat na lange tijd tussen de hoog- en laagwaterlijn aan de voet van het klif een zeer flauw hellend gesteenteoppervlak, dat men aanduidt als het **abrasieplatform** (afb. 6 en 7).

Uit historische gegevens en uit het vergelijken van oude en nieuwe kaarten van het kustgebied heeft men afgeleid, dat de mate van afslag bij de steile krijtklifkusten in het Kanaal in de orde van grootte van 25 tot ca. 90 cm/jaar is. Van 1835 tot 1876 blijken de kliffen tussen Boulogne en La Crèche (even ten noorden van de havenstad) 30 tot 45 meter te zijn teruggeschreden. In dezelfde periode was dat voor La Pointe de la Rochette 20 tot 35 meter en voor La Pointe aux Oies 40 meter. Sedert 5000 B.P. (Subboreaal), het moment waarop de zeespiegel ongeveer op het huidige niveau stond, zal de totale terugschrijding van de krijtkliffen in dit gebied vele honderden meters hebben bedragen. Door dit terugwijken van de kliffen liggen veel mondingen van kleine riviertjes en beekjes nu hoger, waardoor ze als **hangende valleitjes** ("crans") op het strand uitmonden (afb. 8). Een goed voorbeeld is "le Cran d'Escalles" tussen Cap Blanc-Nez en Le Petit Blanc-Nez (afb. 9).

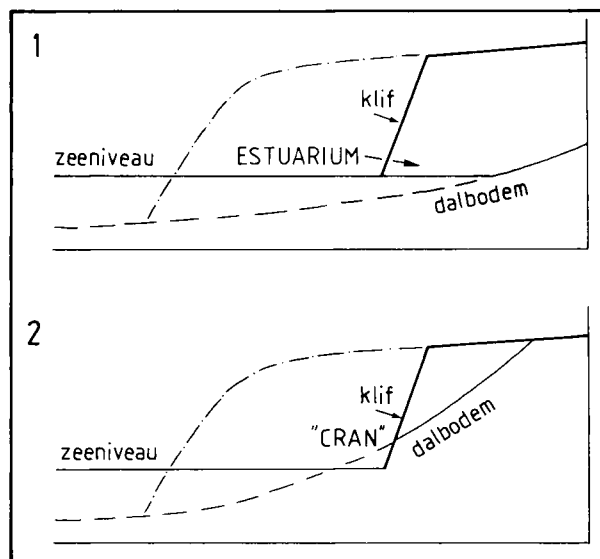
afb. 6. Terminologie van een klifkust.



afb. 7. Uitzicht vanaf Cap Blanc-Nez op het met rolgroenen en zand bedekte strand voor de kliffen. Het strand vormt een onderdeel van het veel bredere abrasieplatform, dat zich tot ver in zee uitstrekt.

afb. 8. Schematische voorstelling van de genese van een estuarium en een hangend dal ("cran") (naar Briquet, 1930).

— huidige (verkorte) loop van de rivieren, ná klifruigschrijding en hogere zeespiegelstand
 - - - oude (verlengde) loop van de rivieren, op het moment van lage zeespiegelstand



Alleen de grotere rivieren in de Boulonnais (de Slack, de Wimereux en de Liane) monden op zeeniveau uit. In de koude perioden van het Pleistoceen, toen de zeespiegel laag stond, hebben deze rivieren brede en diepe dalen gevormd, waarbij de dalbodem sterk verlaagd werd. Toen dan ook de zeespiegel in de loop van het Holoceen steeg, kon de zee tot ver in de rivierdalen binnendringen, waardoor deze "verdrongen" en er verwijde riviermondingen (**estuarium**) ontstonden (afb. 8). In het estuarium van de Liane, bij Boulogne, ligt de oorspronkelijke dalbodem op 25 tot 27 meter beneden het huidige zeeniveau. De in de lagere kustgedeelten voorkomende estuarium zijn brakwatermilieus, waarin de waterbeweging behalve door de afstroming van het rivierwater in sterke mate beïnvloed wordt door getijden. De zee kan hier immers bij hoogwater gemakkelijk binnendringen.



afb. 9. Gezicht op Cap Blanc-Nez vanaf het strand bij Petit Blanc-Nez. Tussen beide kliffen ligt "le Cran d'Escalles", een hangend dalletje.



afb. 10. Aan de voet van de krijtkliffen van Cap Blanc-Nez vormt zich een smal en door de stormvloed hoog opgeworpen rolsteenstrand met veel vuurstenen. Verder van de kust af strekt zich het met zand bedekte abrasieplatform uit.

Het strand

Het strand is de zone die afwisselend door water bedekt wordt en droog komt te liggen als gevolg van getijwerking e.d. Stranden treffen we in de Boulonnais zowel bij steile kusten als bij lage kusten aan. Bij de klifkusten kan het strand uit vast gesteente bestaan. Het strand vormt dan een onderdeel van het veel bredere abrasie-platform dat aan de voet van het klif ligt (afb. 6). Meestal wordt het strand echter bedekt door een laag afgestort puin. Voor de steile klifkust bij Cap Blanc-Nez treffen we grotere afgestorte krijtblokken met hun vuursteeninhoud op het strand aan.

Door abrasie en bioërosie worden de hoekige krijtblokken afgebroken en vallen uiteen in kleinere brokken. Het zachte krijt wordt spoedig weggeslepen, terwijl de hoekige vuursteenconcreties door het tegen elkaar wrijven bij de voortdurend heen en weer gaande beweging van de golven tot **rolstenen** worden afgerond. Wat we aan de voet van het klif aantreffen is dan ook meestal een bont mengsel van pas afgestorte of afgegleden krijtblokken en veel oudere, al sterk afgeronde vuursteen-rolstenen (afb. 10). Deze grovere bestanddelen blijven doorgaans vlak aan de voet van het klif liggen, omdat de teruglopende golfbeweging in de brandingszone meestal zwakker is dan de naar de kust oplopende. Er vormt zich een smal **rolsteenstrand** met afgeronde, vaak ellipsoïdale vuurstenen (afb. 9). De vuurstenen worden in de branding zo op elkaar afgezet, dat hun lange as in stroomopwaartse richting helt. Hierdoor liggen ze als dakpannen op elkaar. Vandaar dat men spreekt over een dakpansgewijze structuur, ook wel **imbricatie-structuur** genoemd. Op deze wijze ondervindt het stromende water zo min mogelijk bodemweerstand. Op plaatsen waar zandsteenbanken dagzomen, zoals langs de kust van Wimereux naar Boulogne, ligt het strand bezaaid met grote afgestorte brokken zandsteen (afb. 11 en de voorplaat), terwijl bij Strouanne weer veel kleirolstenen op het strand worden aangetroffen. Hieruit blijkt dat het losse materiaal, dat op het strand ligt, voornamelijk van lokale oorsprong is en vrijkomt bij de kustafslag. Daarnaast treffen we ook wel van de zeebodem omgewerkt ouder sediment aan, dat door zeestromen en door golven landwaarts is getransporteerd.

Een breed **zandstrand** treffen we in de Boulonnais in de baai van Wissant, tussen Cap Gris-Nez en Cap Blanc-Nez, aan (afb. 12). Hier werd door de uit zee aankomende en divergerende golfbanen veel zand en schelpen naar het strand toegebracht, terwijl de bij de kustafslag bij Strou-

anne vrijkomende klei- en siltdeeltjes door de golfterugloop juist in tegenovergestelde richting, dus naar zee, worden afgevoerd.

Bij een stormperiode, met hoge golven, kunnen veel zandophopingen op het natte strand weer geheel of gedeeltelijk worden weggespoeld. Dit maakt het strand van Wissant voor de fossielenzoeker juist zo onberekenbaar. Liggen de kleibanken de ene dag nog zichtbaar ontsloten, de andere dag kunnen ze onder een dikke laag zand zijn bedolven.

Op het zandstrand kunnen we prachtige sedimentaire structuren aantreffen, zoals symmetrische en soms ook asymmetrische **golfribbels**, en plaatselijk zelfs megaribbels. Symmetrische golfribbels ontstaan bij de heen-en-weer gaande beweging van de golven op het strand, terwijl asymmetrische golfribbels ontstaan op plaatsen waar de waterverplaatsing in de ene richting sterker is dan in de tegenovergestelde. De in afb. 13 afgebeelde golfribbels zijn symmetrisch. Duidelijk is te zien dat het naar zee afvloeiende water banen volgt, die dwars op de golfribbels zijn ingesneden. Terwijl we bij rotskusten veel zeedieren aantreffen die in het gesteente boorgangen maken, is het zandstrand de omgeving van veel **gravende zeedieren**. Tot zulke zandbodembewoners behoren o.a. wormen, slakken, tweekleppigen, zeeëgels en schaaldieren. Bij hoogwater komen de dieren uit het zand te voorschijn om vers voedsel en zuurstof uit het zeewater op te nemen.

De duinen

De Nederlandse duinen maken deel uit van de langgerekte duinengordel aan de oostzijde van de Noordzee, beginnend bij Cap Blanc-Nez in Noord-Frankrijk en eindigend bij Kaap Skagen in Denemarken. Tussen Cap Blanc-Nez en Boulogne-sur-Mer treffen we slechts plaatselijk duinen aan (zie Kwartairgeologische kaart op pag. 39). Deze zijn vooral geconcentreerd bij de lage kustgedeelten, waar ook de bredere zandstranden liggen en waar de riviertjes in zee uitmonden. In de brede baai van Wissant vertoont het duinlandschap ("dunes d'Amont", "dunes d'Aval" en "dunes du Châtelet") een gevarieerd reliëf met o.m. paraboolduinen en ringduinen, gescheiden door lager gelegen duinkommen (duinpannen of dellen genoemd) met moerassen en duinmeertjes (afb. 12). Een prachtig ontwikkeld duinlandschap vinden we ook bij



afb. 11. Het strand nabij Wimereux ligt bezaaid met grote zandsteenblokken, die door ondermijning van de kust zijn afgestort.



afb. 12. Het zandstrand van de baai van Wissant met de "Dunes d'Aval" ten ZW van deze plaats.

Ambleteuse, waar het riviertje de Slack voortdurend onder het steeds van plaats wisselende duinzand wordt bedolven. De kustweg van Calais naar Boulogne voert hier dwars door het jonge duingebied, met zijn meters hoge zeeduin. De grote hoeveelheid zand die hier voorhanden is, komt vrij bij de kustafslag uit de omgevende zandhoudende Jura-gesteenten.

De duinen van de Boulonnais behoren praktisch overal tot het jonge, kalkrijke duinlandschap, dat dateert van ná omstreeks de 9de eeuw. Het oude duinlandschap, dat grotendeels in het Subborea (5000 - 2750 B.P.) is gevormd, werd hier, evenals in Vlaanderen, door de Duinkerke-transgressies opgeruimd.

De duinen bij Wissant (afb. 12) vertonen duidelijk een aantal fasen in hun ontwikkeling. Hoe verder van zee, hoe meer de duinen in hun ontwikkeling zijn gevorderd. Wanneer we de duinvorming in zijn ontwikkeling nagaan, moeten we hiervoor bij de zeereep beginnen. Hier treffen we het materiaal aan waaruit de duinen zijn opgebouwd, namelijk het door de wind opgewaaid strandzand.

Dit door de golven angespoelde zand, dat periodiek droog komt te liggen, wordt door de wind over het strand getransporteerd. Tijdens dit windtransport vindt korrelgrootteselectie plaats. Waar het door de wind voortgedreven zand tegen voorwerpen, zoals schelpjes of angespoeld drijf hout, botst, zal dit zich er tegen ophopen. Waar zulke zandophoppingen door de vegetatie worden vastgelegd kunnen embryonale duintjes ontstaan. In eerste instantie is het het zoutminnende **biestarwegras**, waarvan de zaden door het zeewater worden aangevoerd, dat het over het strand stuivende zand vastlegt. Andere

planten die tot de pioniersvegetatie behoren zijn de zeepostelein, de zeeraket en de zandhaver.

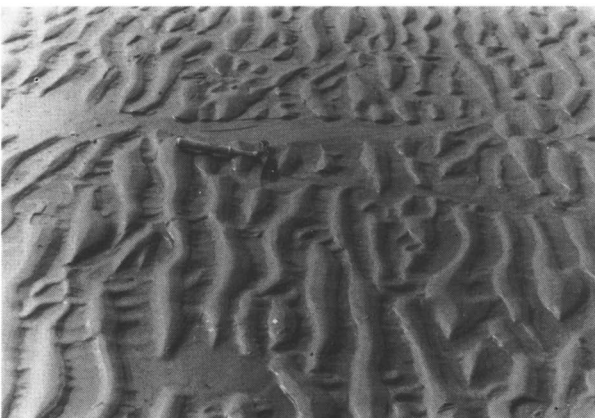
Wanneer deze primaire duintjes hoger beginnen te worden, ca. 1 meter, zodat daarin reeds een klein zoetwaterreservoir begint te ontstaan, dank zij wat vastgehouden regenwater, gaat in dit al enigszins ontzilte zand zich de **helm** ontwikkelen. De helm legt het beweeglijke zand veel sterker vast dan het biestarwegras en wordt dan ook beschouwd als de grote zandvanger en zandbinder langs de zeereep. De helm bezit het vermogen om bij overstuiving door het zand heen omhoog te kunnen groeien. Hierbij ontwikkelt de helm verscheidene spruiten, die snel omhoog groeien en het opgestoven zand doorwortelen, zodat het zand wordt gebonden.

Wanneer het duin eenmaal vastligt en de helm in groei achteruit gaat (omdat de aanvoer van nieuwe voedingszouten stagneert), begint een **duinstruweel** met duindoorn, vlier, heggerank, bitterzoet en verder van de kust af liguster, meidoorn en hondsroos op te treden.

In het najaar valt vooral de duindoorn erg op met zijn mooie oranje-gele bessen. Plaatselijk kan, in de al wat oudere en ontkalkte binnenduinen, de duindoornvegetatie worden vervangen door het berken-eikenverbond.

Van een aparte schoonheid zijn de direct achter de zeereep gelegen duinmeertjes in de "dunes d'Aval", ten zuidwesten van Wissant. Hierin treft men een bijzonder fraaie vegetatie aan met o.a. riet, biezten, russen, watermunt, kattenduyn en orchideeën.

afb. 13. Golfribbels op het strand bij Wissant.



Literatuur

- Briquet, A., 1930 - Le littoral du Nord de la France et son évolution morphologique. Librairie Armand Colin, Paris.
- Davies, J.L., 1972 - Geographical variation in coastal development. Oliver and Boyd, Edinburgh.
- Komar, P.D., 1976 - Beach processes and sedimentation. Prentice-Hall, Inc. Englewoods Cliffs, New Jersey.
- Leroux, B., 1959 - La destruction des falaises Kimméridgiennes du Boulonnais. Ann. Soc. Géol. du Nord. T. LXXIX, 168-177.
- Pettijohn, F.J., 1975 - Sedimentary rocks. Harper and Row, Publ. Inc., New York.
- Sommé, J., 1969 - Introduction à la géomorphologie du Nord de la France. Ann. Soc. Géol. du Nord de la France, T. LXXXIX, 1, 103-110.
- Straaten, L.M.J.U. van, 1982 - De zee IV: kusten. In: Pannekoek en van Straaten (red.), Algemene Geologie; Wolters-Noordhoff, Groningen 509-529