

Wijnkwaliteit en de belangrijke rol van kalk(steen)

Scriptie voor het examen Magister Vini



Chris van de Meene

Utrecht, september 2014

Wijnkwaliteit en de belangrijke rol van kalk(steen)

Scriptie voor het examen Magister Vini



Verdediging door Chris van de Meene op vrijdag 10 oktober 2014.

Scriptiebegeleider

Karel de Graaf

Examencommissie Magister Vini

R.H.M. Zey, voorzitter

R. Andes MV

G. Crum

G. Horstink

M. van der Rijst

W.F. de Graaf, secretaris

Voorwoord

Deze scriptie is de afronding van een lang, leuk en leerzaam begeleidingstraject voor het examen van de opleiding tot Magister Vini. Een lang traject omdat ik pas na het behalen van de meeste theoretische en proeftechnische examens begonnen ben met het schrijven van de scriptie. Vanuit mijn brede aardwetenschappelijke interesse zijn er zoveel leuke scriptieonderwerpen te bedenken. De schaal van terroir, de terroirs van Nederland, de maakbaarheid van terroir, wijnbouw op kunstmatige bodems, het effect van klimaatverandering en *Precision Viticulture* zijn enkele onderwerpen waar ik nog steeds graag meer over wil weten en schrijven. De interesse in mijn uiteindelijk gekozen onderwerp kalk(steen) is ontstaan tijdens mijn doctoraalveldwerk voor de studie Fysische Geografie. In de zomers van 1984 en 1985 heb ik samen met mijn medestudiegenoten heel wat tijd doorgebracht in de wijngaarden van de Ardèche, Frankrijk. Ons veldwerkgebied bij Lussas bestond uit een hooggelegen kalkplateau en een hooggelegen basaltplateau met daartussen mergelruggen en rivierterrassen. Na een eerste gedetailleerde kartering van vegetatie, bodem, geomorfologie, hydrologie en geologie van het gebied hebben we uitgebreid de bodemfysische eigenschappen van de kalkbodems bepaald. Daarnaast hebben we veel lokale wijn genuttigd. Deze was immers goedkoper dan melk uit de hypermarché. We hebben zo een gedegen kennis van kalk en wijn van kalksteenbodems opgedaan. 30 jaar na dato komen we nog steeds om de maand men bij elkaar om samen goed glas wijn of bier te drinken. Een scriptie over kalksteen en wijn is het gevolg van het veldwerk in de Ardèche.

Zeer enthousiast ben ik gaan lezen over de invloed van bodems en geologie op de kwaliteit en smaak van wijn en over de geologie van kalksteen. Wat is kalksteen, wat zijn de eigenschappen, hoe is het ontstaan en waar liggen wijngaarden op kalksteen. Niet alleen boeken en wijnatlassen maar vooral ook veel wetenschappelijke artikelen heb ik gelezen, totdat ik volledig verzadigd was met detailinformatie zonder een al te scherp beeld van de centrale vraag te hebben. Gelukkig is er dan de begeleider.

Mijn dank gaat dan ook vooral uit naar mijn scriptiebegeleider Karel de Graaf. We hebben veel inhoudelijke discussies gevoerd en wederzijds veel kennis uitgewisseld. Helaas is het tijdens het schrijven van de scriptie er niet van gekomen om gezamenlijk de kalk in de Bourgogne te voelen, te ruiken en te proeven. Dat gaat er vast nog wel van komen. Verder wil ik iedereen die samen met mij in 2009 aan het Magister Vini begeleidingstraject begonnen is, hartelijk danken, in het bijzonder Frank Donker, Petra Janssen en Jan Vegter. Het was af en toe goed te weten dat ook anderen thuis aan de scriptie moesten werken in plaats van te genieten van het mooie, zomer-, herfst- winter- of lenteweer. Ook iedereen uit mijn twee vinologenproefgroepen, waaronder ook Petra en Jan, wil ik danken voor hun ondersteuning. En tenslotte nog speciale dank aan Anke van Haften, die me veel tekst over kalksteengeologie heeft laten weggoaien. Anders was de scriptie 50 pagina's dikker geworden.

Inhoudsopgave

	Pagina
Voorwoord	3
Inhoudsopgave	4
Hoofdstuk 1: Inleiding	
1.1. Aanleiding	6
1.2. Motivering keuze scriptieonderwerp	6
1.3. Centrale stelling	6
1.4. Onderzoeksvragen	6
1.5. Methode en werkwijze	7
Hoofdstuk 2: Kalksteen en kalkrijke bodems	
2.1. Inleiding	8
2.2. Kalksteen	8
2.2.1. Kalksteen: ontstaanswijze	8
2.2.2. Soorten kalksteen	10
2.2.3. Wijngaardareaal op kalksteen	11
2.3. Kalkrijke bodems: definitie en soorten	12
2.3.1. Definitie kalkrijke bodems	12
2.3.2. Bodemvorming op kalksteen	13
2.3.3. Naamgeving kalkrijke bodems	15
2.3.4. Verspreiding van wijngaarden op kalkrijke bodems	17
2.4. Samenvatting	17
Hoofdstuk 3: Typeringen van wijn van kalk(steen) in de literatuur – de “claims van kalk”	
3.1. Inleiding	19
3.2. Typeringen in de literatuur	19
3.2.1. Wijnkwaliteit en wijnstijl	19
3.2.2. Verschillen tussen klei, zand en kalk	22
3.2.3. Voorkeursrelatie druif en gesteente	23
3.3. Samenvatting	24
Hoofdstuk 4: Kalk(steen) in de wijngaard	
4.1. Inleiding	25
4.2. Factoren die de kwaliteit en de stijl van wijn bepalen	25
4.2.1. Inleiding	25
4.2.2. De factor geologie	26
4.2.3. De factor bodem	27
4.2.4. Samenvatting	28
4.3. Positieve eigenschappen van kalksteen voor de wijnbouw	28
4.4. Positieve eigenschappen van kalkrijke bodem voor de wijnbouw	31

	Pagina
4.5. Samenvatting	33

Hoofdstuk 5: Sensorisch onderzoek van wijn van kalk(steen) bodems

5.1. Inleiding	34
5.2. Wetenschappelijk onderzoek	34
5.2.1. Fysisch-chemisch onderzoek	34
5.2.2. Sensorisch onderzoek	34
5.3. Samenvatting	40

Hoofdstuk 6: Samenvatting en conclusie

6.1 Samenvatting	42
6.2 Conclusie	43

Literatuurlijst en bronvermelding	45
--	----

Figuren en tabellen

Figuur 2.1. Geologie van Pic Saint-Loup en de l'Hortus in de Languedoc

Figuur 2.2. Bodemprofiel

Figuur 2.3. Verschillen in bodemvorming op een zachte en een harde kalksteen

Figuur 2.4. Kalkrijke bodems op hellingen in Pommard-Volnay, Bourgogne

Figuur 3.1. Voorkeursrelatie druif en geologie

Figuur 4.1. Openbreken harde kalklagen wijngaard Les Folatières, Premier cru Puligny-Montrachet, Bourgogne

Figuur 5.1. Relatie bodem en sensorische eigenschappen van wijnen in de Elzas

Figuur 5.2. Sensorische profielen van wijn van verschillend gesteente in de Pfalz

Figuur 5.3. Sensorische karakteristieken van de onderzochte riesling

Figuur 5.4. Presentatie Dr. U. Fischer voor bijeenkomst Magister Vini

Tabel 2.1. Overzicht benamingen bodems op basis van korrelgrootte

Bijlagen

I: Naamgeving van kalksteen

II: Wijngaardareaal op kalksteen

III: Foto's kalkrijke bodems

IV: Voorbeelden van fossielen en kalksteen in de Bourgogne

Hoofdstuk 1: Inleiding

1.1 Aanleiding

In wijnboeken, verkoopbrochures en op het internet wordt veelvuldig geschreven over de geologie en de bodem van wijngaarden waarbij de aanwezigheid van kalk(steen) vaak in relatie wordt gebracht met de kwaliteit en typiciteit van de wijn afkomstig van deze wijngaarden. *“Limestone is one of the few soils known by even the casual wine drinker to have a positive influence over the growing of grapes.”* volgens Tom Stevenson in de Sotheby’s wijnatlas (2011, p. 645). Jancis Robinson (internet Oxford Companion to Wine) schrijft: *“Limestone-derived soils are in general valued mostly in cool viticultural regions”*. In het lesmateriaal voor de Vinologenopleiding van de Wijnacademie staat aangegeven: *“Kalksteen komt bijvoorbeeld veel voor in kwaliteitswijngaarden.”* (2008, p. 2-13). Kalk(steen) wordt in relatie gebracht met bekende, kwalitatief hoogstaande wijngedieden als Champagne, Bourgogne (Côte d’Or, Chablis), het Sherrygebied in Spanje en Coonawarra in Australië. Zelden wordt echter aangegeven *waarom* kalk(steen) zo belangrijk is voor de wijnbouw en wat de positieve effecten van kalk in de wijngaardbodem zijn. Een andere vraag is of de aanwezigheid van kalk(steen) relevant is voor het uiteindelijke product, de wijn, en dus voor de wijnrinker. De beschrijvingen in brochures en overige wijnliteratuur suggereren van wel: *“In de neus het stenige karakter van de kalkgrond, met bloesem, citrusfruit en iets abrikoos.”* (Okhuysen, brochure augustus 2012, p. 4).

1.2. Motivering keuze scriptieonderwerp

Als vinoloog en fysisch geograaf (afgestudeerd op bodemerosie in de kalkrijke wijngaarden in de Ardèche, Frankrijk) ben ik zeer benieuwd naar de veronderstelde relatie tussen kalk(steen) en wijnkwaliteit. Zijn fysische of chemische eigenschappen van kalksteen of kalkrijke bodems van belang voor de wijnbouw (en dus voor de wijnboer) en is dat ook echt te proeven.

1.3. Centrale stelling

De stelling en daarmee het onderwerp van de scriptie en de basis voor de onderzoeksvragen is als volgt geformuleerd:

Kalk(steen) is belangrijk voor de wijnboer en voor de wijnrinker.

1.4. Onderzoeksvragen

Voor het onderbouwen of verwerpen van de geformuleerde stelling zijn de volgende vier onderzoeksvragen geformuleerd:

- Wat is kalksteen en wat zijn kalkrijke bodems? (Hoofdstuk 2)
- Hoe worden wijnen afkomstig van kalksteen en kalkrijke bodems getypeerd? (Hoofdstuk 3)

- Zijn specifieke eigenschappen van kalksteen en kalkrijke bodems van belang voor de wijnbouw? (Hoofdstuk 4)
- Zijn wijnen van kalksteen en kalkrijke bodems sensorisch te onderscheiden? (Hoofdstuk 5)

Hoofdstuk 2 is een definitiestudie en geeft een korte beschrijving van de verschillende soorten kalksteen en kalkrijke bodems. Deze kennis van kalksteen en kalkrijke bodems en hun eigenschappen is van belang voor het kunnen beantwoorden van de vraagstelling. In hoofdstuk 3 is beschreven wat “men” in de literatuur (toe)schrijft aan, en beweert over kalksteen en kalkrijke bodems. Anders gezegd, in hoofdstuk 3 worden de “claims” van kalksteen en kalkrijke bodems met betrekking tot de wijnstijl en –kwaliteit aangegeven. Na de definitiestudie (hoofdstuk 2) en de inventarisatie van de “claims” over kwaliteit en typiciteit (hoofdstuk 3) wordt in hoofdstuk 4 en hoofdstuk 5 nader ingegaan op de centrale vraagstelling; het belang van kalk(steen) voor de wijnbouw, de wijnboer en de wijnrinker. Hoofdstuk 4 beschrijft de specifieke eigenschappen van kalksteen en kalkrijke bodems waarvan bekend is, of algemeen aangenomen wordt, dat die van positieve invloed op de wijnbouw en de uiteindelijke kwaliteit van de druiven. Hoofdstuk 5 richt zich tenslotte op wetenschappelijk onderzoek naar de sensorische eigenschappen van wijn afkomstig van kalkrijke bodems. Zijn de “claims” zoals beschreven in hoofdstuk 3 wetenschappelijk te onderbouwen en is de aanwezigheid van kalk(steen) relevant voor de (geoefende) wijnrinker?

1.5. Methode en werkwijze

De scriptie is een literatuurstudie waarvoor voornamelijk boeken, (wijn)atlassen, tijdschriften en artikelen over geologie, bodemkunde, kalk en wijnbouw gebruikt zijn. Ook zijn weblogs van bijvoorbeeld Jamie Goode (www.wineanorak.com), de internetsite van Jancis Robinson (www.JancisRobinson.com) en internetsites van Nederlandse wijnwinkels en buitenlandse wijnproducenten geraadpleegd. Een overzicht van geraadpleegde literatuur en overige kennisbronnen is opgenomen in de literatuurlijst.

Tijdens het Internationaal Terroir Congres in Dijon en Reims in 2012 en het GiESCO Viticulture symposium in Porto in 2013 heb ik (kort) met verschillende wetenschappers als Jacques Fanet, Claude Bourguignon, Andrew Reynolds, Emmanuelle Vaudour en Gregory Jones kunnen praten over wijnbouw op kalksteen en kalkrijke bodems. Deze gesprekken in de beginfase van de scriptie en e-mailcorrespondentie met andere wetenschappers als Alex Maltman hebben me geholpen met de vraag *wat* wil ik onderzoeken en *waarom* wil ik dat weten.

Bij de beantwoording van de onderzoeksvragen en de onderbouwing van de stelling blijven veel interessante aspecten over kalksteen en kalkrijke bodems onbehandeld. Een goed wereldwijd overzicht van wijngaarden op kalksteen of kalkrijke wijngaarden ontbreekt. Gedetailleerde informatie over de geologie en bodem is alleen per land of zelfs alleen per wijnbouwgebied bekend. Een ander interessant, maar in het kader van deze scriptie niet verder uitgewerkt, aspect is het samenstellen van een uitgebreide proeverij met wijn afkomstig van kalkrijke en van kalkarme bodems. Thans is volstaan met de resultaten van uitgevoerd sensorisch onderzoek (hoofdstuk 5).

Hoofdstuk 2: Kalksteen en kalkrijke bodems

2.1. Inleiding

Zoals in de inleiding van het vorige hoofdstuk is aangegeven, wordt in de literatuur vaak een relatie gelegd tussen de kwaliteit en typiciteit van een wijn en de aanwezigheid van kalksteen of kalkrijke bodems. Er zijn echter veel verschillende soorten kalksteen en kalkrijke bodems met zeer uiteenlopende fysische en chemische eigenschappen. Om de vermeende relatie nader te kunnen onderzoeken is allereerst enige kennis van kalksteen en kalkrijke bodems noodzakelijk. De ontstaanswijze en de verschillende kalksteenafzettingen en kalkrijke bodems wordt kort beschreven. In bijlage I wordt nader ingegaan op de naamgeving van kalksteen en kalkrijke bodems en in bijlage II wordt ingegaan op de verspreiding van het wijngaardareaal in de wereld. Veel aspecten zoals de verschillende classificatiesystemen voor kalksteen en kalkrijke bodems zijn, hoewel zeer interessant voor de geoloog en bodemkundige, buiten beschouwing gelaten aangezien deze voor de beantwoording van de centrale vraagstelling geen toegevoegde waarde hebben.

2.2. Kalksteen

2.2.1. Kalksteen: ontstaanswijze

In de geologie wordt kalksteen gerekend tot de afzettings- of sedimentgesteente. Sedimentgesteente is gesteente dat is gevormd uit losse sedimenten als zand en klei die door de druk van bovenliggende sedimenten langzaam omgevormd is tot een hard gesteente. Zand wordt zandsteen, klei wordt kleischalie en kalk wordt kalksteen. Het oppervlak van de aarde bestaat voor 75 % uit sedimentgesteente, voor 20 % uit stollingsgesteente als graniet en basalt en voor 5 % uit metamorf gesteente als leisteen, schist, gneis en marmer (gerekristalliseerde kalksteen).

Kalksteen bestaat in pure vorm uit het mineraal calciëet (calciumcarbonaat, CaCO_3) dat weer is opgebouwd uit de elementen calcium (Ca), koolstof (C) en zuurstof (O). Kalksteenafzettingen bestaan zelden voor 100% uit puur CaCO_3 . Vaak is een deel van de Ca (calcium) vervangen door Mg (magnesium) en wordt het gesteente dolosteen of dolomiet ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) genoemd. Kalksteen (CaCO_3) en dolomiet ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) maken samen 7% (Verhofstad, 2006, p. 61) (Bourguignon & Bourguignon, 2009) tot 11,25 % (Pannekoek, 1982, p. 91, 92) van het aardoppervlak uit. Circa 3,6 % van de aardkorst bestaat uit het element calcium (Ca).

Kalksteen is meestal opgebouwd uit de kalkrijke resten van afgestorven planten of dieren die miljoenen jaren geleden leefden in zeeën en meren. Kalksteen kan echter ook ontstaan zijn in ondiepe meren of zeeën waar, door verdamping van water, het water oververzadigd raakt aan kalk. De kalk slaat vervolgens neer als een heel fijn korrelige kalkslib of- slib dat daarna omgevormd is tot kalksteen.

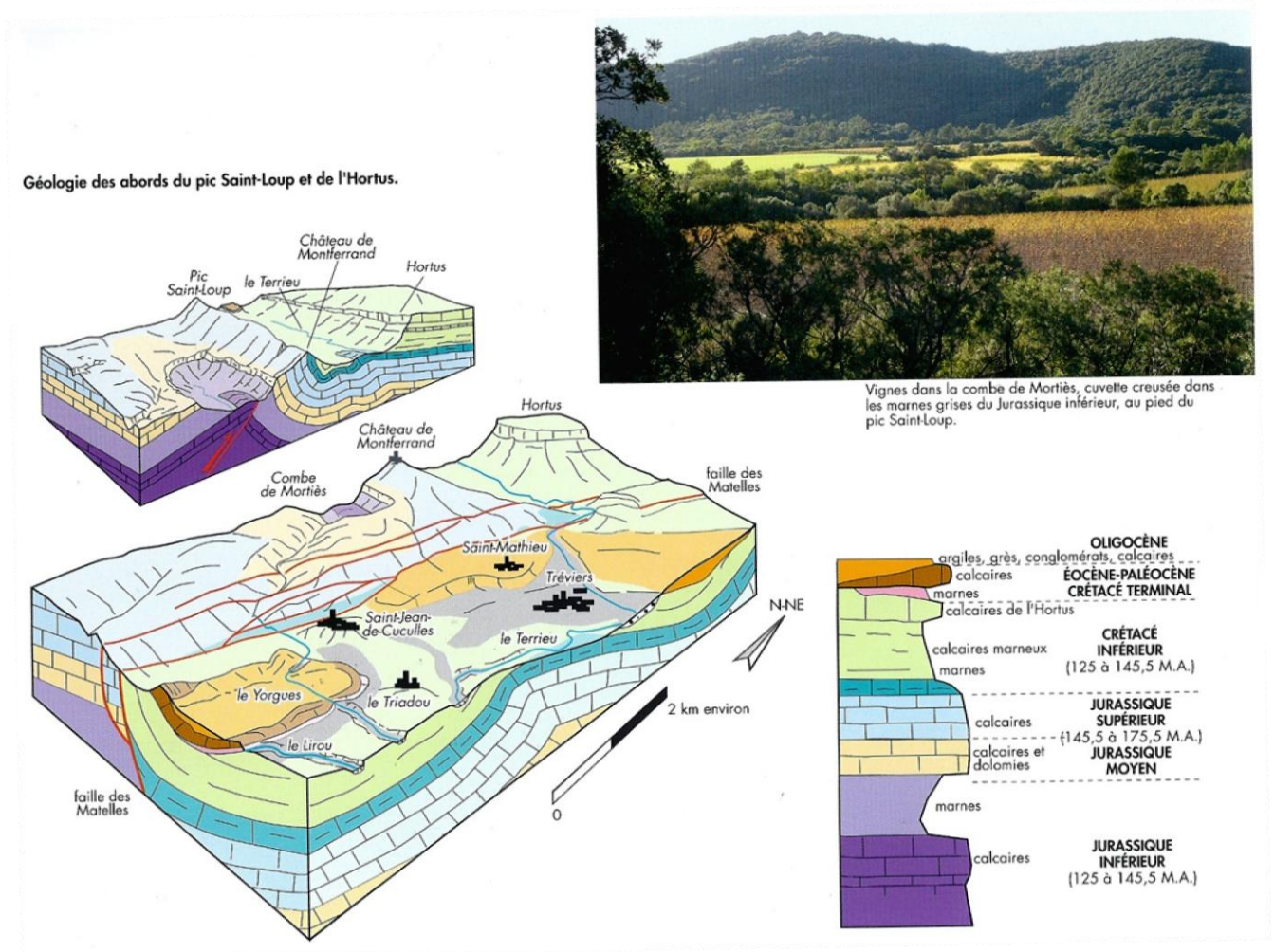
Het afzettingsmilieu of de omgeving waarin de losse kalksedimenten zijn afgezet bepaalt in grote mate de huidige samenstelling en eigenschappen van kalksteen. In rustig water, vaak diepere zeeën, zijn fijnkorrelige kalkafzettingen gevormd die kalkmodder genoemd worden. Ook het eerder

genoemde kalkslib is zeer fijnkorrelig. Deze fijnkorrelige afzettingen hebben een lage porositeit (zijn weinig poreus) en hebben een lage permeabiliteit. De porositeit van een gesteente geeft aan hoeveel (poriën)ruimte er tussen de gesteentekorrels zit, de permeabiliteit geeft aan de mate waarin water of lucht door het gesteente kan stromen. Andere kalksteenafzettingen bestaan uit kalkskeletjes of fossielresten ter grootte van zandkorrels of grind. Deze grofkorrelige afzettingen kunnen zeer poreus zijn en goed water doorlaten.

Niet alleen de korrelgrootte van de kalksteenafzettingen maar ook de mate van bijmenging met zand en of klei hangt af van het milieu of omgeving waarin de afzettingen gevormd zijn. In zeeën zijn dikke pakketten pure kalk afgezet. De dikte van de kalksteenpakketten kan oplopen tot vele honderden meters. In ondiepe zeeën en kuststroken zijn de kalkafzettingen zelf vaak vermengd geraakt met zand of klei dat door rivieren is aangevoerd. De lagen kalk zijn vaak afgewisseld door zand- of kleilagen. De overgang tussen de ene laag en de andere laag kan abrupt zijn, maar geleidelijke overgangen zijn ook gebruikelijk.

Na de afzetting van het kalksediment, al dan niet vermengd met zand of klei en afgewisseld door kleiige en zandige lagen, zal door druk, het losse sediment omgevormd worden tot een harder, vast gesteente als kalksteen of tot een zachtere mergel of krijt. Ook andere geologische processen als gebergtevorming, scheefstelling, breukvorming en erosie hebben gedurende vele miljoenen jaren het oorspronkelijke sediment aanzienlijk veranderd. Zo zijn tijdens de laatste IJstijd (116.000 – 11.500 jaar geleden) in het Pleistoceen door de afwisseling van vriezen en dooien veel scheuren gevormd in de kalksteenafzettingen in Noordwest Europa (Hancock & Price, 1990).

Een voorbeeld van de soms complexe kalksteengeologie is weergegeven in navolgende driedimensionale schets van het gebied rond Pic Saint-Loup en de l'Hortus in de Languedoc. De ondergrond is hier opgebouwd uit kalksteen, mergel en dolomitische kalksteen uit de Jura en Krijt Periode (66 – 200 miljoen jaar geleden). Aan het oppervlak komen lokaal klei, zandsteen, conglomeraat (een sedimentgesteente met samengekitte grote stenen en keien) en kalksteen uit het Oligoceen (23 – 33 miljoen jaar geleden) voor. Rechtsonder, in de stratigrafische kolom, zijn de opeenvolgende lagen kalk, mergel, dolomiet, mergelige kalk aangegeven. De relatieve hardheid van het gesteente is aangegeven. De harde kalkafzettingen steken meer naar rechts uit terwijl de zachtere lagen meer terug wijken naar links. Ook in de wijngebieden zijn de verschillen in hardheid van de lagen daadwerkelijk in het veld te zien. Harde lagen vormen vaak de "bovenkant" van bergen en plateaus en beschermen de zachtere onderliggende lagen tegen erosie.



Figuur 2.1. Geologie van Pic Saint-Loup en de l'Hortus in de Languedoc (Bousquet, 2011).

2.2.2. Soorten kalksteen

Kalksteen is een verzamelnaam van veel verschillende soorten kalksteenafzettingen, ieder met een (net) andere ontstaanswijze, hardheid, porositeit, waterdoorlatendheid, etc. Er is veel geologisch onderzoek naar sedimentgesteenten als zandsteen en kalksteen aangezien zij de vindplaatsen zijn van minerale olie, gas en (drink)water. Kalksteen is verder van groot belang voor de industrie, de bouw en de landbouw en wordt wereldwijd op grote schaal gewonnen in groeven. In de Nederlandse huizen wordt veel licht- tot donker(blauw)grijs "Belgisch Hardsteen" of Blauwsteen uit Henegouwen, België gebruikt voor vensterbanken, vloeren en aanrechtbladen. Ook vele terrastegels, variërend van licht beige tot zwart, zijn van kalksteen.

Op geologische kaarten en in de geologische beschrijvingen van gebieden worden de kalksteenafzettingen meestal beschreven aan de hand van het type gesteente, de aanwezige nog herkenbare fossielen, de ouderdom en de locatie of vindplaats van het gesteente. In bijlage I wordt nader ingegaan op de naamgeving van kalksteen aan de hand van fossielen en ouderdom. Enkele bekende soorten kalksteen zijn krijt, mergel en dolomiet.

Krijt of krijtgesteente, bekend uit de Champagne en van de krijtrotsen van Dover, Engeland, is een zachte poreuze witte mariene kalksteen. Krijt staat met name bekend om zijn hoge porositeit. Tot wel 45% van krijtgesteente bestaat uit holle poriën of ruimtes die met lucht en of water gevuld zijn.

Mergel is een mengsel van kalksteen en kleisteen en is in de regel zachter dan kalksteen. Mergel bevat 35 tot 65 % kalk. Een kleiige mergel bevat maar 5 tot 35 % kalk terwijl een kalkige mergel 65 tot 95 % kalk bevat. Deze kalkige mergel wordt ook mergelige kalksteen of kleiige kalksteen genoemd. De eigenschappen als hardheid, porositeit, waterdoorlatendheid, kleur, etc. van de mergel zijn sterk afhankelijk van het kleipcentage. De Limburgse mergel is geen echte mergel maar een zachte mariene kalksteen (krijt).

Dolomiet is, zoals eerder aangegeven, een kalksteen waarin na vorming een deel van de Ca (calcium) vervangen is door Mg (magnesium). Het gesteente heet dolosteen maar wordt meestal aangeduid met de naam van het mineraal dolomiet ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$).

Enkele andere, minder bekende kalksteenafzettingen zijn **travertijn**, **tufa**, **tufkrijt** en **tuffeau**. Travertijn of kalksinter is een poreuze vaak crèmekleurige kalksteen welke gevormd wordt door het neerslaan van kalk bij de verdamping van kalkverzadigd water. Vaak vindt dit plaats in laagsgewijze terrasvormige poelen. Bekend zijn de travertijnafzettingen in Pamukkale, Turkije. Ook de stalactieten en stalagmieten in grotten en het Nationaal Monument op de Dam bestaan uit travertijn. **Tufa** of **kalktuf** ontstaat door het neerslaan van kalk bij onder andere hete bronnen en lijkt op travertijn maar is veel dichter van structuur en minder poreus. De term kalktuf wordt echter ook gebruikt voor zachte zoetwaterkalk. De term **tufkrijt** wordt daarentegen weer gebruikt voor bepaalde, vrij zachte, zeer poreuze mariene kalksteen. In de Loire wordt deze tufkrijt **tuffeau** genoemd. Deze afzettingen hebben niets te maken met de verharde vulkanische as die **vulkanische tuf** of **tufsteen** wordt genoemd. Gesteenten die wel uit kalk (CaCO_3) bestaan maar niet tot de sedimentaire kalksteenafzettingen gerekend worden zijn **carbonatiet** en **marmar**. Het zeldzame carbonatiet is een soort gesmolten kalksteen dat onder andere in de Kaiserstuhl in Baden, Duitsland voor komt. Het wordt tot de stollingsgesteenten gerekend. Ook marmar, door druk en of hoge temperatuur gerekristalliseerd kalksteen, wordt niet tot de sedimentgesteenten gerekend maar tot de metamorfe gesteenten. Hele harde kalkstenen worden nog wel eens aangezien voor marmar.

2.2.3. Wijngaardareaal op kalksteen

Frankrijk is het land bij uitstek dat bekend staat om haar beroemde wijngaarden op kalksteen. Over de aanwezigheid van wijngaarden op kalksteen in andere landen, het Sherrygebied in Spanje en Coonawarra in Australië uitgezonderd, wordt veel minder geschreven. Om een indicatie te krijgen van de aanwezigheid van kalksteen in wijngebieden in de wereld, zijn de atlassen van Tom Stevenson (2011), van Oz Clarke (2011) en van Hugh Johnson en Jancis Robinson (2013) geraadpleegd. Ook het boek *Great Wine Terroirs* van Jacques Fanet (2004) geeft veel geologische informatie. In bijlage I is meer in detail beschreven waar wijngaarden op kalksteen en kalkrijke bodems voorkomen.

De meeste wijnbouw op kalksteen en kalkrijke bodems is te vinden in Europa. Niet alleen in Frankrijk maar ook in Spanje en Duitsland is veel kalksteen aanwezig. Zelfs Portugal, het land van schistgesteente bij uitstek, heeft wijngaarden op kalksteen. Buiten Europa is alleen in Zuid Australië sprake van grotere wijngaardarealen op kalksteen. Er is buiten Europa ook van oudsher minder belangstelling voor de geologie en bodem in vergelijking tot klimaat, irrigatie, vinificatietechnieken en marketing. Zo is er volgens Brian Croser (in *Prospects for Australian Smaller Fine Wine Producers*, 2010) wel degelijk in Zuid Australië wijnbouw op kalksteen maar daar is geen aandacht voor. De wijnmarkt, beter gezegd de wijnindustrie, wordt daar gedomineerd door een aantal grote bedrijven met “merk” wijnen in plaats van “terroir” wijnen. In Chili is er pas recent meer aandacht voor de specifieke geologie en bodems van wijngaarden in nieuwe wijnbouwgebieden. De Chileense bodemkundige Pedro Parra, met een gedegen wijnbouwachtergrond in Frankrijk voert tegenwoordig veel bodemkundig onderzoek uit. Hij is met name geïnteresseerd in kalkrijke rivierafzettingen die geschikt zijn voor wijnbouw.

2.3. Kalkrijke bodems: definitie en soorten

2.3.1. Definitie kalkrijke bodems

In de beschrijvingen van wijngebieden en wijnen wordt vaak aangegeven dat de bodems op kalksteen liggen, dat de bodem kalkrijk is of uit kalkrijke klei of mergel bestaat. Het type bodem is niet altijd even helder omschreven, evenmin is niet duidelijk wat onder een kalkrijke bodem wordt verstaan. De meest eenvoudige definitie van een kalkrijke bodem is een bodem met veel kalk of calciumcarbonaat (CaCO_3). In de vele (inter)nationale bodemclassificatiesystemen definiëren bodemkundigen kalkrijke bodems als bodems waarbij het bodemmateriaal gaat bruisen bij toevoeging van zoutzuur (HCl) aan het bodemmateriaal. Dit zoutzuur gaat pas bruisen bij een minimaal gehalte van 2% CaCO_3 in het fijnkorrelige bodemmateriaal. Franse bodemkundigen geven in hun definitie tevens aan dat in kalkrijke bodems er een overvloed aan Ca en/of Mg (magnesium) ten opzichte van andere elementen als K (kalium), Na (natrium) en Al (aluminium) gebonden zijn aan de humus (organische stof) en klei in de bodem. Deze kalkrijke bodems hebben in de regel een zuurgraad of pH van rond de 7,5.

Een bodem op kalksteen is vaak een kalkrijke bodem maar dat hoeft niet altijd zo te zijn. Er is niet altijd sprake van een directe relatie tussen de bodem en het onderliggende moedergesteente. Kalksteen kan bedekt zijn met (kalkarm) sediment van elders. Zeker op hellingen vindt er continu een vermenging plaats met sediment afkomstig van hoger gelegen delen van de helling. Ook zal door bodemvormende processen de calcium uit de bodem uitspoelen waardoor de bovengrond kalkarm wordt.

Omgekeerd hoeven niet alle kalkrijke bodems te zijn ontstaan op kalksteen. Kalkarm gesteente kan bedekt zijn geraakt door kalkrijk sediment zoals de kalkrijke riviersedimenten in de Zuidelijke Rhône. Ook ander gesteente als basalt bevat calcium (Ca) dat bij verwering vrij komt in de bodem. Door aanvoer van kalkrijk (grond)water of door jarenlang de wijngaard (te) veel te bekalken kan het kalkgehalte in een bodem ook toenemen. Harde, slecht waterdoorlatende kalkkorsten (caliche) kunnen in droge warme klimaten ontstaan zijn door de verdamping van kalkrijk grondwater. Door (wind) erosie van bovenliggend bodemmateriaal zijn deze kalkkorsten vaak aan het oppervlak komen

te liggen. Deze bodems zijn in het algemeen niet in gebruik als wijngaard en worden verder niet in deze scriptie beschreven.

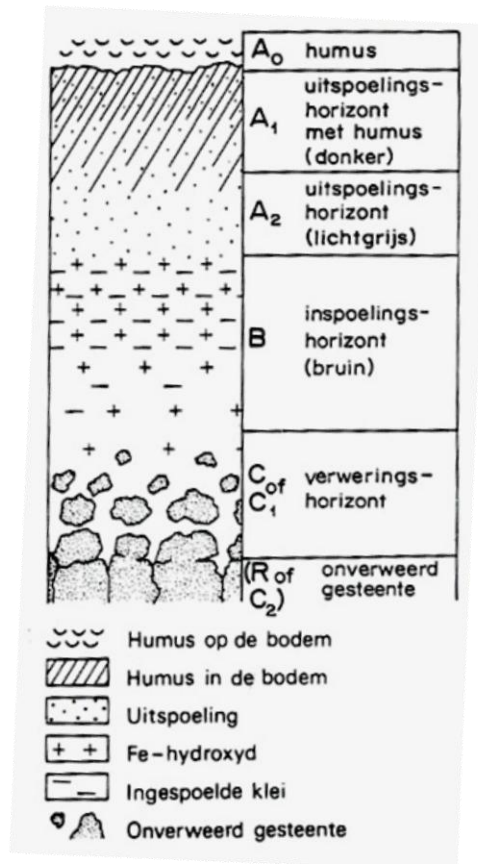
2.3.2. Bodemvorming op kalksteen

Bodems in wijngaarden zijn het resultaat van vele factoren en processen aan het aardoppervlak. Belangrijke factoren bij de vorming van bodems zijn:

- **Klimaat:** temperatuur, neerslag, verdamping, wind
- **Geologie:** lithologie (samenstelling, hardheid, dichtheid gesteente), gelaagdheid
- **Topografie:** hellingshoek, expositie
- **Organismen:** flora en fauna in en op de bodem
- **Tijd:** bodemvormende processen
- **Overig:** ingrepen mens

De verschillende factoren zorgen dat er vele soorten en typen bodems op kalksteen, krijt en mergel ontstaan. In een klimaat met veel neerslag lost harde kalksteen (groten)deels op in water en spoelt de calcium (Ca) met het water weg. In een droog klimaat zal de kalksteen meer door fysische verwerking afbrokkelen en uiteenvallen. Andere belangrijke factoren zijn onder andere het soort gesteente (harde kalksteen, zachte krijt en mergel) en de geomorfologie of topografie. Boven op een kalksteenplateau ontstaan andere bodems dan halverwege de helling (erosie), onderaan de helling of in het vlakke natte rivierdal. In de bodems van wijngaarden speelt tenslotte de mens nog een grote rol in de bodemvorming. Bodems in wijngaarden zijn in de regel door alle menselijke ingrepen vaak maar weinig natuurlijk van aard.

Alvorens er sprake is van een bodem zal eerst het moedergesteente (kalksteen, krijt, mergel) enigszins moeten verwerken tot los materiaal. Door chemische, fysische en biologische processen verandert het oorspronkelijke materiaal en vindt er bodemvorming plaats. Calcium, aluminium maar ook andere elementen (voedingsstoffen) en zelfs klei spoelen met het infiltrerende regenwater uit de bovengrond naar diepere bodemlagen en kunnen ook met het stromende grondwater worden getransporteerd en afgevoerd. De bovenste bodemlaag (de uitspoelings of A-horizont) wordt daardoor steeds armer terwijl de bodemlaag er onder aangerijkt wordt met aluminium, calcium, ijzer en klei (de inspoelings of B-horizont). Onder de B-horizont ligt het verweerde gesteente (de C-horizont) of het onverweerde moedergesteente dat niet tot de bodem gerekend wordt (de R-horizont).



Figuur 2.2. Bodemprofiel (Pannekoek, 1982).

Op harde kalksteen worden andere bodems gevormd dan op zachte kalksteen en mergel. De fysische verwerking van harde kalksteen door wind, water, ijs en plantenwortels verloopt langzamer dan de fysische verwerking van zachte kalksteen en mergel. Bodems op mergel en zachtere kalksteen met bijmengingen van klei, leem of zand zijn in het algemeen dikker aangezien bij verwerking van het zachte gesteente een mengsel van grotere kalksteenbrokken, klei en leem (uit de mergel) achter blijft waarin de bodemvorming plaatsvindt. Harde kalksteen bestaat daarentegen vaak voor het grootste deel uit CaCO_3 zonder veel zand of klei en “lost geheel op” in (regen)water. Na oplossing van de CaCO_3 blijft er nagenoeg geen materiaal achter waarin een bodem kan ontwikkelen. De bodem op harde kalksteen bestaat vaak uit een dunne A-horizont die door bodemvormende processen vergaand verweerd is. Er is een scherpe overgang tussen het witte onderliggende gesteente en de bovenliggende grond die vaak rood gekleurd is door de ijzeroxiden. Door uitloging van calcium kan deze bovengrond kalkarm zijn geworden. Een voorbeeld zijn de rode Terra Rossa gronden die in delen langs de Middellandse Zee en in Australië (Coonawarra) bekend zijn. (W. Verheye, D. de la Rossa, 2005).

EOLSS - MEDITERRANEAN SOILS

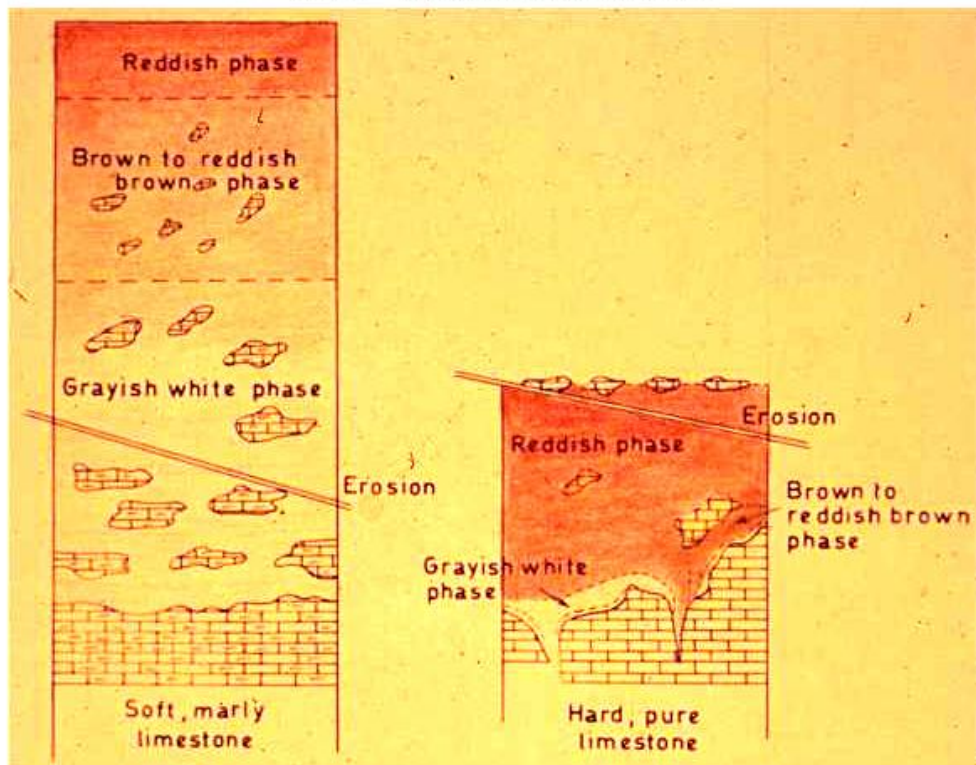


Figure 2. Schematic representation of the pedogenetic evolution on limestone in a Mediterranean environment. An example from Lebanon (Verheye, 1973).

Figuur 2.3. Verschillen in bodemvorming op een zachte en een harde kalksteen (Verheye, de la Rossa, 2005).

2.3.3. Naamgeving kalkrijke bodems

Bodems in wijngaarden worden vaak getypeerd of beschreven op basis van de korrelgrootte of textuur van het bodemmateriaal (klei, leem, silt, zand, grind) en de bijmenging (zandig, lemig, kleilig).

Fractie	Engels	Frans	Duits	Korrelgrootte (1 μm of micron = 1/1000 mm)
klei of lutum	clay	argile	ton	< 2 μm (< 0,002 mm)
silt	silt	limon (tres fin)	schluff	2 μm – 50 μm (0,002 mm – 0,05 mm)
zand	sand	sable	sand	50 μm – 2.000 μm (0,05 mm – 2 mm)
grind	gravel	gravier	kies	2.000 μm – 63.000 μm (2 mm – 63 mm)
Overige veel gebruikte korrelgrootte fractie aanduidingen:				
leem	loam	limon	lehm	< 50 μm (<0,05 mm). Dit is de klei- en siltfractie samen.
löss	loess	loess	löss	16 μm – 50 μm (0,016 – 0,050 mm), specifiek voor windafzettingen

Tabel 2.1. Overzicht benamingen bodems op basis van korrelgrootte.

De termen klei, silt, leem, zand, etc. worden zowel gebruikt voor het benoemen van de korrelgrootte van het bodemmateriaal als voor de bodem als geheel. Een zandige leembodem bestaat uit bodemmateriaal met verschillende korrelgroottes uit de korrelgroottefracties klei, silt en zand. Belangrijk te beseffen is dat de term kalk geen korrelgrootteaanduiding is. Een kalkrijke bodem kan afhankelijk van de korrelgrootte van het bodemmateriaal, een klei-, silt-, leem- of zelfs een zandbodem zijn. De Engelse term 'lime' voor kalk wordt nog wel eens verward met de Franse term

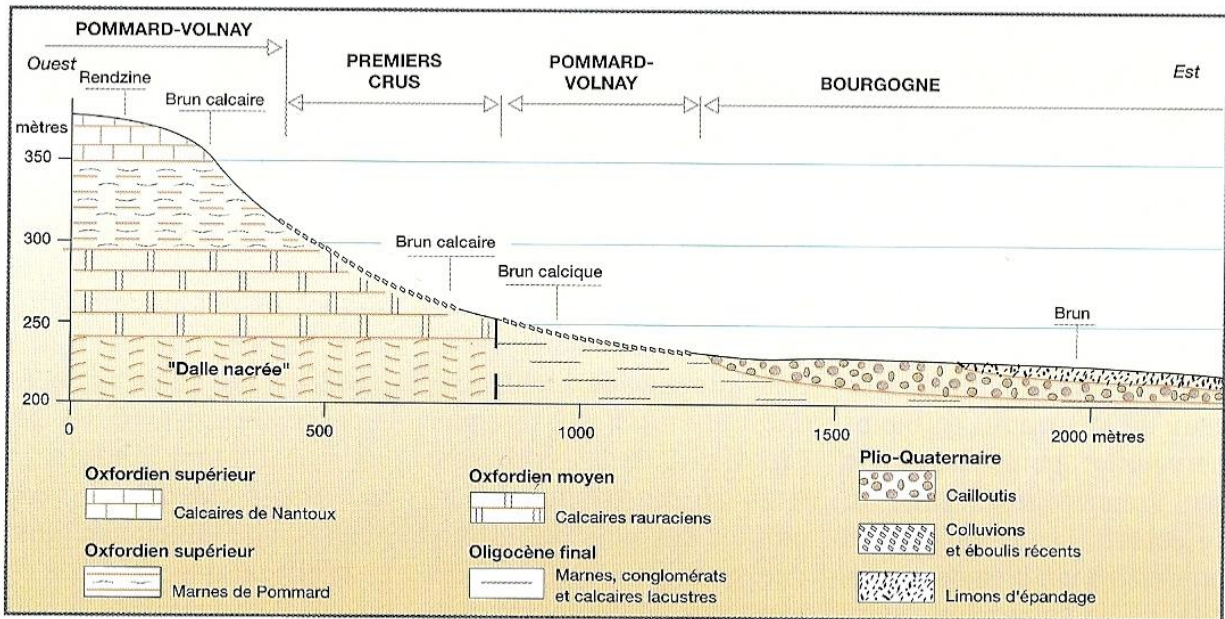
'limon'. Limon, net als het Nederlandse woord 'leem' en Engelse woord 'loam' geven de korrelgrootte van het bodemmateriaal aan.

In bodemkaarten en -profielen worden de officiële benamingen van bodems volgens één van de (inter)nationale bodemclassificatiesystemen weergegeven. Er zijn geen specifieke groepen of namen voor kalkrijke bodems aangezien bij de indeling in soorten bodems andere bodemkenmerken en -eigenschappen belangrijker zijn dan het kalkgehalte van de bodem. De World Reference Base (WRB) van de UNESCO-FAO (*FAO, report 103, 2006*) en de Amerikaanse USDA Soil Taxonomy zijn wereldwijd de meest gebruikte internationale bodemclassificatiesystemen. In de WRB classificatie van de UNESCO-FAO zijn de kalkrijke bodems gerangschikt onder verschillende hoofdgroepen als **Cambisols**, **Calcisols** en **Leptosols**. Bij de Amerikaanse USDA Soil Taxonomy zijn de kalkrijke bodems te vinden bij de **Mollisols**, **Alfisols**, **Inceptisols** of **Entisols** bodems.

De bodemnamen uit het Franse bodemclassificatiesysteem 'Référentiel pédologique (RP)' (2008) zijn vooral bekend uit de vele boeken over de kalkrijke wijngaarden in de Bourgogne (Chablis, Côte d'Or), Champagne en Loire. De kalkrijke bodems worden gerangschikt onder de **Rendosols/Rendisols**, **Calcosols/Calcisols**, **Calcarisols** en de **Dolomitisols/Magnétisols**. Veelvuldig worden nog oude bodembenamingen als **Rendzine** en **Sols bruns calcaires** uit de oude Franse classificatie van 1967 gebruikt. De Rendzines horen tegenwoordig tot de Rendosols en de Sols brun calcaires tot de Calcosols (RP 2008, p. 395). De benamingen uit de verschillende (internationale) classificatiesystemen zijn niet één op één uitwisselbaar.

De verschillende onderscheiden bodemtypen zijn onder andere afhankelijk van de mate van bodemvorming waarbij de verschillende bodemhorizonten ontstaan en klei, calcium en andere elementen uitspoelen uit de bovengrond. In de tijd, vaak vele honderden tot duizenden jaren, naarmate de bodemvorming verder voortgaat, zal een Rendosol (Rendzine) ontwikkelen tot een Calcosol (Sol brun calcaire) en verder in een Calcisol (Sol brun calcique) en vervolgens tot een Brunisol Eutrique (Sol brun).

Op hellingen zijn de verschillende bodems naast elkaar te vinden. Boven op het plateau en de helling zijn de minst ontwikkelde bodems te vinden. Op de lagere gelegen hellingen en in het dal zijn de meer ontwikkelde en vaak dikkere bodems aanwezig.



Coupe sur le vignoble de Pommard ou de Volnay

Figuur 2.4. Kalkrijke bodems op hellingen in Pommard-Volnay, Bourgogne (France, 2002).

2.3.4. Verspreiding van wijngaarden op kalkrijke bodems

De meeste kalkrijke wijngaarden zijn te vinden in gebieden met een ondergrond van kalksteen, krijt en mergel. Ook zijn kalkrijke bodems te vinden op los sediment als rivierafzettingen en hellingmateriaal indien deze van origine kalkrijk zijn. Een voorbeeld hiervan is te vinden in de zuidelijke Rhône waar veel wijngaarden op kalkrijke alluviaal (rivier)sedimenten liggen. Pedro Parra (internet: Wine & Spirit magazine, p. 0811) geeft aan dat de kalkrijke bodems in Limarí (Chili) bestaan uit kalkrijk sediment afkomstig uit het Andes gebergte. In bijlage II is een overzicht gegeven van het wijnbouwareaal op kalksteen en kalkrijke bodems.

2.4. Samenvatting

Uit de beschrijvingen van kalksteen en kalkrijke bodems wordt duidelijk dat er veel soorten kalksteen en kalkrijke bodems zijn. De verschillende soorten kalksteen, waaronder krijt en mergel hebben elk hun specifieke chemische en fysische eigenschappen. Kalksteen kan hard en weinig poreus zijn maar ook zachte, kruimelige en poreuze kalksteen komt veel voor in wijngebieden. Veelal worden pakketten of lagen kalksteen afgewisseld door lagen klei of zand en bevat de kalksteen zelf ook zand of klei. Ook kalkrijke bodems zijn zeer divers in soort, samenstelling en eigenschappen. De kalkrijke bodems kunnen dik of heel dun zijn; kleilig of juist zandig zijn; droog of nat zijn en weinig of juist veel kalksteenbrokken bevatten. Er is een groot verschil tussen kalkrijke bodems gevormd op harde kalksteen in vergelijking tot bodems op zachte kalksteen en mergel. Ook het klimaat en de topografie (hellingen) zijn van grote invloed op de ontstane kalkrijke bodem. Tenslotte speelt de mens nog een grote rol, door de decennialange intensieve bewerking van de wijngaard zijn de bodems nauwelijks nog natuurlijk te noemen en is op hellingen veel bodemmateriaal door erosie verloren gegaan. De

meeste wijnbouw op kalksteen of kalkrijke bodems is te vinden in Europa. In Europa is zowel veel kalksteen als veel wijnbouw. Buiten Europa is veel minder kalksteen aanwezig in gebieden die geschikt zijn voor wijnbouw en wordt kalksteen en kalkrijke bodems (nog) niet als een heel belangrijke kwaliteitsfactor gezien.

Uit de uitgebreide beschrijving van de ontstaanswijze, soorten en naamgeving van zowel kalksteen als kalkrijke bodems blijkt de grote diversiteit aan kalksteen en kalkrijke bodems en hun kenmerken en eigenschappen. Met deze kennis is het duidelijk dat bij de beantwoording van de vraag of kalksteen en kalkrijke bodems van belang zijn voor de wijnboer en voor de wijndrinker, niet eenvoudig volstaan kan worden met een typering als “de kalksteen” of “de kalkbodem”. Nuancering van het type kalksteen en kalkrijke bodems is noodzakelijk.

Hoofdstuk 3: Typeringen van wijn van kalk(steen) in de literatuur – de “claims van kalk”

3.1. Inleiding

De aanwezigheid van kalksteen en kalkrijke bodems wordt vaak in positieve zin gerelateerd aan de kwaliteit en typiciteit van de wijn afkomstig van deze wijngaarden. Niet alleen kalk maar ook klei- en zandbodems leveren volgens de literatuur een bepaalde, eigen stijl van wijn op. Ook wordt regelmatig aangegeven dat er een voorkeursrelatie bestaat tussen bepaalde druivensoorten en bodems. In dit hoofdstuk wordt een aantal van deze beschrijvingen en beweringen besproken. Welke bijzondere eigenschappen en kwaliteiten worden zoal aan kalk toegedicht?

Het is een kleine rondgang langs wijnboeken, verkoopbrochures en internet en zeker geen uitvoerig, uitputtend of volledig, wetenschappelijke onderzoek.

3.2. Typeringen in de literatuur

3.2.1. Wijnkwaliteit en wijnstijl

In algemene bewoordingen wordt geregeld een relatie gelegd tussen de aanwezigheid van kalksteen of kalkrijke bodems en de kwaliteit van wijn. Verwezen wordt naar bekende, kalkrijke wijnstreken waar kwaliteitswijnen geproduceerd worden.

De Australische bodemkundig professor Robert White schrijft: *“At a small scale (representing a large area), we can make generalizations, such as that soils on limestone or chalk in Burgundy, Champagne, and the Loire Valley in France are highly regarded for producing distinctive wines.”* (White, 2003, p. 223).

De Franse bodemdeskundige en microbioloog Claude Bourguignon geeft aan: *“The vine is indeed a calcicole plant and everyone acknowledges that the greatest red wines are produced on limestone, but the vine also survives on acidic soils which produces great white wines such as Rieslings on the acidic soils of Alsace or in the German Moselle region.”* (Bourguignon in Rigaux, 2006, p. 326).

“The presence of limestone in vineyard soils is favourable for quality wine production. Many famous wines come from regions with limestone soils.” (Galet in Gladstones 2011, p. 81).

Meer specifiek dan bovenstaande algemene kwaliteitsaanduidingen zijn de beschrijvingen waarin bepaalde, specifieke smaken en wijnstijlen ook daadwerkelijk worden toegeschreven aan de aanwezigheid van kalk in de bodem. Een onderscheid is te maken tussen:

1. alcohol en body
2. zuren, mineraliteit
3. elegantie en finesse

Ad 1. Alcohol en body

Een hoger alcoholgehalte en body (corps) in de wijn worden een aantal keer toegeschreven aan de kalk in de bodem. Emmanuelle Vaudour (2003, p. 226) geeft aan dat hierover al bijna twee eeuwen geleden geschreven werd:

“En 1825, l’Australien J. Busby rapporte qu’en France, un sol sableux produit généralement un vin délicat, le sol calcaire un vin spiritueux, le granite décomposé un vin vif. Vers la même époque, Jules Guyot constate qu’un sol calcaire en crayeux donne toujours le vin le plus fin et dénué de goût terreux. En 1886, L. Portes et F. Ruysen (Traité de la vigne et de ses produits, Paris) rapportent que les vins issus de sols sableux sont légers, délicat, manquant de force et de couleur, mais parfumés et vifs ; que le que le calcaire et la craie augmentent la force alcoolique ; que les sols riches en fer et en argile donnent profondeur et richesse de couleur aux vins rouges. Ils exposent une conviction partagée par leurs contemporains, selon laquelle les sols rouges favorisent la production des vignes rouges, tandis que les sols gris ou jaunes conviennent davantage aux vins blancs.”

Ook anderen schrijven over het hogere alcoholgehalte en/of de body van de wijn in relatie tot kalksteen of kalk in de bodem.

“Wines from calcareous soils are high in alcohol and strongly perfumed” (Fregoni in Gladstones, 2011, p. 79).

“Le calcaire apporte du corps, une certaine souplesse et augmente la plasticité.” (France, 2002, p.14).

“Kalkgrond: Niet zo goed waterdoorlatend, maar houdt wel veel water vast. Licht gekleurd, neemt warmte minder snel op, maar houdt warmte ook lang vast. Geeft druiven waarvan men wijnen maakt met veel geurstoffen en een hoog suiker- en alcoholgehalte.” (Klosse, 2008, p. 27).

Enkele citaten uit brochures en internetpagina's van Nederlandse wijnhandelaren:

“De pinot noir die aan de basis staat van de gemeente appellation Marsannay staat aangeplant op een bodem, rijk aan kalksteen, het ter plaatse bekend staande calcaire à entroques (kalksteen met fossielen van zeelelies). Dit bodemtype levert een pittige stijl pinot noir.” (T. Schaapveld/Les Généreux, internetsite, 21-12-2013).

“De chardonnay die aan de basis staat van de gemeente appellation Marsannay staat aangeplant op een bodem, rijk aan calcaire à oolithe, een kalksteentype wat door sedimentatie is ontstaan uit laagjes klei en kalk. Dit bodemtype, gemengd met mergel levert een volle, frisse en krachtige stijl chardonnay.” (T. Schaapveld/Les Généreux, internetsite, 21-12-2013).

“Kalksteen van marne-jaune geeft wijn met kracht, aroma's van mint, eucalyptus.” (De Vier Heemskinderen, internetsite, 21-12-2013).

“.. waar kalkachtige klei op krijt/kalksteen structuur geeft aan rijke, complexe wijnen.” (De Vier Heemskinderen, internetsite, 21-12-2013).

Ad. 2. Zuren en mineraliteit

In de meeste beschrijvingen wordt een relatie gelegd tussen de aanwezigheid van kalksteen en kalk in de bodem en de hoge zuren van zowel de druiven als de wijnen.

“High-pH (alkaline) soils, such as chalk, encourage the vine’s metabolism to produce sap and grape juice with a relatively high acid content.” (Stevenson, 2011, p. 17).

“Then there’s the question of pH. Alkaline soils, with a pH of seven or more, tend to be young soils. They are high in calcium, from shells left behind when sea receded, and they tend to produce wines high in acidity. Champagne’s soil is like this. There’s a lot of alkaline soil in Europe.” (Clarke, 2011, p. 16).

Ook niet-Europese wijnproducenten vermelden de hoge zuren in relatie tot de kalksteen:

“Limestone is highly nutritive to vines but also accentuates certain characteristics in wine grapes, hence their wines. Calcareous soil (another name for limestone) gives natural acidity,” says Daniel Daou, who makes a number of wines in Paso Robles, Calif., under his name.” (Bill St. John, Special to Tribune Newspapers, October 30, 2013, http://articles.chicagotribune.com/2013-10-30/features/sc-food-1025-wine-rocks-2-20131030_1_chalky-tannin-wines-priorat).

Een aantal maal wordt de term mineraliteit gebruikt, al dan niet samen met zuren en kalksteen of kalkrijke bodems en wordt aangegeven dat wijn naar een bepaald gesteente zou smaken; naar kalk, vuursteen, graniet, etc. Mineraliteit is een term die de afgelopen jaren sterk aan populariteit in proefnotities en beschrijvingen heeft gewonnen en waarover al het nodige is geschreven.

“Limestone, like slate, gives a sharpness to the acidity, again often described as minerality. Examples of wine on limestone Champagne and Burgundy.” (R. Shelly, <http://www.thirtyfifty.co.uk/spotlight-sun-earth-wine.asp#Part5>).

“We believe the limestone base produces wines with a characteristic minerality and good length on the palate.” (LIME ROCK WINES, Central Hawkes Bay, New Zealand, <http://www.limerock.co.nz/vineyards/>).

Enkele citaten uit brochures en internetpagina’s van Nederlandse wijnhandelaren:

“Hier bestaat de ondergrond uit minerale mosselkalk, wat een knisperende impressie aan de wijn geeft.” (Imperial Wijnkoperij, internetsite, 21-12-2013).

“Het terroir van kalksteen met oester fossielen (gryphée) geeft een aparte mineraliteit.” (Bolomey wijnimport, internetsite, 21-12-2013).

“De druiven van de kalksteenhoudende kleibodem in de vlakte van Béziers geven stevigheid en de arme kalkhoudende grond nabij Carcassonne zorgt voor frisheid.” (T. Schaapveld/Les Génereux, internetsite, 21-12-2013).

“Een wijn met zijdeachtige textuur en vettigheid door de selectie van twee bodems: het kalksteen brengt de mineralen, kracht en balans en de klei brengt gedurfde en aromatische complexiteit.” (Henri Bloem, internetsite, 5-4-2014).

“Het kalk-achtige terroir zorgt ervoor dat de wijnen fris en kruidig zijn.” (Henri Bloem, internetsite, 5-4-2014).

“Veel mineraliteit en een hint van ziltigheid door de kalkrijke bodem.” (Gastrovino, internetsite, 21-12-2013).

“De fossielen van oesters in het perceel geven de wijnen een prachtige mineraliteit en frisheid.” (Okhuysen, Vinée Vineuse, nr. 2, 2013).

“De kalkgrond geeft wijnen met een uitstekende mineraliteit, een bloemig karakter en prachtige, frisse zuren.” (Okhuysen, Vinée Vineuse, winter 2006).

Ad 3. Elegantie en finesse

Naast de alcohol, zuren en mineraliteit worden wijnen afkomstig van kalksteen bodems in beschrijvingen getypeerd door finesse, elegantie, souplesse en nervositeit.

"Limestone soils, both white and red, assist in the production of elegant Chardonnay wines but only in cool climate areas." (Neiryck, 2009, p. 49).

"Beppe Caviola, winemaker for Damilano, a Barolo producer in Piedmont, Italy, says that the limestone portion of the top-flight Cannubi vineyard contributes to its "finesse and elegance." (Bill St. John, Special to Tribune Newspapers, October 30, 2013, http://articles.chicagotribune.com/2013-10-30/features/sc-food-1025-wine-rocks-2-20131030_1_chalky-tannin-wines-priorat).

"One leading New Zealand grower reckons that his clay soil gives his wines body and texture, that the soil's high calcium content gives 'nerve' and longevity, and that the silica increases the aroma." (Clarke & Rand, 2008, p. 16).

"The Fronsadais wines are thus very elegant. In my opinion, these wines represent the best quality/price relation in Bordeaux. The powerful red wines owe their refined, fine and subtle taste to the excellent calcareous clays, quality marls with large internal surfaces." (Bourguignon in Rigaux, 2006, p. 328).

Tot slot nog twee citaten uit brochures en internetpagina's van Nederlandse wijnhandelaren:

"Klei-kalkplateaus, waarvan de grond productief gemaakt is door de stenen te vergruizen brengen levendige, elegante wijnen voort met een lange afdrank." (Henri Bloem, internetsite, 5-4-2014).

"De rode grond met veel kalk geeft complexe wijnen die zowel kracht als elegantie bezitten." (Okhuysen, brochure Voorkoop Rode Bourgogne 2010, september 2012).

3.2.2. Verschillen tussen klei, zand en kalk

In een aantal van de bovenstaande beschrijvingen wordt gesproken over wijn afkomstig van kalkrijke klei, mergel of een bodem met kalk en klei. In de literatuur en beschrijvingen van wijn wordt tevens aangegeven dat klei, kalk en zand ieder een bepaalde stijl wijn oplevert:

"It is thought that calcium and active limestone are essential factors. It has been proposed that the weight, roundness and fullness of a wine depends on limestone, that clay favours the extraordinary and paradoxical alliance of strength and softness, that silica imparts power and strength and that iron develops the intensity of colour..." (Jacky Rigaux op Internetsite Anne Gros, <http://www.anne-gros.com/en/small-tasting-lesson.html>).

Uit de beschrijvingen van Jacky Rigaux, van Clark & Rand (2008, p. 66), France (2002, p. 14), Arnulfo (2012, p. 55), Busby, Gyt en Portes en Ruysen (in Vaudour, 2003, p. 226) en anderen komt het volgende sterk gegeneraliseerde beeld naar voren:

- **Kleibodems:** body, structuur, dikte, alcohol, rijkheid, kleur, tannine. Minder elegantie en bewaarpotentieel.
- **Zandbodems:** zuren, frisheid, bouquet, elegant, lichtheid, delicaat, finesse. Minder alcohol en kleur.
- **Kalk(steen) bodems:** zuren, mineraliteit, finesse, elegant, souplesse, nervositeit, aroma maar ook kleur, alcohol, rondeur, body en kracht.

In de verschillende beschrijvingen is meestal niet aangegeven wat onder een kalk(steen) bodem verstaan wordt. Verder zijn zoals in hoofdstuk 2 aangegeven, kalkrijke bodems vaak een mengsel van kalk, klei en zand en is bovenstaand onderscheid een te generaliseerd of vereenvoudigd beeld.

In het lesmateriaal van de Wijnacademie staat een illustratief voorbeeld van de invloed van klei en zand/kiezels. *“Pinot Noir: In de Bourgogne is de pinot noir op zijn best op kalkbodems met relatief weinig klei. Wanneer er meer mergel in de bodem zit, krijgt de pinot noir meer tannine en structuur. Mergel is een mengsel van klei en fijnkorrelige kalk. Op een verdergaand niveau zijn meer nuances te bespeuren. Zo is de pinot noir op een kalkbodem met kiezels zeer geurig en relatief licht en soepel. Op een kalkbodem met meer kleimineralen geeft een pinot noir een wijn met minder geur en meer structuur en tannines.”* (lesboek Vinoloog van de Wijnacademie, 2008, p. 2-8). De beschreven bodems zijn allemaal kalkrijk maar de aanwezigheid van klei of kiezels hebben duidelijk invloed op de stijl van de wijn.

3.2.3. Voorkeursrelatie druif en gesteente

Regelmatig wordt in de literatuur aangegeven dat er tussen kalksteen en bepaalde druivenrassen een soort van voorkeur bestaat. Neiryck (in Burns, 2012, p. 98-99) geeft aan dat er bepaalde voorkeursrelaties zijn tussen bodems op bepaald moedergesteente en druivenrassen. Witte druivenrassen geven goede (zo niet de beste) resultaten op kalkrijke bodems op onderliggend moedergesteente van kalk, kalksteen, krijt en mergel. Ook rode druivenrassen doen het beter op kalkrijke grond hoewel bijvoorbeeld Syrah en Grenache ook hele goede resultaten geven op bodem van graniet origine. Een onderbouwing of verklaring wordt verder niet gegeven.

Soil (light to heavy)	Riesling	Chardonnay	Sauvignon Blanc	Semillon	Trebbiano	Muscat
Granite						
Chalk			X	X		
Limestone	X	X			X	X
Marl		X				X
Loam						X
Gravel			X	X		
Clay						
Sandy						
Slate	X					

Soil (light to heavy)	Cabernet Sauvignon	Syrah	Pinot Noir	Merlot	Grenache	Cabernet Franc
Granite		X			X	
Chalk			X			
Limestone	X	X	X			
Marl			X			
Loam			X		X	
Gravel	X			X	X	X
Clay				X		
Sandy						
Slate						

Figuur 3.1. Voorkeursrelatie druif en geologie (Neiryck in Burns, 2012).

Claude Sittler, directeur onderzoek aan de universiteit van Straatsburg, beschrijft uitvoerig onderzoek naar de 'voorkeuren van druiven' of beter gezegd, favoriete combinaties tussen de druivenrassen in de Elzas en de verschillende bodems (Sittler, 2011, p. 40 en ook Sittler in Wilson, 1998, p. 89 en Sittler in France, 2002, p. 143). De wijnen van Pinot Noir en Muscat op kalkrijke bodems hebben een rondeur en bouquet. Ook Bourguignon (in Rigaux, 2006, p. 328) geeft aan dat bepaalde druivenrassen erg goede resultaten geven op specifieke gesteenten: "*Pinot Noir has been selected by generations of winegrowers for a calcareous soil and it should stay on a calcareous soil.*"

Jackson (2008, p. 240) is niet overtuigd van een duidelijke voorkeur van druiven voor een bepaald gesteente: ". *Some cultivars are reported to do better on soils composed of specific rock types (Fregoni, 1977; Seguin, 1986), but the evidence is predominantly circumstantial. Experimental evidence for these claims is lacking.*" .

3.3. Samenvatting

Volgens de beschrijvingen in de geraadpleegde wijnliteratuur en commerciële brochures van Nederlandse wijnimporteurs en -winkels zijn wijnen afkomstig van wijngaarden op kalksteen of van kalkrijke bodems duidelijk te typeren. Witte wijn afkomstig van kalkrijke bodems worden vooral gekenmerkt door hoge zuren, mineraliteit, hoog alcoholgehalte, finesse en elegantie. Rode wijn van kalkrijke bodems worden getypeerd door kracht, goede structuur, finesse, elegantie en frisheid.

In de beschrijvingen gaat men verder dan alleen het typeren van de wijnen afkomstig van wijngaarden op kalksteen of kalkrijke bodems. Aangegeven wordt dat aanwezigheid van kalksteen of kalkrijke bodems ook daadwerkelijk de reden, oorzaak of verklaring is voor deze herkenbare kwaliteit en wijnstijl. Kalk, maar ook zand en klei hebben volgens de literatuur ieder hun eigen (herkenbare) invloed op de stijl van een wijn. De meeste beschrijvingen gaan over witte wijn uit de Bourgogne (Chablis en Côte-d'Or) en de Loire; er zijn maar weinig typeringen van wijn van kalksteen buiten Europa.

Hoofdstuk 4: Kalk(steen) in de wijngaard

4.1. Inleiding

Kalkrijke wijngaarden en wijngaarden op kalksteen worden gezien als kwalitatief zeer goede wijngaarden die grote wijnen met een typerende stijl voortbrengen. In de wijnwereld is er veel discussie over de invloed van geologie (gesteente) en bodem op de kwaliteit en smaak van de wijn. In welke mate en op welke wijze zijn geologie en bodem van invloed op de wijnkwaliteit en –stijl. In het onderhavige hoofdstuk wordt ingegaan op de invloed van de geologie en bodem op wijnkwaliteit en –stijl in zijn algemeenheid. Vervolgens wordt ingezoomd op kalksteen en kalkrijke bodems. Welke specifieke eigenschappen van kalksteen en kalkrijke bodems zijn van positieve invloed op de wijnbouw en de daarmee op de kwaliteit van de druiven en de uiteindelijke wijn.

4.2. Factoren die de kwaliteit en de stijl van wijn bepalen

4.2.1. Inleiding

In de afgelopen decennia is veel onderzoek verricht naar factoren die van invloed zijn op de kwaliteit en stijl van wijn. Het onderzoek richt zich niet alleen op het klimaat, de geologie, de geografie en de bodem maar ook op het wijngaardbeheer en de vinificatie door de mens. Factoren die de kwaliteit van de wijn bepalen:

- **Klimaat:** temperatuur, neerslag, zon, luchtvochtigheid; meso-, topo-, microklimaat, etc.
- **Geologie:** gesteente (aard moedergesteente, hardheid, samenstelling, structuur), geomorfologie (expositie, hellingshoek, vorm, hoogte), bodem (textuur, structuur, temperatuur, mineralen, kleur, vochthuishouding), etc.
- **Wijnbouw:** wortelstok, druivenras, loofwandbeheer (canopy management), etc.
- **Mens:** locatiekeuze, oogsttijdstip, vinificatie, type wijn, kwaliteitsstreven, etc.

Een goed overzicht van de stand van het onderzoek naar factoren die de kwaliteit van wijn bepalen is gegeven door Kees van Leeuwen (2010, pp. 273 - 315). Dit omvangrijke artikel is gebaseerd op vele wetenschappelijke, vaak specialistische onderzoeken en is daarom van grote waarde. In veel boeken, artikelen en internetsites over wijnbouw en geologie wordt nog te vaak geschreven, overgeschreven, verwezen en beweerd zonder dat duidelijk is wat de bron of de (wetenschappelijke) onderbouwing ervan is.

Van Leeuwen (2010, p. 274) geeft in zijn overzichtsartikel aan dat de studies naar de invloed van één specifieke factor of discipline (bijvoorbeeld de geologie of de bodem) op de wijnkwaliteit en –stijl zeer nuttig zijn, maar dat deze sectorale studies maar zeer beperkte informatie opleveren over de interactie tussen de verschillende factoren. De vele sectorale studies geven aan dat (zeer) goede wijnen komen uit verschillende klimaten en van verschillende bodems. Het is tot op heden niet mogelijk om het ideale klimaat of de ideale bodem in klimaatparameters (temperatuur, neerslag, zonneschijn, etc.) of bodemparameters (bodemdpte, klei- of kalkgehalte, vruchtbaarheid) uit te drukken.

Met bovenstaande in gedachten wordt toch -sectoraal- nader ingegaan op de factoren geologie en bodem en daarna op kalksteen en kalkrijke bodems.

4.2.2. De factor geologie

Over de rol van de geologie of gesteente op het karakter van de wijn en de wijnkwaliteit is en wordt veel geschreven. In zijn overzicht geeft Van Leeuwen (2010, p. 281) aan dat er geen consensus is over de (in)directe invloed en rol van 'de geologie' op de wijnrank, op de druif en op de uiteindelijke wijn. Er zijn auteurs die wel een relatie zien tussen geologie en wijnkwaliteit terwijl anderen daar veel minder in zien.

De Australische landbouwkundige dr. John Gladstones (2011, p. 86) gaat uit van een directe relatie tussen de geologie, het onderliggende gesteente en het karakter van de wijn. Hij geeft wel aan dat het klimaat de dominante factor is en dat geologie en bodem alleen differentiërende factoren zijn indien de variaties in klimaat klein zijn. De geologie vormt het landschap en is de basis voor bodemvorming onder invloed van klimaat, vegetatie en tijd. Er is een relatie tussen het karakter van de wijn en de onderliggende geologie. Tijdens de rijping van de druiven slaat de plant (onder invloed van hormonen welke geproduceerd worden in de wortelstelsels) spore-elementen in de druiven op die via haar diepe wortels opgenomen zijn uit de verweringszone. Deze verweringszone ligt net boven het vaste gesteente (zie figuur 2.2. de C1-horizont) en de mineralensamenstelling in deze verweringszone is nog nagenoeg het zelfde als die van het vaste gesteente. Op deze wijze is er een relatie tussen de minerale samenstelling van de druiven en het gesteente. Volgens Gladstones wordt zijn verklaring gesteund door twee bekende opvattingen: terroir-expressie wordt vooral duidelijk bij oudere druivenstokken als de wortels maximaal ontwikkeld zijn en dat tijdens de rijping van de druiven de plant voor de watertoevoer grotendeels afhankelijk is van haar diepste wortels. De opname van spore-elementen of mineralen, afkomstig van vers (verweerd) gesteente is van invloed op de kwaliteit van de wijn. Een verdere onderbouwing voor zijn theorie wordt niet gegeven.

De geoloog professor Alex Maltman uit Wales geeft in zijn artikelen over de rol van de geologie in de typiciteit van wijn (2008) en geologie en mineraliteit (2013) aan dat er geen wetenschappelijke onderbouwing is voor een directe relatie tussen (de geochemische samenstelling van) gesteente en de typiciteit of smaakprofiel van een wijn. De mineralen in gesteente als kalksteen en vuursteen worden niet als zodanig door de wortels van de plant opgenomen en zijn ook niet te proeven in wijn.

Jancis Robinson geeft in haar Oxford Companion to Wine (www.jancisrobinson.com/ocw/CH1425.html) een helder overzicht van de rol van de geologie. De rol van de geologie wordt volgens haar vaak overschat, soms is het totale nonsens wat men schrijft. De potentiële invloed van de geologie is indirect via het gesteente, via de resulterende bodems, via de geomorfologie en via de waterhuishouding. De geomorfologie of vorm van het landschap is mede bepaald door de geologie en de aard en (scheef)ligging van het gesteente. De geomorfologie (hoogteligging, expositie ten opzichte van de zon, de helling, etc.) beïnvloedt op haar beurt het lokale klimaat in de wijngaard. Van een directe relatie is sprake als poreus gesteente water bevat dat voor de wortels beschikbaar is of als via spleten, scheuren en grote poriën in het gesteente het teveel aan water snel afgevoerd (drainage) kan worden. De waterleverantie in droge omstandigheden en de drainerende werking in natte omstandigheden van te veel water is van belang. Een andere indirecte invloed of rol van het moedergesteente is het beschikbaar komen van nutriënten bij de verwerking van het

moedergesteente. De rol van geologie is volgens Robinson meestal minder dan de rol van klimaat, druivensoort, wijnbouwtechnieken, loofwandbeheer en vinificatie.

4.2.3. De factor bodem

Van Leeuwen (2010, p. 284 - 292) geeft een goed overzicht van de verschillende bodemaspecten en -factoren die van invloed zijn: textuur, mineralensamenstelling, waterbeschikbaarheid, temperatuur in de wortelzone, kleur, biologische activiteit, etc. De bodem is van invloed op de wijnbouw, de druif en uiteindelijk de wijn. Echter welke aspecten of factoren van de bodem van invloed zijn, is niet altijd duidelijk. Net als bij klimaatonderzoek proberen wetenschappers bodemaspecten of -factoren te identificeren die de invloed van de bodem op de wijn kunnen verklaren. De relatie tussen de bodemvochthuishouding, nutriënten (beschikbaarheid) in de bodem, de kwaliteit van de druiven en de uiteindelijke wijn is momenteel een van de belangrijkste onderzoeksonderwerpen van wetenschappers.

De Australische bodemkundige professor Robert White (2003 en 2009) beschrijft uitgebreid welke bodemaspecten een belangrijke rol spelen in de wijngaard. De vijf belangrijkste factoren zijn de diepte of dikte van de bodem, de bodemstructuur en waterhuishouding, de bodemsterkte, chemische samenstelling (nutriënten) en bodemorganismen. Er is geen ideale bodem voor wijnbouw, de ideale bodem voor wijnbouw is locatiespecifiek. Over het algemeen moet een bodem van voldoende diepte zijn om de water en nutriënten te kunnen leveren aan de plant. De beschikbare hoeveelheid water en nutriënten tijdens het groeiseizoen beïnvloedt op vele indirecte manieren de kwaliteit van de wijn. De bodemstructuur en -sterkte is belangrijk voor de vochthuishouding (infiltratie, drainage, opslag), de luchtdoorlatendheid en de doorworteling. De chemische samenstelling van de bodem, de pH en de beschikbare hoeveelheid nutriënten gedurende het groeiseizoen is van belang voor de wijnplant. Een teveel aan stikstof (N) stimuleert een sterke groei van de wijnplant hetgeen ten koste gaat van de kwaliteit van de uiteindelijke wijn. Bodemorganismen zijn voor veel processen in de bodem van groot belang en dragen bij tot de goede structuur van de bodem.

Ook Gladstones (2011, pp. 76 -88) gaat uitgebreid in op de rol van de bodem en het belang van een goede omgeving voor de wortels. De beschikbaarheid van nutriënten is belangrijk maar is ondergeschikt aan de water- en warmtehuishouding.

Van Leeuwen, Roby, Pernet en Bois (2010) geven aan dat een goede gedetailleerde bodemkaart niet eenduidig te vertalen is naar een "wijnkwaliteitskaart" aangezien kleine bodemverschillen grote gevolgen kunnen hebben voor de wijnbouw en de kwaliteit van de wijn.

Van Leeuwen (2010) geeft in zijn overzichtsartikel verder aan dat er na vele jaren onderzoek consensus lijkt te zijn tussen de verschillende wetenschappers: Een goede bodem voor wijnbouw, en voor de uiteindelijke wijnkwaliteit, zorgt voor een beperkte groei(kracht) (Engels: vigour, Amerikaans: vigor, Frans: vigueur) van de wijnrank en een beperkte oogst. Een matig watertekort op het juiste moment en of een beperkte beschikbaarheid of tekort aan stikstof zijn vaak de oorzaken voor een beperkte groeikracht en opbrengst en dragen zo bij aan het eindresultaat: een goede wijn. Volgens Van Leeuwen (2010) worden in het algemeen de beste wijnen verkregen indien de druiven rijpen aan het eind van het groeiseizoen onder koeler wordende omstandigheden (cool climate wijnbouw).

4.2.4. Samenvatting

Geologie en bodem zijn twee van de vele factoren die mede op een of andere wijze, direct of indirect van invloed zijn op de groei van de wijnrank, op de kwaliteit van de druiven en daarmee op de uiteindelijke wijn. De vele sectorale studies geven aan dat (zeer) goede wijnen komen uit verschillende klimaten en van verschillende bodems. Het is tot op heden niet mogelijk gebleken om het ideale klimaat of de ideale bodem in klimaatparameters (temperatuur, neerslag, zonneschijn, etc.) of bodemparameters (bodemdiepte, klei- of kalkgehalte, vruchtbaarheid) uit te drukken.

Zoals Van Leeuwen (2010) aangeeft lijkt er de wetenschappelijke wereld consensus te bestaan over het feit dat een licht tot matig vochttekort aan het eind van het groeiseizoen en of een licht tekort aan stikstof van remmende invloed op de groei van de wijnrank is en daarmee de beste wijnkwaliteit oplevert.

Voor het onderzoek naar de positieve eigenschappen van kalksteen en kalkrijke bodems voor de wijnbouw zal gelet op bovenstaande vooral gekeken moeten worden naar die eigenschappen die (in)direct verband houden met de beperkte beschikbaarheid van water en nutriënten.

4.3. Positieve eigenschappen van kalksteen voor de wijnbouw

Kalksteen, in al haar diversiteit, heeft een aantal specifieke eigenschappen die direct of indirect, onder de bepaalde omstandigheden, van positieve invloed zijn op de wijnbouw. Vanwege de grote verschillen in fysische en chemische eigenschappen van kalksteen wordt onderscheid gemaakt tussen:

1. harde kalksteen
2. poreuze kalksteen
3. zachte kalksteen en mergels

Een aantal eigenschappen gelden voor alle soorten kalksteen.

Ad. 1. Harde kalksteen

Op harde kalksteen (met weinig bijmenging van klei) worden in de regel dunne bodems gevormd. Deze dunne bodems kunnen onder de juiste klimatologische omstandigheden (koel tot gematigd klimaat) een goede locatie zijn voor de wijnrank vanwege de snelle opwarming van de bodem en de beperkte beschikbaarheid van water en nutriënten. In hete droge klimaten zijn deze dunne bodems mogelijk weer een groot nadeel vanwege het vochttekort. Een nadeel dat weer ten dele kan worden opgeheven door irrigatie van de wijngaard indien dat wettelijk is toegestaan.

Harde kalksteen is weinig poreus, weinig waterdoorlatend en slecht doorwortelbaar. Deze nadelen worden vaak opgeheven of tenietgedaan doordat door verschillende oorzaken de harde kalksteen doorspekt is met breuken, spleten en scheuren. In de Bourgogne en elders in Noord Europa zijn de spleten en breuken in de kalksteen ontstaan door de afwisseling van bevriezen en smelten van water tijdens de laatste IJstijd (116.000 – 11.500 jaar geleden) in het Pleistoceen. De spleten en breuken zijn veelal weer met los gesteente en bodemmateriaal opgevuld. Via deze spleten en breuken kan het teveel aan water op de bovenliggende bodem snel worden afgevoerd en kunnen

wortels dieper het gesteente binnendringen op zoek naar het water en nutriënten. Harde kalksteenbanken kunnen ook mechanisch opengebrouwen worden indien ze in de wijngaard een belemmering vormen voor de wortels.



Figuur 4.1. Openbreken harde kalklagen wijngaard Les Folatières, Premier cru Puligny-Montrachet, Bourgogne, 24 juni 2012.

Ad. 2. Poreuze kalksteen

De porositeit van kalksteen ligt tussen de 0 en 20 %. Zeer poreuze kalksteen als krijt kan tot 45 % water bevatten dat in droge tijden voor de plant beschikbaar is. Per kubieke meter gesteente kan krijt 300 tot 450 liter water bevatten. Ter vergelijking, de porositeit van de aanrechtbladen en vloertegels van Blauwe Hardsteen (Belgische kalksteen) is zeer gering en bedraagt minder dan 0,20%.

Poreuze kalksteen is in het algemeen goed waterdoorlatend. De waterdoorlatendheid of permeabiliteit is afhankelijk van de hoeveelheid en grootte van de poriën (de porositeit) en of deze poriën met elkaar in verbinding staan. Een teveel aan water in de bovenliggende bodem kan via het waterdoorlatende moedergesteente snel worden afgevoerd. De kalksteen in Coonawarra, Australië is een goed voorbeeld van een poreuze goed waterdoorlatende of drainerende kalksteen.

Via de poriën in de poreuze kalksteen kan door capillaire werking het grondwater “in het gesteente omhoog gezogen worden”. Door deze capillaire werking is er ondieper dan het grondwater al water beschikbaar voor plantenwortels. Deze capillaire werking kan alleen een rol spelen indien de capillaire zone binnen het bereik van de diepste wortels ligt. Een capillaire zone op 20 meter diepte is van weinig nut voor een druif aangezien de wortels zeer zelden tot die diepte reiken.

Deze eigenschappen van de poreuze kalksteen komen alleen tot uiting indien er water is om op te slaan, af te voeren of te leveren via capillaire werking. In droge streken zonder neerslag of grondwater of bij de aanwezigheid van een goed irrigatie- en drainagesysteem hebben de eerdergenoemde positieve eigenschappen van poreuze kalksteen weinig tot geen meerwaarde.

Ad. 3. Zachte kalksteen en mergel

Zachte kalksteen en mergel leveren bij verwerking zowel klei als calcium. Juist de combinatie van klei en de calcium zorgt voor een goede stabiele bodemstructuur die in zeer veel opzichten belangrijk is voor de plant en de wijnbouwer.

Zachte kalksteen verweert snel waardoor er in de bodems nog grote brokken kalksteen aanwezig zijn die een positieve invloed hebben op onder andere de structuur, doorlatendheid en warmtehuishouding van de bodem.

Zachte kalksteen en mergel zijn in de regel goed doordringbaar voor plantenwortels zodat het wortelsysteem voldoende water en nutriënten kan opnemen.

Voor alle kalksteen geldt dat het gesteente een oneindige bron is van calcium (Ca). Ca is een belangrijk element in de bodem en speelt een rol in vele bodemchemische en -fysische processen. Ca is ook een essentiële voedingstof voor de plant.

Vaak wordt de lichte kleur van kalksteen genoemd als een positieve eigenschap in relatie tot de terugkaatsing van licht en de warmtehuishouding. De kleur van het gesteente kan alleen een rol spelen als het gesteente blootgesteld wordt aan zonlicht en dus aan het maaiveld ligt of slechts bedekt is door een dunne bodem met veel kalksteenfragmenten aan het oppervlak. Kalksteen is veelal beige of grijs van kleur maar ook rood, bruin, zwart (Belgisch hardsteen) en witte (krijt) kalksteen komt voor. De kleur van het gesteente is sterk afhankelijk van de bijmengingen (ijzer, klei, organisch materiaal) in de kalksteen. De lichtgekleurde kalksteenfragmenten op de (dunne) bodem weerkaatsen licht en dit gereflecteerde zonlicht kan in koele klimaten juist net dat beetje zonlicht aan de druif geven om goed te rijpen. In hete klimaten met veel zonlicht kan het weerkaatsen van zonlicht juist leiden tot schade aan de druiven. Donker gekleurd gesteente wordt in koele klimaten echter ook gewaardeerd aangezien deze gesteenten meer licht absorberen en opwarmen. De in het gesteente opgeslagen warmte wordt in de nacht deels weer afgegeven aan de atmosfeer en de plant. Voor noordelijk gelegen wijngebieden als de Ahr in Duitsland wordt vaak aangegeven dat de donkere kleur van het gesteente bijdraagt aan de rijping van de druiven in het koele klimaat.

Een ander aspect dat vaak in relatie tot kalksteen en kalkrijke bodems wordt genoemd is de warmtehuishouding. De warmtehuishouding is met name van belang voor de activiteit van de druivenwortels en de overige biologische processen in de bodem. De opwarming van gesteente en bodems door zonlicht is voor een groot deel afhankelijk van het watergehalte in het gesteente en de bodem. Een poreuze kalksteen met veel (poriën)water zal minder snel opwarmen dan een "droge" poreuze kalksteen aangezien het opwarmen van water zeer veel energie kost. Een kalksteen of bodem met veel klei zal minder snel opwarmen dan een kalksteen of bodem zonder klei vanwege het hoge watergehalte van de klei. Eenmaal opgewarmd, zal het gesteente of de bodem de opgeslagen warmte weer uitstralen naar de buitenlucht indien de temperatuur daarvan lager is dan die van het

gesteente. Ook zal warmte geleid worden naar dieper gelegen bodemlagen. De warmtehuishouding van een harde kalksteen is zodoende anders dan van een kleiige kalksteen of een natte of droge poreuze kalksteen.

Samenvattend zijn de specifieke positieve eigenschappen van kalksteen als gesteente in relatie tot de beschikbaarheid van water en nutriënten:

Harde kalksteen:

- Goede drainage van teveel aan water via de spleten, scheuren en breuken in de kalksteen
- Goede (diepe) doorworteling via spleten en scheuren
- Levert dunne bodems die snel opwarmen
- Onuitputtelijke levering van calcium aan de bodem

Poreuze kalksteen (krijt):

- Hoge porositeit waardoor waterbergend en –leverend vermogen groot is
- Goede drainage van teveel aan water door de hoge porositeit
- Door capillaire werking is diep (grond)water toch voor wortels beschikbaar
- Onuitputtelijke levering van calcium aan de bodem

Mergel en kleiige zachte kalksteen:

- Goed doorwortelbaar voor planten
- Levert dikke bodem met zowel klei als calcium
- Onuitputtelijke levering van calcium aan de bodem

4.4. Positieve eigenschappen van kalkrijke bodems voor de wijnbouw

Zoals eerder beschreven geven Van Leeuwen (2010), White (2003, 2009) en Gladstones (2011) aan dat de water- en warmtehuishouding en de (beperkte) beschikbaarheid van nutriënten belangrijke bodemeigenschappen zijn voor de wijnbouw en uiteindelijk de kwaliteit van de wijn. De bodemstructuur, -textuur en -sterkte bepalen in grote mate de waterhuishouding (infiltratie, drainage, opslag), de luchtdoorlatendheid, de doorworteling en de warmtehuishouding van de bodem. Er zijn vele onderlinge verbanden tussen de verschillende bodemfactoren of – eigenschappen.

Bodems op kalksteen of kalkrijke bodems hebben een aantal specifieke eigenschappen die direct of indirect, onder de bepaalde omstandigheden, van positieve invloed zijn op de wijnbouw. Vanwege de grote verschillen in fysische en chemische eigenschappen wordt onderscheid gemaakt tussen bodems op harde kalksteen, bodems op zachte kalksteen en mergels en bodems en overige kalkrijke bodems. Een aantal eigenschappen gelden voor alle soorten kalkrijke bodems.

Kalkrijke bodems hebben vaak een overvloed aan calcium beschikbaar in het bodemprofiel: in opgeloste vorm in het bodemvocht (actieve kalk), als heel fijnkorrelige CaCO_3 , in brokken kalksteen in de bodem en als Ca^{2+} gebonden aan klei/humus complexen. Door bodemvormende processen als uitspoeling van Ca^{2+} zal het bovenste deel van het bodemprofiel minder Ca^{2+} bevatten. Calcium

speelt een rol in de pH of zuurgraad van de bodem, de structuur en stabiliteit van bodems en de omzetting van organische stof.

Kalkrijke bodems hebben lage zuurgraad en een pH van 7 of hoger. Bij deze pH zijn de meeste mineralen (voedingsstoffen) goed oplosbaar in het bodemvocht en zijn daarmee beschikbaar voor en opneembaar door de wortels. In zeer zure (lage pH) of zeer basische (hoge pH) bodems zijn de nutriënten slechter oplosbaar. Bij zeer kalkrijke bodems kan de opname van onder andere ijzer (Fe) door de plant sterk gehinderd worden waardoor de plant een tekort aan ijzer krijgt (chlorose). Volgens Van Leeuwen (2010, p. 289) zijn sommige typen wortelstokken (41B, Fercal, 140 Ruggeri) beter in staat ijzer op te nemen in zeer kalkrijke bodems dan andere wortelstokken.

De aanwezigheid van calcium beperkt de afbraak van organische stof waardoor er minder nutriënten, waaronder stikstof voor de planten vrijkomen (Van Leeuwen, 2010, p. 289). Een matig te kort aan stikstof is van positieve invloed op de kwaliteit van met name rode wijn (Van Leeuwen, 2010, p. 307).

Calcium is in grote hoeveelheden beschikbaar voor de plant. Saxton (2002 a,b) en anderen als Jackson (2008) en (White, 2003, 2009) geven aan dat calcium essentieel is voor de plant. Calcium is belangrijk voor de groei van de cellen en de stevigheid van de celwand. Een stevige celwand vermindert de kans op ziektes. Niet alleen in kalksteen maar ook in ander gesteente als graniet zit in meer of mindere mate calcium dat vrijkomt bij verwerking van het gesteente en beschikbaar is voor de plant. Calcium kan verder eenvoudig door bemesting van de wijngaard toegevoegd worden.

Bodems met veel lichtgekleurde kalksteenfragmenten aan het oppervlak weerkaatsen een groot deel van het zonlicht waardoor de planten extra licht krijgen. Dit kan een voordeel zijn in koelere klimaten maar ook een nadeel zijn in gebieden met veel zonlicht.

Voor bodems op harde kalksteen geldt nog specifiek dat deze bodems in de regel dun zijn en snel opwarmen. Ze zijn verder arm aan vocht en nutriënten. In koelere en gematigde klimaten is dit een voordeel, in een droog en heet klimaat zijn dunne bodems in de regel geen voordeel maar een nadeel voor een plant vanwege de beperkte beschikbaarheid van vocht. Een goed irrigatiesysteem kan dat nadeel opheffen.

Bodems op zachte kalksteen en mergels zijn vaak calciumhoudende klei- of leemgronden. De combinatie van klei en calcium zorgt voor een bodem met een goede korrelige structuur. De kleideeltjes klonteren samen tot stabiele korrels of aggregaten die niet snel uit elkaar vallen. Deze korrelige structuur is van positieve invloed op de waterdoorlatendheid, de luchtdoorlatendheid, de doorwortelbaarheid, de stevigheid, de temperatuur en de erosiegevoeligheid van de bodem. Na regen droogt de bodem snel op, is sneller opgewarmd en de wijngaard is weer snel toegankelijk voor landbouwmachines. De bodems op zachte kalksteen bevatten vaak veel brokken kalksteen die ook weer van positieve invloed zijn op de doorluchting, doorworteling, drainage en opwarming van de bodem. Het zijn landbouw- of wijnbouwtechnisch gezien goede bodems.

Eigenschappen van kalkrijke bodems zijn soms van positieve invloed op de wijnbouw terwijl onder andere omstandigheden die eigenschappen geen positief effect hebben of juist negatief te noemen zijn. De goede drainerende eigenschappen van de bodem zijn van minder belang in een droog klimaat waar de wijngaard geïrrigeerd wordt dan in een gematigd klimaat zonder irrigatie. Gladstones (2011, p. 84) geeft aan dat ondiepe kalkgronden in warme en hete klimaten niet

gewaardeerd worden. De kalksteen aan het oppervlak reflecteert te veel warmte hetgeen niet goed is voor met name rode druiven. Het voordeel van een snelle opwarming van de wortels in ondiepe kalkbodems in gematigde klimaten, is niet aanwezig in hete klimaten. Ook is er bij ondiepe kalkbodems in hete en droge klimaten vaak sprake van een vochttekort in de zomer en tijdens het afrijpen van de druiven. Verder geeft Gladstones (2011, p. 84) aan dat ook hoge ijzerconcentraties in warme klimaten, net als calcium, goed is voor de bodemstructuur. Tenslotte geeft Gladstones (2011, p. 84) nog aan dat de kalksteen buiten Europa van een ander type is dan de kalksteen in Noord Europa. In Noord Europa zijn door dooi-vries cycli tijdens de laatste IJstijd veel scheuren in de kalksteen ontstaan.

Overigens is het goed om te realiseren dat in veel wijngaarden er na jaren tot eeuwen monocultuur, erosie en menselijke ingrepen als diepploegen, openbreken van harde lagen, installeren van irrigatie en drainage, aanleg van terrassen, toevoegen van kalk en bestrijdingsmiddelen er nauwelijks nog sprake is van een natuurlijke bodem of van een ongestoord bodemprofiel.

4.5. Samenvatting

Kalksteen heeft een aantal goede eigenschappen voor de wijnbouw en wijnboer. Poreuze kalksteen als krijt kan veel water bevatten dat in droge tijden voor de plant beschikbaar is. Harde kalksteen is vaak doorspekt met scheuren en spleten die opgevuld zijn met sediment. Langs deze scheuren kan een teveel aan neerslag snel worden afgevoerd en plantenwortels zoeken deze spleten en scheuren op voor water en nutriënten. Bij chemische en fysische verwerking vormt het gesteente calcium een onuitputtelijke bron van calcium voor bodem en plant. Zachte kalksteen en mergel “leveren” daarbij nog klei als verweringsproduct.

Kalkrijke bodems hebben een paar specifieke grote voordelen voor de wijnbouw. De bodem is een haast onuitputtelijke bron van calcium voor de plant. Calcium is van belang voor een goede zuurgraad van de bodem en zorgt daarmee voor een goede beschikbaarheid van andere nutriënten voor de plant. Calcium beperkt de afbraak van organische stof waardoor er minder stikstof in de bodem beschikbaar is voor de plant. Dit komt de kwaliteit van met name rode wijn ten goede. Klei- of leemrijke bodems met een hoge concentratie aan calcium hebben een goede, stevige, kruimelige bodemstructuur. Deze structuur heeft vele landbouwkundige voordelen, de bodem is goed waterdoorlatend, goed luchtdoorlatend, goed doorwortelbaar en droogt en warmt snel op.

Of de goede wijnbouwkundige eigenschappen van de verschillende soorten kalksteen en kalkrijke bodems te relateren zijn aan, of zelfs verantwoordelijk zijn voor, de wijnstijl en –kwaliteit zoals aangegeven in hoofdstuk 3, zal in het navolgend hoofdstuk beschreven worden.

Hoofdstuk 5: Sensorisch onderzoek van wijn van kalk(steen) bodems

5.1. Inleiding

In hoofdstuk 3 is aangegeven dat wijnen afkomstig van kalkrijke wijngaarden, al dan niet op een ondergrond van kalksteen, in de literatuur veelal gekenmerkt worden door alcohol en body, zuren, mineraliteit, elegantie en finesse. De typering wordt zelfs omgedraaid; de kalksteen en de kalkrijke bodems worden gezien als oorzaak voor deze typiciteit.

De beschrijvingen dienen met de nodige voorzichtigheid geïnterpreteerd te worden. De meeste beschrijvingen gaan over wijnen uit Europa en met name over de bekende “cool climate” voorbeelden van Chardonnay uit Bourgogne (Chablis en Côte d’Or) en Sauvignon Blanc uit de Loire. Een enkele beschrijving uit Hawkes Bay (New Zealand), California (USA) en uit Chili bevestigt wel het algemene Europese beeld.

In dit hoofdstuk wordt nader in gegaan op het onderzoek naar de kenmerken van wijn afkomstig van wijngaarden op kalksteen of kalkrijke bodems. Vanwege de oneindig vele variabelen (klimaat, geologie, bodem, vinificatie, mens) en de verschillen in kalkrijk gesteente en kalkrijke bodems lijkt het op voorhand al haast onmogelijk een relatie te leggen tussen het (kalk)gesteente of de (kalkrijke) bodem en de kwaliteit en smaak van de wijn. Naast fysisch-chemisch onderzoek wordt ook wetenschappelijk verantwoord sensorisch onderzoek uitgevoerd waarmee mogelijk de “claim” van kalksteen en kalkrijke bodems met betrekking tot de sensorische eigenschappen nader wetenschappelijk te onderbouwen is.

5.2. Wetenschappelijk onderzoek

5.2.1. Fysisch-chemisch onderzoek

Van de vele wetenschappelijke onderzoeken naar de relatie tussen gesteente en bodems en de fysisch-chemische kwaliteit en stijl van de afkomstige wijnen zijn er maar weinig studies die specifiek over de relatie kalksteen of kalkrijke bodems en wijn gaan. In een studie in Emilia-Romagna (Italië) bleek dat bij bodems met een hoog gehalte aan actieve kalk de druiven een hoger suikergehalte en polyfenolgehalte hadden. De wijnen waren dikker en hadden meer kleur (Scotti in Costantini et al., 2010). Ook Fregoni (in Costantini et al., 2010) vond een relatie tussen het gehalte aan actieve calcium en het gehalte aan polyfenolen in Schiava druiven uit Alto-Adige (Italië). Gatti et al. (2012) vonden een positieve relatie tussen het percentage actieve calcium en het gehalte aan stibenen (dit zijn polyfenolen zoals restveratrol). Het zijn veelal specialistische, sectorale onderzoeken naar de fysisch-chemische samenstelling van wijn afkomstig van een bepaald gebied, druif, gesteente of bodem. De link naar de sensorische eigenschappen van de wijn wordt in deze studies verder niet gelegd.

5.2.2. Sensorisch onderzoek

In wetenschappelijk sensorisch onderzoek worden kleur-, geur- en smaakkenmerken van wijn nauwkeurig door een deskundig proefpanel beschreven. Het organoleptische of sensorische onderzoek kan worden aangevuld met fysisch-chemisch onderzoek van de betreffende wijnen. De

eigenschappen waarop de wijnen beoordeeld worden is afhankelijk van het doel en de vraagstelling van het onderzoek. De beoordeelde organoleptische eigenschappen worden gerelateerd aan kenmerken van de wijn. Deze kenmerken kunnen verband houden met het klimaat, de geologie, de bodem, de wijnbouw, de vinificatie, de oogstdatum, het prijspeil, etc. Door verschillende statistische analysemethoden als variatieanalyse (ANOVA), Principal Component Analyses (PCA) (hoofdcomponentenanalyse) en discriminantanalyse wordt berekend hoe sterk de relatie is tussen een organoleptische eigenschap en een kenmerk van een wijn.

Op deze wijze wordt onderzocht of er een verband is tussen een bepaalde kenmerk van een wijn (uren zon of neerslaghoeveelheid) en een bepaalde organoleptische eigenschap (bijvoorbeeld zuren). Indien uit een statistische analyse blijkt dat de variatie van het zuurgehalte in een wijn grotendeels te verklaren is door het aantal zonuren, neerslag en/of temperatuur, dan lijkt er een relatie te bestaan tussen het zuurgehalte en deze klimaatparameters. Een verklaring *waarom* wijn uit een koud, nat en bewolkt jaar meer zuren heeft dan een wijn uit een warm, zonnig en niet te nat jaar, wordt echter niet door de statistische analyse gegeven.

Verschillende universiteiten en onderzoekscentra voeren wetenschappelijk onderzoek uit naar de relatie tussen gesteente of bodemparameters en sensorische eigenschappen van wijn. In Canada wordt veel sensorisch onderzoek verricht door Andrew Reynolds en collega's (Rezaei & Reynolds, 2010). Er is echter in het onderzoeksgebied nauwelijks sprake van kalksteen aan het oppervlak. Daardoor worden deze onderzoeken verder buiten beschouwing gelaten. Veel sensorisch onderzoek in kalkrijke wijnbouwgebieden is uitgevoerd in Frankrijk en Duitsland:

1. Loire: Morlat (2001), Brousset et al (2010)
2. Elzas: Sittler (2011)
3. Duitsland: Bauer et al (2013) en Fischer (2011)

Ad 1: Loire, Frankrijk

Morlat (2001, pp. 15-17) heeft uitgebreid chemisch en sensorisch onderzoek uitgevoerd op wijn van de Cabernet Franc druif in de Loire. Gedurende negen oogstjaren zijn wijnen van wijngaarden op verschillende bodemsoorten en uit verschillende streken uit de Loire bestudeerd. Op basis van sensorisch onderzoek zijn de wijnen in drie categorieën ingedeeld:

- Wijn met intense kleur, aromatisch, in evenwicht, dik. Deze wijnen komen van verschillende bodemsoorten: zandbodems op zandsteen en conglomeraat, kleibodems en bodems op zandig, glauconiethoudend krijt (tuffeau).
- Wijn met minder intense kleur, minder aroma's en een gebrek aan evenwicht. De wijnen zijn vaak dun en in de smaak wat zuur en gebrand. Deze wijnen zijn afkomstig van verschillende soorten bodems als vuursteenhoudende leembodems, lössbodems en bodems in de zandige afzettingen op de kleiige hellingen.
- Wijnen waarvan de sensorische kenmerken per jaar sterk variëren. Deze wijnen zijn afkomstig van zandrijke kiezelbodems, van grindrijke zandbodems van de lagere rivierterrassen van de Loire, en van kleiige zandbodems.

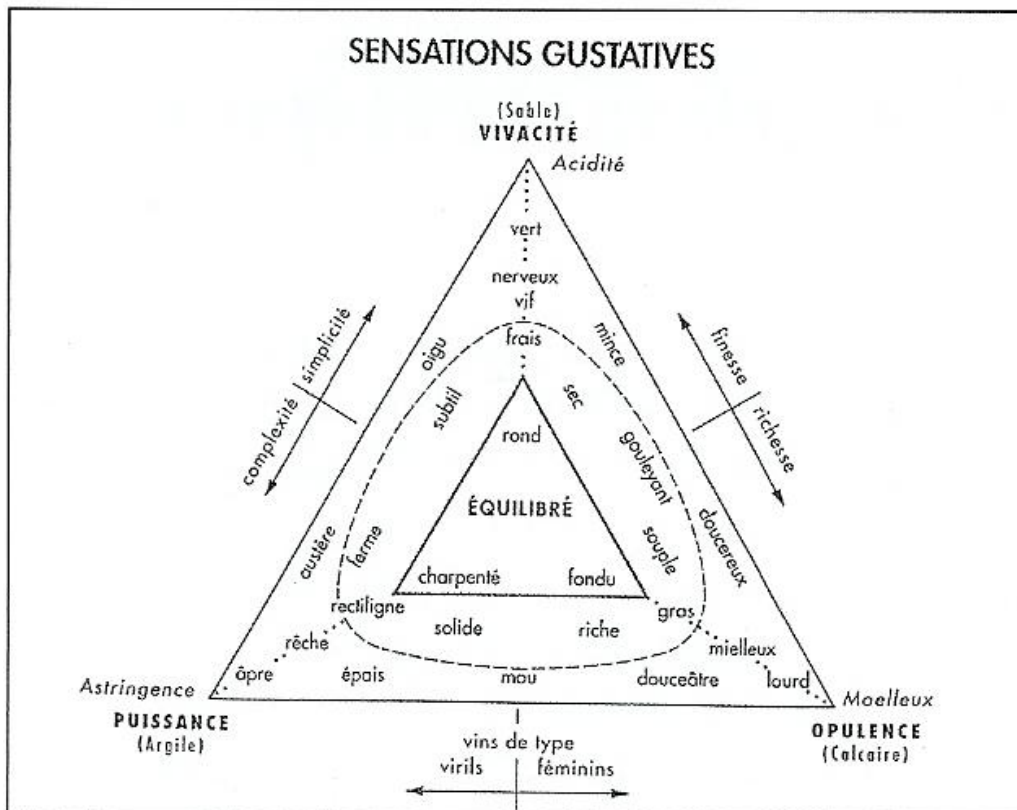
Sensorisch gezien lijken de wijnen afkomstig van het krijt (tuffeau) en de diepere of dikkere zand- en kleibodems het meest op elkaar in vergelijking tot wijn van de leem- en lössbodems en de stenige bodems.

In het onderzoek van Morlat (2001) blijkt verder dat de variatie in sensorische eigenschappen van de wijn tussen de verschillende oogstjaren soms groter is dan de variatie tussen de verschillende bodems binnen een oogstjaar. De verschillen tussen de oogstjaren zijn niet direct door één factor te verklaren aangezien er veel variabelen zijn die met elkaar verband houden. Het onderzoek naar de invloed van één geïsoleerde variabele binnen alle andere klimaat-, geologie-, bodem-, wijnbouw-, vinificatie- en andere menselijke variabelen is volgens Morlat (2001, p. 16) nagenoeg onmogelijk. Volgens hem blijkt er uit de vele onderzoeken naar de relatie tussen karakteristieken van wijn en de chemische eigenschappen van bodem (pH, Ca, nutriënten, etc.) dat er nagenoeg geen relatie is tussen de chemische bodemsamenstelling en de wijn, uitgezonderd mogelijk voor fosfor.

Ook Brousset, Pique, Guerin, Goulet en Perrot (2010) hebben getracht een relatie te leggen tussen bodemkundige eigenschappen en sensorische eigenschappen van wijn. Ze hebben hun onderzoek net als Morlat, uitgevoerd op wijnen gemaakt van Cabernet Franc druiven uit de Anjou en Touraine in de Loire. Met statistische analyses hebben zij de verschillende eigenschappen van de boven- en ondergrond en het gesteente gecorreleerd aan verschillende sensorische eigenschappen. Brousset et al. (2010) maken in hun artikel alleen onderscheid in zandige, kleiige en stenige bodems. De onderzochte bodemeigenschappen zijn textuur (klei, silt, grof zand, stenen), de pH, de doorwortelbare diepte en het percentage actieve kalk. De onderzochte sensorische eigenschappen zijn suikergehalte, zuurgehalte, astringentie en bitterheid en de aromatische beschrijvingen vegetaal, rood fruit, zwart fruit, animaal en houtachtig/gebrand. Uit het onderzoek blijken de klei- en de zandbodems duidelijk sensorisch verschillende wijnen te produceren. Verder blijkt dat de bodemeigenschappen 'percentage klei', 'percentage leem' en 'percentage actieve kalk' allemaal te correleren zijn aan dezelfde sensorische eigenschappen. De bodems met klei, leem en kalk zijn te correleren aan variabelen als warmte, alcohol, astringentie, donker fruit en leveren wijn met veel meer structuur en bewaarpotentieel. De overwegend zandige bodems zijn te relateren aan lichte(re) wijnen. Brousset et al. (2010) benadrukken in hun conclusies dat de kwaliteit van een wijn niet alleen van bodemeigenschappen afhangt.

Ad. 2. Elzas, Frankrijk

In de Elzas is de afgelopen decennia veel onderzoek uitgevoerd en zijn de geologie, bodem, onderstokken en druivenrassen gedetailleerd in kaart gebracht. Sittler (2011, p. 39) beschrijft voorkeuren tussen druivenras en gesteente of grondsoort. Tevens legt hij een relatie tussen het gehalte aan zand, kalk en klei en het type wijn (levendig, weelderig, krachtig) en eigenschappen of kenmerken als zuur, zoet en astringentie zoals in onderstaande driehoek is weergegeven.



Figuur 5.1. Relatie bodem en sensorische eigenschappen van wijnen in de Elzas (Sittler, 2011).

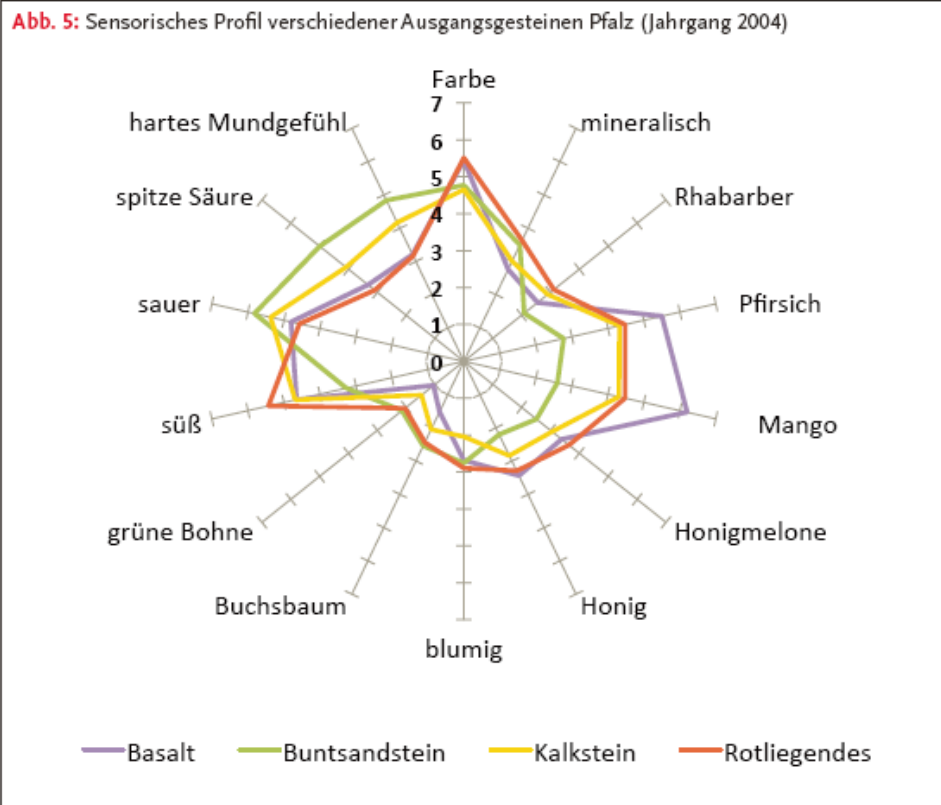
(sable = zand, calcaire = kalk, argile = klei, vivacité = levendig, puissance = kracht, opulence = rijk, weelderig)

Sittler, directeur onderzoek aan de universiteit van Straatsburg, geeft in zijn artikel aan dat de sensorische driehoek getest is door de l'Association des Sommeliers d'Alsace. Informatie over de opzet van het onderzoek is niet opgenomen in het artikel. In de driehoek is aangegeven dat wijnen van kalkbodems veel weelderiger, zoeter en zwaarder zijn dan wijnen van kleibodems (kracht, astringentie) en wijnen van zandige bodems (levendigheid, zuren).

Ad. 3. Duitsland

Aan de universiteit in Neustadt, Duitsland wordt al enige jaren uitgebreid wetenschappelijk sensorisch onderzoek uitgevoerd door professor Fischer, dr. Bauer en anderen. Fischer (2013) en Bauer, Wolz, Schormann en Fischer (2011) hebben systematisch de sensorische en chemische invloed van een aantal gesteenten en bodemtypen onderzocht. Het onderzoek betreft wijnen uit de Ahr, Moezel, Nahe, Pfalz en Rheinhessen uit de oogstjaren 2004, 2005, 2006, 2007. De rieslingdruiven werden bij optimale rijpheid geoogst. Acht maanden na de oogst zijn de wijnen door een deskundig panel geproefd.

Uit het onderzoek bleek dat de wijnen van de verschillende gesteenten duidelijk sensorisch te onderscheiden waren. De sensorische kenmerken verschilden maar weinig per oogstjaar.



Figuur 5.2. Sensorische profielen van wijn van verschillende gesteente in de Pfalz, jaar 2004. (Fischer, 2013).

CHARAKTERISTISCHE AROMANOTEN IM RIESLING FÜR VERSCHIEDENE AUSGANGSGESTEINE		
Ausgangsgestein		Charakteristische Aromanoten
Basalt		Zitrone, Grapefruit, mineralisch, rauchig, runde Säure 
Buntsandstein		mineralisch, Zitrone, Grapefruit, blumig, Buchsbaum, spitze Säure 
Kalkstein		Mango, Maracuja, Pfirsich, Honig, Karamell, runde Säure 
Rotliegendes		Buchsbaum, mineralisch, rauchig, Honigmelone, blumig, runde Säure 
Schiefer		Apfel, Zitrone, Grapefruit, mineralisch, dominante Säure 

Figuur 5.3. Sensorische karakteristieken van de onderzochte riesling (Fischer, 2013).

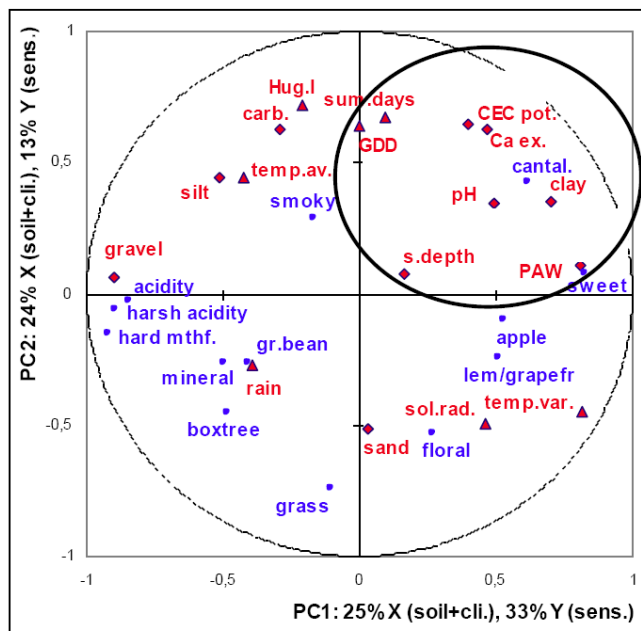
(Pfirsich = perzik, Buchsbaum = buxus, Maracuja = passievrucht)

Bauer et al. (2011) hebben verder nog voor de wijnen uit de Pfalz met de statistische analysetechniek Partial Least Squares Regression (PLS) getracht de bodemkundige en meteorologische parameters te correleren aan de sensorische eigenschappen van de wijnen.

Correlating environmental parameters with the intensity of sensory attributes



PLS-Regression, stand. & customary vinification, vintage: 2004



cantaloupe ($R^2=0,76$)



Growing Degree Days

summer days

content Ca_{ex} .

clay content

plant av. water (PAW)

© Ulrich Fischer, Center of Wine Research DLR Rheinland-Pfalz 2013

Figuur 5.4. Presentatie Dr. U. Fischer voor bijeenkomst Magister Vini. Maarn, 11 maart 2013.

In bovenstaande figuur zijn de bodemeigenschappen weergegeven met rode ruitjes en rode tekst. De meteorologische parameters zijn aangegeven door rode driehoekjes en rode tekst. De sensorische kenmerken zijn aangegeven door paarsblauwe punten en tekst.

Links van de centrale as staan de zure (scherpe zuren, mineralig) en de vegetale (groen gras, buxus (box tree), groene bonen) sensorische kenmerken. Rechts in de figuur staan de fruitige en florale sensorische kenmerken. Om de figuur overzichtelijk te houden zijn niet alle fruitige en florale kenmerken opgenomen. Naast cantal. (cantaloupe =meloen), rechts boven in de figuur, zijn ook kenmerken als honing, karamel, rabarber, mango meegenomen in het sensorische onderzoek.

De figuur geeft aan dat er een correlatie is tussen de bodem- en meteorologische kenmerken en de sensorische kenmerken indien deze kenmerken in de figuur (dicht) bij elkaar staan. Zo is links in de figuur te zien dat de zure en vegetale kenmerken te correleren zijn aan het zand- en grindgehalte en de neerslag tijdens de laatste fase van het rijpen van de druiven.

De zoet-fruitige cantaloupe (meloen) smaak is in hoge mate te relateren aan meerdere bodemeigenschappen (de hoeveelheid water dat voor de plant beschikbaar is (PAW), het kleigehalte, de hoeveelheid uitwisselbaar calcium) en enkele meteorologische parameters. Dat houdt in dat al deze bodem- en meteorologische parameters een correlatie vertonen met hetzelfde sensorische

kenmerk. Er is dan geen duidelijk onderscheid te maken tussen deze verschillende bodem- en meteorologische parameters in relatie tot de sensorische eigenschap.

De studies van Fischer (2013) en Bauer et al. (2011) laten duidelijk de verschillen in sensorische eigenschappen van wijnen van verschillend gesteente zien. Door middel van sensorische analyse zijn de wijnen te groeperen naar gesteentesoort. Ook zijn in deze studies enkele relaties aangetoond tussen bepaalde (groepen van) bodemkundige en meteorologische parameters en de sensorische kenmerken.

5.3. Samenvatting

De beperkte hoeveelheid sensorische onderzoeken zijn allemaal verschillend van opzet en niet specifiek gericht op het leggen van (cor)relaties tussen kalksteen, kalkrijke bodems en sensorische kenmerken van de wijn afkomstig van deze wijngaarden. Uit de verschillende studies blijkt geen eenduidig sensorisch beeld van wijnen afkomstig van kalksteen of kalkrijke bodems. Dat is ook niet verwonderlijk gelet op de grote diversiteit aan kalksteen, kalkrijke bodems en hun fysische eigenschappen.

In het onderzoek van Morlat (2001) bleek de rode wijn afkomstig van de tuffeau (krijt) net als de wijnen van diepere zand en –kleibodems, intens van kleur, aromatisch, dik en in evenwicht te zijn en te verschillen van de dunnere en zuurdere wijnen van de löss- en leembodems in de Loire.

Brousset et al. (2010) tonen aan dat de zandbodems lichtere rode wijnen leveren. De rode wijnen afkomstig van de kleibodems hebben structuur en bewaarpotentieel en worden getypeerd door warmte, alcohol, donker fruit en astringentie. De kleibodems hebben echter ook het meeste actieve kalk en leem waardoor in dit onderzoek geen onderscheid te maken is tussen het klei-, kalk- of leemgehalte en de specifieke sensorische eigenschappen van de Cabernet Franc in de Loire.

Sitler (2011) geeft in zijn driehoek heel duidelijk aan dat in zijn onderzoek in de Elzas de wijn afkomstig van kleibodems kracht hebben en astringent zijn, de wijnen van zandbodems levendig zijn en veel zuren hebben en de wijnen afkomstig van kalkbodems getypeerd kunnen worden als zwaar, zoet en weelderig.

Het uitgebreide onderzoek van Fischer (2013) en Bauer et al. (2011) laat tenslotte zien dat de onderzochte rieslingwijnen afkomstig van wijngaarden op kalksteen meer limoen, grapefruit, mango en abrikoos aroma's hebben in vergelijking tot wijnen afkomstig van ander gesteente. Bij nader onderzoek naar de relatie tussen de sensorische eigenschappen van de wijnen en de verschillende bodemparameters blijkt dat bodemparameters als kleigehalte en uitwisselbaar calcium, pH, hoeveelheid voor de plant beschikbare water dicht bij elkaar gegroepeerd zijn. Dat houdt in dat al deze parameters een min of meer gelijke correlatie vertonen met dezelfde sensorische kenmerken. Anders gezegd: de bodemparameter "uitwisselbaar calcium" is niet onderscheidend van de parameter kleigehalte in relatie tot de sensorische kenmerken. Ook Brousset et al. (2010) komt tot dezelfde conclusie.

De tot op heden uitgevoerde sensorische onderzoeken zijn kleine stapjes in het ontrafelen van de complexe relatie tussen kalksteen en kalkrijke bodems en de sensorische kenmerken van de daarvan

afkomstige wijn. Een overduidelijke sensorisch profiel van wijn van wijngaarden op kalksteen, krijt, mergel of van kalkrijke bodems blijkt nog niet uit de beschikbare onderzoeksgegevens. De typering in de literatuur (alcohol, body, hoge zuren, mineraliteit, elegantie en finesse), oftewel de “claim” van kalksteen, kan op basis van de huidige sensorische onderzoeken (nog) niet bevestigd of verworpen worden.

Hoofdstuk 6: Samenvatting en conclusie

6.1. Samenvatting

In wijnliteratuur en brochures wordt veelal een relatie gelegd tussen kalksteen of kalkrijke bodems en de hoge zuren, mineraliteit, het hogere alcoholgehalte, finesse, elegantie van de witte wijnen die ervan afkomstig zijn. De rode wijnen worden gekenmerkt door kracht, een goede structuur, finesse, elegantie en frisheid. De meeste beschrijvingen gaan echter over wijn uit de “cool climate” wijnbouwgebieden Loire en Bourgogne in Frankrijk.

Uit de (theoretische) beschrijving van kalksteen en kalkrijke bodems in hoofdstuk 2 blijkt er een grote verscheidenheid aan kalksteen en kalkrijke bodems te zijn. Kalksteen als gesteente kan zeer hard zijn, poreus zijn of veel klei bevatten. Bodems gevormd op harde kalkstenen zijn dun en hebben andere kenmerken dan dikkere bodems die gevormd zijn op kleirijke kalksteen of mergel.

Uit wetenschappelijk onderzoek blijkt dat de vochtinhouding, de juiste beschikbaarheid van nutriënten en de warmteinhouding de belangrijkste (bodemkundige) factoren zijn in relatie tot de stijl en kwaliteit van wijn. Het zijn dan ook deze factoren of eigenschappen van kalksteen en kalkrijke bodems die nader bestudeerd zijn in relatie tot de stijl en kwaliteit van de wijn.

Het vochtbergend en -leverend vermogen van poreuze kalksteen en de goede snelle afvoer van water via spleten in harde kalksteen zijn duidelijk positieve eigenschappen. Daarnaast is de kalksteen een onuitputtelijke bron van calcium en levert de verwerking van kleirijke kalksteen en mergels een bodem van kalkrijke klei met een goede stevige bodemstructuur.

De bodems op harde kalksteen zijn in de regel dun en arm, de bodems op kleirijke kalksteen en mergel zijn dikker en hebben een hele goede bodemstructuur. Deze goede bodemstructuur is van belang voor een goede water- en warmteinhouding. Verder hebben deze bodems een stabiele neutrale tot basische (alkaline) zuurgraad waarbij de meeste voedingsstoffen in voldoende mate beschikbaar zijn voor de plant.

Of deze eigenschappen ook daadwerkelijk een positieve bijdrage aan de kwaliteit van de wijn hebben, hangt van vele andere factoren af. In een heet en droog klimaat kan een dikkere bodem vaak meer vocht leveren dan een dunne bodem. Een dunnere bodem is in een koeler, natter klimaat weer favoriet omdat deze sneller opwarmt. In een koel klimaat kan een donkergekleurd gesteente of bodemoppervlak net het verschil uitmaken of druiven rijp worden of niet, terwijl dit niet aan de orde is in een heet klimaat. Door vergaande menselijke bewerkingen en ingrepen in de wijngaard (diepploegen, terras aanleg, drainage, irrigatie) worden bepaalde positieve of negatieve eigenschappen meer of minder belangrijk. De beschreven positieve eigenschappen van kalksteen en kalkrijke bodems zijn met name van groot belang in wijngaarden met natte winters en warme droge zomers en waar geen irrigatie mag worden toegepast (Europa) en of in cool climate gebieden waar de druiven maar net (niet) rijp zijn aan het eind van het groeiseizoen.

In nagenoeg elk wetenschappelijk onderzoek wordt aangegeven dat vele factoren van invloed zijn op de kwaliteit en stijl van de uiteindelijke wijn en dat deze factoren ook nog een keer onderling verbonden zijn of samenhangen. Daarmee is het haast onmogelijk om het effect van één factor, parameter of eigenschap op de stijl en kwaliteit van de wijn te onderzoeken. Er zijn maar weinig sectorale studies waar eigenschappen van kalksteen en kalkrijke bodems worden gerelateerd aan de

(chemische) samenstelling van wijn. Ook zijn maar weinig sensorische studies waarin de eigenschappen van kalksteen of kalkrijke bodems worden gecorreleerd aan de sensorische eigenschappen van wijn. Sensorische onderzoeken specifiek gericht op de diverse soorten kalksteen en kalkrijke bodems zijn niet gevonden. Het sensorisch onderzoek van Bauer et al. (2011) en Fischer (2013) in Duitsland en Brousset et al. (2010) laat duidelijk zien dat een parameter als calcium niet los gekoppeld kan worden van andere parameters als kleigehalte, etc. De sensorische onderzoeken hebben tot nu toe nog geen overduidelijke relatie kunnen leggen tussen (de verschillende soorten) kalksteen en kalkrijke bodems en bepaalde stijleigenschappen, smaken of aroma's van wijn. Daarvoor dient veel meer sensorisch onderzoek gericht op deze gesteenten en bodems plaats vinden. In het onderzoek zal dan wel onderscheid gemaakt moeten worden tussen de verschillende kalkgesteenten en kalkrijke bodems.

De verschillende goede eigenschappen van kalksteen en kalkrijke bodems met betrekking tot vocht- en warmtehuishouding en de juiste beschikbaarheid van nutriënten verklaren (nog) niet de beschreven wijnstijl en kenmerken (zuren, mineraliteit, finesse, kracht, alcohol). Ook de beperkte hoeveelheid sensorische onderzoeken geven (nog) geen overduidelijke relatie tussen de verschillende factoren en de stijl en kwaliteit van de wijn. Zelfs de meest gehoorde typering dat wijn afkomstig van kalksteen meer zuren heeft of dat de zuren in de wijn te verklaren zijn door de kalkrijke bodem is niet eenvoudig te onderbouwen. Een dunne bodem op een harde kalksteen is geheel anders van opbouw dan een dikke kalk- en kleirijke bodem op mergel. Mogelijk is het klimaat toch een dominantere factor dan kalksteen of kalkrijke bodems. Het klimaat in de Loire of Champagne met al zijn kalkrijke bodems is wezenlijk anders dan het klimaat in Australië of Texas. Wijnen afkomstig van diepe, natte kalkrijke kleibodems in de Loire zullen normaliter meer zuren bevatten dan een wijn uit het veel warmere Spanje of Languedoc, tenzij de druiven in de warmere streken vroegtijdig geoogst zijn of de wijnen aangezuurd zijn.

6.2. Conclusie

De stelling "kalk(steen) is belangrijk voor de wijnboer" is correct, vooral voor de wijnboer c.q. de wijnbouw in Europa. Onder de juiste omstandigheden hebben sommige kalksteenafzettingen en kalkrijke bodems goede landbouwkundige eigenschappen. Vooral in gebieden waar irrigatie niet is toegestaan is het vochtregulerend vermogen van het gesteente (porositeit, spleten) en de goede structuur, vocht- en warmtehuishouding van kalkrijke (klei)bodems van groot belang voor een goede wijnbouw en bedrijfsvoering. Ook is "kalk"steen met vaak herkenbare fossielen vanuit een marketingtechnisch oogpunt nog steeds een goed USP (Unique Selling Point).

Zijn kalksteen en kalkrijke bodems belangrijk voor de wijn drinker? Ja. Een groot deel van het eeuwenoude wijngaardareaal in Europa ligt in op kalksteen of kalkrijke bodems. In het Europese klimaat met overwegend natte winters en droge zomers zijn kalksteen en kalkrijke bodems van belang voor een goede en gezonde oogst en daarmee is het van (indirect) belang voor de wijn drinker. Verder staan de vele beweringen over de kwaliteit en specifieke stijl van deze wijnen diep in het collectieve geheugen gegrift en leven in de ervaring (en romantiek) van de wijn drinker.

Nog onduidelijk is echter of wijn van wijngaarden op kalksteen of kalkrijke bodems echt sensorisch onderscheidend zijn. Het sensorisch onderzoek van Bauer (2011) en Fischer (2013) in Duitsland geeft

aan van wel, ander sensorisch onderzoek is veel minder duidelijk. Er zal nog veel meer sensorisch onderzoek moeten worden uitgevoerd om, wetenschappelijk onderbouwd conclusies te kunnen trekken. Bij dit onderzoek dient niet alleen rekening gehouden te worden met de grote diversiteit aan kalksteen (hard, zacht, poreus, kleirijk, zandig, etc.) en kalkrijke bodems (dun, dik, ontkalkt, stenig, kleilig, etc.) maar ook de vele andere factoren. Factoren als klimaat, wijngaardbeheer, druivensoorten, vinificatie zijn mogelijk van grotere invloed op de kwaliteit en stijl van de wijn dan de kalksteen en/of kalkrijke bodems.

Literatuurlijst en bronvermelding

Boeken:

- Arnulfo, C.** (2012). *Langhe e Roero. From the soil to the glass*. Boves, Italië, Araba Fenice.
- Baize, D., & M.C. Girard.** (2008). *Référentiel pédologique*. Versailles, Frankrijk, Ed. Quæ.
- Bousquet, J.C.** (2011). *Terroirs viticoles, Paysages et géologie en Languedoc*. Prades-le-Lez, Frankrijk, Éditions Écologistes de l'Euzière.
- Buffin, J-C.** (2002). *ÉducVin. Developing Your Skills as a Wine Taster*. Chaintré, Frankrijk, Oenoplurimédia Sarl.
- Chiffault, A., & P. Vaucoulon.** (2004). *La Bourgogne*. Parijs, Frankrijk. Delachaux et Niestlé.
- Cita, M.B., S. Chiesa, R. Colacicchi, G. M. Crisi, P. Massiotta, M. Parotto.** (2004). *Italian Wines and Geology. Paesaggi Geologici*. Milaan, Italië, BE-MA editrice.
- Clarke, O., & M. Rand.** (2008). *Grapes & wines*. Londen, Verenigd Koninkrijk, Pavilion.
- Clarke, O.** (2011). *Wine Atlas. Wines and wine regions of the world*. Londen, Verenigd Koninkrijk, Pavillon.
- Crum, G.** (2008). *Champagne Compleet*. Wormer, Nederland, Inmerc.
- Dougherty, P.H.** (Ed). (2012). *The Geography of Wine. Regions, Terroir and Techniques*. Dordrecht, Nederland, Springer.
- Embleton, C. and J. Thornes.** (1979). *Processes in Geomorphology*. London, Verenigd Koninkrijk, Edward Arnold.
- France, B.** (2002). *Grand Atlas des Vignobles de France*. Parijs, Frankrijk, Solar.
- Jackson, R.J.** (2008). *Wine Science*. Oxford, Verenigd Koninkrijk, Academic Press, Elsevier.
- Jamagne, M.** (2011). *Grand paysages pédologiques de France*. Versailles, Frankrijk, Éditions Quæ.
- Johnson, H., & J. Robinson.** (2013). *The world atlas of wine*. Londen, Verenigd Koninkrijk, Mitchell Beazley.
- Goode, J.** (2005). *The science of Wine. From vine to glass*. Berkeley, Ca, USA, University of California Press. (In 2014 is een nieuwe editie verschenen).
- Gladstones, J.S.** (1992). *Viticulture and Environment*. Adelaide, Australië, Winetitles.
- Gladstones, J.S.** (2011). *Wine, Terroir and Climate Change*. Kent Town, Australië, Wakefield Press.
- Fanet, J.** (2004). *Great Wine Terroirs*. Berkeley, Ca, USA, University of California Press.
- Iland, P. & P. Gago.** (1997). *Australian Wine, from the vine to the glass*. Adelaide, Australië, Patrick Iland Wine Promotions Pty. Ltd.
- Iland, P., P. Dry, T. Profitt & S. Tyerman.** (2011). *The Grapevine, from the science to the practice of growing vines for wine*. Adelaide, Australië, Patrick Iland Wine Promotions Pty. Ltd.
- Klosse, P.R.** (2008). *Aan de slag met wijn*. Zoetermeer, Nederland, SHV.
- Lexivin Francais-Anglais, LexiWine.** (2005). Pernand-Vergelesses, Frankrijk, Les Publications de C. et P. Cadiau.
- Locher, W.P., & H. de Bakker.** (Ed.) (1992). *Bodemkunde van Nederland, Deel 1: Algemene Bodemkunde*. Den Bosch, Nederland, Malmberg.
- Morlat, R.** (2001). *Terroirs viticoles: Étude et valorisation*. Chantré, Frankrijk, Collection Œnologie, Édité par Oenoplurimédia Sarl.
- Neiryck, B.** (2009). *The Grapes of Wine. The fine art of growing grapes and making wine*. Garden City Park, NY, USA, Square One Publishers.

- Pannekoek, A.J., & L.M.J.U. van Straaten** (Ed.). (1982). *Algemene Geologie*. Groningen, Nederland, Wolters-Nijhoff.
- Pomerol, C.** (1989). *The Wines and Winelands of France. Geological journeys*. Orléans, Frankrijk, BRGM.
- Reynolds, A.G.** (Ed.) (2010). *Managing Wine Quality. Vol. 1: Viticulture and Wine Quality*. Cambridge, Verenigd Koninkrijk, Woodhead Publishing Limited.
- Rigaux, J.** (2006). *Terroir & The Winegrower*. Clémencey, Frankrijk, Terre en vues.
- Robinson, J.** (2010). *Wijnencyclopedie*. Houten, Nederland, Spectrum-Lannoo.
- Robinson, J., & L. Murphy.** (2013). *American Wine. The ultimate companion to the wines and wine producers of the USA*. Londen, Verenigd Koninkrijk, Mitchell Beazley.
- Russel, E.J.** (1958). *Soil Conditions and plant growth*. Londen, Verenigd Koninkrijk, Longmans.
- Schieferdecker, A.A.G.** (1959). *Geological Nomenclature*. Royal Geological & Mining Society of the Netherlands, Gorinchem, Nederland, J. Noorduijn.
- Soltner, D.** (2007). *Les Bases de la production végétale. Tome II Le Climat*. Bressuire, Frankrijk, Collection Sciences et Techniques Agricoles.
- Somers, B.J.** (2008). *The Geography of Wine*. Londen, Verenigd Koninkrijk, Plume.
- Stevenson, T.** (2011). *The Sotheby's Wine Encyclopedia*. Londen, Verenigd Koninkrijk, Dorling Kindersley, 2011.
- Tucker, M.E.** (2011). *Sedimentary rocks in the field*. Oxford, Verenigd Koninkrijk, Wiley-Blackwell.
- Verhofstad, J. & L. van den Koppel.** (2006). *De Geologische stad, steeds natuursteen*. Lelystad, Nederland, Nederlandse Geologische vereniging.
- Vaudour, E.** (2003). *Les terroirs viticoles. Définitions, caractérisation et protection*. Parijs, Frankrijk, Dunod.
- Walker, R. G.** (1981). *Facies Models*. Hamilton, Canada, Geoscience.
- Watson, J.** (2002). *The New & Classical Wines of Spain*. Barcelona, Spanje, Montagud Editores.
- Weinwörterbuch, wine dictionary.** (2010). Stansstad, Zwitserland, List Medien AG.
- White, R.E.** (1987). *Introduction to the Principles and Practice of Soil Science*. Oxford, Verenigd Koninkrijk, Blackwell Scientific Publications.
- White, R.E.** (2003). *Soils for Fine Wines*. New York, NY, USA, Oxford University Press.
- White, R.E.** (2009). *Understanding Vineyard Soils*. New York, NY, USA, Oxford University Press.
- Wilson, J.E.** (1998). *Terroir. The Role of Geology, Climate, and Culture in the Making of French Wines*. Londen, Verenigd Koninkrijk, Mitchell Beazley.

Artikelen en overige publicaties:

- Bargmann, C.J.** (2005). *Geology and Wine in South Africa*. Geoscientist, vol. 14, no. 4, pp. 4 – 8.
- Bourguignon, C. & L. Bourguignon.** (2009). *Soil Searching*. Tong nr 2, pp. 12 -19.
- Bauer, A., S. Wolz, A. Schormann & U. Fischer.** (2011). *Authentication of different terroirs of German Riesling applying sensory and flavor analyses*. Processes in Authentication of food and wine. Ch. 9, pp. 131-149. ACS Symposium Series, Vol. 181.
- BRGM.** (1980). *Carte Géologique de la France et de la marge continentale a l'échelle de 1/1.500.00*.
- Brousset, J.M., Picque, D, Guerin, L., Goulet, E. & Perrot, N.** (2010). *Potentiel des sols viticoles et qualité des vins*. VIII International Terroir Congres, pp. 4-96-4-101.

- Burns, S.** (2012). *The importance of Soil and Geology in Tasting Terroir with a Case History from the Willamette Valley, Oregon*. P.H. Dougherty (Ed.), *The Geography of Wine*. Springer, 2012.
- Carey, V.A., E. Archer & D. Saayman.** (2002). *Natural Terroir units: What are they? How can they help the wine farmer?* Wineland, February, pp. 86-88.
- Costantini, E.A.C., P. Bucelli & S. Priori.** (2010). The Geological and Geomorphological events that determine the soil functional characters of a terroir. VIII International Terroir Congress, pp. 4-8 – 4-25.
- Croser, B.** (2010). Prospects for Australian Smaller “Fine Wine” Producers. Australian Agricultural Resource Economics Society AARES, 13 p.
- Deloire, A., E. Vaudour, V.A. Carey; V. Bonnardot & C. van Leeuwen.** (2005). *Grapevine responses to terroir, a global approach*. Journal International des Science de la Vigne et du Vin, 39, nr. 4, pp. 149-162.
- Deloire, A., P. Prévost & M. Kelly.** (2008). *Unravelling the terroir mystique – an agro-socio-economic perspective*. CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources, vol. 3, No. 032.
- FAO.** (2006). *IUSS Working Group WRB. World reference base for soil resources 2006*. World Soil Resources Reports No. 103. FAO, Rome. (<ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/wsrr103e.pdf>).
- Fischer, U., A. Bauer, S. Sommer, S. Ganss, H.G. Schmarr, S. Wolz & A. Schormann.** (2009). *Impact of yeast and Terroir diversity on the sensory properties of German Riesling*. Proceedings of the Sensory Development of Cool-Climate Varietals during wine fermentation, pp. 13-26, 2009.
- Fischer, U.** (2011). German Riesling. Making sense of riesling and terroir. Tong, nr. 9, pp. 29-36.
- Fischer, U.** (2013). *Terroir. Den boden schmeckbar machen*. Meiningers Weinwelt, p.p. 23-27, nr. 2.
- Haynes, S.J.** (1999). *Geology and Wine 1. Concept of Terroir and the Role of Geology*. Geoscience Canada, nr 26, pp. 190-194.
- Gatti, M, S. Civardi, M. Zamboni, L. Bavaresco, F. Ferrari, S. Raimondi, M. Simoni, D. Elothmani & F. Jouron.** (2010). *Influenza di alcuni aspetti ambientali sul contenuto di stilbeni nel vino nell’area della doc “Sangiovese di Romagna” (Italia)*. In VIII International Terroir Congress, pp. 4-102 – 4-107.
- Hancock, J.M. & M. Price.** (1990). *Real chalk balances the water supply*. Journal of Wine Research, 1:1, pp. 45-60.
- Hartmann, J. & N. Moosdorf.** (2012). *The new global lithological map database GLiM: A representation of rock properties at the Earth surface*. American Geophysical Union, G3 Technical Brief, vol. 13, nr. 12.
- Imre, S.P. & J.L. Mauk.** (2009). *Geology and Wine 12, New Zealand terroir*. Geoscience Canada, vol. 36, issue 4, 4 p.
- Lanyon, D.M., A. Cass & D. Hansen.** (2004). *The effect of soil properties on vine performance*. CSIRO Land and Water Technical report No. 34/04.
- Longbottom, M., D. Maschnedt & M. Pichler.** (2011). *Unearthing Viticulture in the Limestone Coast*. Limestone Coast Grape and Wine Industry Council.
- Maltman, A.** (2008). *The role of vineyard geology in wine typicity*. Journal of Wine Research, vol. 19 (1), pp. 1-17.
- Maltman, A.** (2013). *Minerality in Wine: a geological perspective*. Journal of Wine Research, vol. 24, pp. 169-181.
- Rezaei, J.H. & A.G. Reynolds.** (2010). *Characterization of Niagara Peninsula Cabernet Franc Wines by Sensory Analysis*. Am. J. Enol. Vitic. 61:1-14.

- Reijers, dr. T.** (2012). *Kalkstenen worden geboren; ze dienen de mens*. Syllabus cursus. Nederlandse Geologen Vereniging, Geo-Training & Traven.
- Saxton, V.P.** (2002a). *Calcium in Viticulture. Part I*. Unraveling the mystique of French Terroir. Australia and New Zealand Wine Industry Journal, 7 pg.
- Saxton, V.P.** (2002b). *Calcium and the Vine - Part 2*. Australian Wine Industry Journal 17: pp. 59-62.
- Scotti, C.** (2006). *Emilia-Romagna: dalla conoscenza del suolo alla qualità del vino*. Il suolo, pp. 1-3.
- Sittler, C.** (2011). *Le vignoble alsacien: des terroirs complexes et divers*. Géologues, nr. 168, pp. 39-43.
- Van Leeuwen, C.** (2010). *Terroir: the effect of the physical environment on vine growth, grape ripening and wine sensory attributes*. In Reynolds, A.G. (Ed.) *Managing Wine Quality*. Vol. 1: Viticulture and Wine Quality. Woodhead Publishing Limited.
- Van Leeuwen, C., J.P. Roby, D. Pernet & B. Bois.** (2010). *Methodology of soil-based zoning for viticultural terroirs*. Bulletin de l'OIV (Vol. 83, n°947-948-949) pp. 14-29.
- Vaudour, E. & A.B. Shaw.** (2005). *A Worldwide Perspective on Viticultural Zoning*. S. Afr. J. Enol., Vol. 26, NO. 2.
- Verheye, W. & D. de la Rosa.** (2005). *Mediterranean Soils, in Land Use and Cover*. Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS), UNESCO. 26 pp.
- Wooldridge, J.** (2003). *Geology and terroir in the Western Cape winelands*. Wynboer, 5 pg.
- White, M.A. P. Whalen & G.V. Jones.** (2009). *Land and Wine*. Nature geosciences, vol. 2.
- Wosa.** (2010). *Aspect South Africa. How our unique biodiversity is reflected in the character of wines from South Africa*. Wines of South Africa (WOSA).
- Wijnacademie.** (2008). *Lesboek Vinoloog van de Wijnacademie*.

Internet:

- Goode, J.** The mystery of soils and wine, part 1 – 6. www.wineanorak.com
- Robinson, J.** Oxford Companion to Wine. www.jancisrobinson.com
- Rigaux, J.** Small tasting lesson. www.anne-gros.com
- Shelly, Richard.** Soil + Earth = Terroir? <http://www.thirtyfifty.co.uk/spotlight-sun-earth-wine.asp>

Overige lezingen en congressen:

- Benevit Symposium**, Hasselt (B), 8 september 2011. Masterclass Dr. R. Smart & prof. J. Rigaux.
- Geology meets Wine**, VVN bijeenkomst 12 maart 2012 met dr. A. Lankreijer en L. Daniels MV.
- Congres des terroirs vitivinicoles, IXth International terroir congress**. 25 – 29 juni 2012, Dijon, Reims, proceedings vol. 1 & 2, 2012.
- Kalksteen/carbonaatcursus**, maart 2012. Dr. Tom Reijers. Syllabus Kalkstenen worden geboren; ze dienen de mens. Nederlandse Geologen Vereniging., GT&T 2012.
- Magister Vini bijeenkomst**: presentatie “The Sensory Footprint Of Riesling Terroir in Germany”, prof. Dr. U. Fischer, 11 maart 2013.
- GiESCO**. 18th International Symposium of the Group of *International* Experts of Vitivincultural Systems for CoOperation (GiESCO 2013), 7 – 11 juli 2013, Porto, Portugal. Proceedings Vol. 28, tomo 1 & II. juli 2013.

Bijlage I: Naamgeving van kalksteen

Er zijn meerdere (wetenschappelijke) classificatiesystemen in gebruik om de vele verschillende soorten kalksteen logisch te classificeren en te ordenen. In geologische kaarten en de geologische beschrijvingen van gebieden worden de kalksteenafzettingen echter meestal beschreven aan de hand van:

1. het type gesteente (kalksteen, krijt, dolomiet, mergel)
2. de aanwezige (herkenbare) fossielen
3. de ouderdom
4. locatie of vindplaats

Ad. 1. Type gesteente

Kalksteen is een verzamelnaam van veel verschillende soorten kalksteenafzettingen, ieder met een (net) andere ontstaanswijze, hardheid, porositeit, waterdoorlatendheid, etc. De meest voorkomende benamingen zijn kalksteen, krijt, mergel en dolomiet.

Nederlands	Engels	Frans	Duits	Opmerking
Kalksteen	Lime(stone)	Calcaire	Kalkstein	Opgebouwd uit mineraal calciëet, CaCO_3
Krijt	Chalk	Craie	Kreide	Krijt is ook een geologische tijdsaanduiding.
Mergel	Marl(stone)	Marne	Mergel	Kalksteen met hoge concentratie klei
Dolomiet	Dolomite	Dolomie	Dolomit	Gesteente van dolomiet wordt dolosteen genoemd. Chemische samenstelling: $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$

Tabel I.1. Internationale benamingen kalksteen.

Enige verwarring kan ontstaan door de termen lime, limon, loam en leem. De Engels term lime duidt op kalk(steen). De Franse term limon, de Engelse term loam en de Nederlandse term leem geven de korrelgrootte van bodemmateriaal aan.

Krijt of krijtgesteente, bekend uit de Champagne en van de krijtrotten van Dover, Engeland, is een zachte poreuze witte mariene kalksteen. Krijt staat met name bekend om zijn hoge porositeit. Tot wel 45% van krijtgesteente bestaat uit holle poriën of ruimtes die lucht en of water gevuld zijn.

Mergel is een mengsel van kalksteen en kleisteen en is in de regel zachter dan kalksteen. Mergel bevat 35 tot 65 % kalk. Een kleiige mergel bevat maar 5 tot 35 % kalk terwijl een kalkige mergel 65 tot 95 % kalk bevat. Deze kalkige mergel wordt ook mergelige kalksteen of kleiige kalksteen genoemd. De eigenschappen als hardheid, porositeit, waterdoorlatendheid, kleur, etc. van kalksteen zijn sterk afhankelijk van de mate van bijmenging met zand of klei. Kalk kan ook vermengd zijn met schalie. Schalie is een mengvorm van klei en silt. De korrelgrootte van silt ligt tussen klei en zeer fijn zand in.



Figuur I.1. Driehoek kalksteen-zandsteen- schalie (Pannekoek, 1982).

De termen kalkige zandsteen en kalkzandsteen worden vaak verwisseld. In een kalkige zandsteen zijn zand en kalkkorrels vermengd. Een kalkzandsteen is een pure zandsteen waarin de zandkorrels door opgeloste calciet (CaCO_3) samen gekit zijn en de zandsteen verhard is. De kalkzandsteen blokken die veel in de woningbouw gebruikt worden zijn vaak niet van natuurlijke oorsprong maar zijn industrieel gemaakt door het onder hoge (stoom)druk persen van een mengsel van zand en kalk.

Dolomiet is, zoals eerder aangegeven, een kalksteen waarin na vorming een deel van de Ca (calcium) vervangen is door Mg (magnesium). Het gesteente heeft dolosteen maar meestal wordt het gesteente aangeduid met de naam van het mineraal dolomiet ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$).

Enkele andere bekende kalksteenafzettingen zijn **travertijn, tufa en tuffeau**. Travertijn of kalksinter is een poreuze vaak crèmekleurige kalksteen welke gevormd wordt door het neerslaan van kalk bij de verdamping van kalkverzadigd water. Vaak vindt dit plaats in laagsgewijze terrasvormige poelen. Bekend zijn de travertijnafzettingen in Pamukkale, Turkije. Ook de stalactieten en stalagmieten in grotten en het monument op de Dam bestaan uit travertijn. **Tufa** of **kalktuf** ontstaat als kalkafzetting door het neerslaan van kalk bij onder andere hete bronnen en lijkt op travertijn maar is veel dichter van structuur en minder poreus. De term kalktuf wordt echter ook gebruikt voor zachte zoetwaterkalk. De term **tufkrijt** wordt daarentegen weer gebruikt voor bepaalde, vrij zachte, zeer poreuze mariene kalksteen. In de Loire wordt deze tufkrijt **tuffeau** genoemd. Deze afzettingen hebben niets te maken met de verharde vulkanische as die **vulkanische tuf** of **tufsteen** wordt genoemd. Gesteenten die wel uit kalk (CaCO_3) bestaan maar niet tot de sedimentaire kalksteenafzettingen gerekend worden zijn **carbonatiet** en **marmar**. Het zeldzame carbonatiet is een soort gesmolten kalksteen dat onder andere in de Kaiserstuhl in Baden, Duitsland voor komt. Het wordt tot de stollingsgesteenten gerekend. Ook marmar, door druk en of hoge temperatuur gerekristalliseerd kalksteen, wordt niet tot de sedimentgesteenten gerekend maar tot de metamorfe gesteenten. Hele harde kalkstenen worden nog wel eens aangezien voor marmar.

Ad. 2. Fossielen

In de naamgeving van kalksteen wordt vaak de naam van het meest voorkomende fossiel genoemd. In kalkafzettingen zijn de fossiele resten van organismen als foraminiferen en ammonieten die ooit in diepe zeeën leefden vaak goed herkenbaar. Ook de resten van diersoorten uit ondiepe zeeën en kuststroken die in en op de bodem leefden zijn vaak herkenbaar. Dit zijn de resten van foraminiferen, sponzen, bryozoën, anneliden, echinodermen, molusken, brachiopoden en koralen. Een bekend voorbeeld van fossiele koraalriffen zijn de Italiaanse Dolomieten. Aan de hand van de fossielen is de ouderdom van de kalksteen afzettingen af te leiden. Een aantal van de in de Bourgogne voorkomende fossielen is weergegeven in bijlage IV.

Niet alle fossielen zijn van kalk gemaakt. Er zijn ook organismen die skeletten van kiezel (kwarts, SiO_2) maken. Dit zijn diatomeeën (eencellige planten), radiolariën en silicoflagellaten (eencellige dieren) en sommige sponzen. Diatomeeën en radiolarien vormen soms het hoofdbestanddeel van het gelijknamige sediment.

De Oölietenkalksteen in onder andere de Bourgogne is opgebouwd uit kleine bolletjes (oölieden) die niet groter zijn dan enkele millimeters. Deze kleine bolletjes zijn ontstaan door het neerslaan van kalk op al aanwezige kernen waardoor er concentrisch gelaagde bolletjes gevormd worden. De gesteenten die hieruit ontstaat worden oölieten genoemd. Niet alle oölieten bestaan echter uit kalk, er zijn ook oölieten van kiezelzuur (SiO_2). Deze bolletjes zijn geen overblijfselen van planten of dieren maar lijken wel op fossielen.

Ad. 3. Ouderdom

In de naamgeving van kalksteenafzettingen wordt vaak verwezen naar de ouderdom van het gesteente. De geologische tijdschaal van de aarde is opgedeeld in een groot aantal tijdsperiodes.

- **Hoofdtijdperk (Era):** Precambrium, Paleozoïcum, Mesozoïcum en Kenozoïcum,
- **Periode:** bijvoorbeeld Cambrium, Ordovicium, Siluur, Devoon, Carboon, Perm, Trias, Jura, Krijt, Tertiair, Kwartair,
- **Tijdvak (Epoch):** bijvoorbeeld: Bontzandsteen, Muschelkalk, Keuper, Lias, Dogger, Malm, Eoceen, Oligoceen, etc,
- **Tijd (Age):** bijvoorbeeld Turoon, Kimmeridgien en Portlandien.

De vier Hoofdtijdperken Precambrium, Paleozoïcum, Mesozoïcum en Kenozoïcum vormen de hoogste indeling en worden zelf weer onderverdeeld in Periodes. Zo is het Mesozoïcum (230 tot 65 miljoen jaar geleden) onderverdeeld in de voor wijnkenners bekende Periodes: Trias, Jura en Krijt. De Periode Trias (230 tot 195 miljoen jaar geleden) is weer opgedeeld in de bekende Tijdvakken Bontzandsteen, Muschelkalk en Keuper. Gedetailleerde geologische kaarten en dwarsprofielen laten vaak nog een verdere onderverdeling in Tijden zien. Voorbeelden zijn de Tijden Kimmeridgien en Portlandien, bekend van de kalkafzettingen in de Champagne en de Chablis. Wilson (1998, p. 19) heeft in onderstaande tabel aangegeven uit welke tijdsperiodes de verschillende gesteenten in de bekende Franse wijngebieden afkomstig zijn.

Millions of years before present (note scale change below)	Life Eras	Systems (of rocks) Periods (of time)	Series (of rocks) Epochs (of time)	Age (smallest universal unit of rocks)	Orogenies (periods of mountain building)	Wine areas (general age group of main vineyards of wine districts)		
0.01 (10,000 years)	Cenozoic (recent life)	Quaternary	Holocene	Post-Glacial to Present		Savoie, Médoc, Graves-Sauternes, Pomerol		
1.8			Pleistocene	Glacial stages and interglacial flooding. See Table 5.1 in the Aquitaine Basin Chapter				
67	Mesozoic (middle life)	Tertiary	Pliocene	Villefranchian	Alpine	Frontonnais, Gaillac Bergerac, Duras, Buzet, Brulhois Southern Rhône Jurançon, Béarn, Tursan, Madiran-Vic Bilh Armagnac, Alsace Provence, Quincy, and Reuilly Champagne Languedoc-Roussillon Auvergne		
			Miocene	Not divided on this chart				
			Oligocene	Lattorfian				
			Eocene	Not divided on this chart				
			Paleocene					
		Cretaceous	Upper (Gulfian of North America)	Maastrichtian	From end of Permian to beginning of Tertiary, the continent was relatively stable. This was the time of widespread, shallow seas in which extensive deposits of limestones, marls, chalks, and shell beds accumulated	Laramide of North America	Chalks of Champagne Southern half of Cognac Touraine and Anjou (Middle Loire) Languedoc	
				Campanian				
				Santonian				
				Coniacian				
				Turonian				
	Lower (Comanchian of North America) (Coahuilan of North America)		Albian			Savoie, Southern Rhône Diois Provence N. of Marseille		
			Aprian					
	Jurassic	Malm	Upper	Portlandian		Kimmeridgian Chain: Aube, Chablis, Pouilly-sur-Loire, Sancerre, Menetou-Salon Burgundy: Côte d'Or, Chalonnais, Mâconnais and Bas-Beaujolais Northern half of Cognac Cahors sub-Vosgian hills - Alsace Savoie Diois		
				Kimmeridgian				
				Oxfordian				
				Callovian				
				Bathonian				
	Dogger	Middle	Bajocian			sub-Vosgian hills - Alsace Irouléguay (Pays Basque) Basal conglomerates and sandstones perched on granite, Alsace, overlook Rhine Valley		
			Lias				Lower	Not divided on this chart
	Triassic	Keuper	Upper					
				Muschelkalk			Middle	
								Bunter
230	Scale change as Paleozoic outcrops have fewer vineyards than Mesozoic and Cenozoic							
285	Paleozoic (Ancient life)	Permian	Not divided on this chart		Variscan (Hercynian)	Alsace - Flank of Vosges Lower Carboniferous metamorphosed volcanics - Alsace Central Corsica Irouléguay (Pays Basque)		
		Carboniferous	Upper	North American Pennsylvanian				
			Lower	North American Mississippian				
350		Devonian	Not divided on this chart		Caledonian	Anjou Muscadet Languedoc-Roussillon		
405		Silurian	Not divided on this chart					
440		Ordovician	Not divided on this chart					
500		Cambrian	Not divided on this chart					
570	Precambrian	For simplification of wine terrain, complexes of granite and metamorphics are grouped as Crystalline basement.				Haut-Beaujolais - Burgundy Flank of Vosges - Alsace Muscadet - Pays Nantais and Anjou Northern Côtes de Provence, Northern Rhône Western Corsica		
To approx. 4.6 billion years								

Figuur I.2. Geologische tijdschaal met de verschillende wijngebieden aangegeven (Wilson, 1998).

De naamgeving van enkele geologische tijdsaanduidingen is verwarrend. De termen Bontzandsteen en Muschelkalk worden gebruikt als naam voor de geologische Tijdvakken maar ook voor een bepaald soort gesteente. Het Hoofdtijdvak Krijt (met hoofdletter geschreven) is vernoemd naar het uit vaak uit die periode stammende gesteente krijt (zonder hoofdletter). Het gesteente krijt is echter

niet alleen in het Hoofdtijdvak Krijt ontstaan maar ook in bijvoorbeeld het Tijdvak Eoceen (55,8 - 39,3 miljoen jaar geleden).

De vorming van kalksteen vindt ook nu nog plaats, voornamelijk in de warme tropische zeeën als de Caribische zee, Indische en Stille oceaan, Perzische Golf en de wateren van Indonesische Archipel.

Ad. 4. Locatie of vindplaats

Veelvuldig zijn kalksteenafzettingen genoemd naar de plaats of locatie waar zij het meest voorkomen of waar zij voor het eerst door geologen goed beschreven zijn. Voorbeelden van gesteenten vernoemd naar locaties zijn de Calcaire de Comblanchien (harde compacte kalksteen) en de Calcaire de Premeaux uit de Côte d'Or en de Calcaire de Blaye en Calcaire de St.- Estèphe uit de Bordeaux.

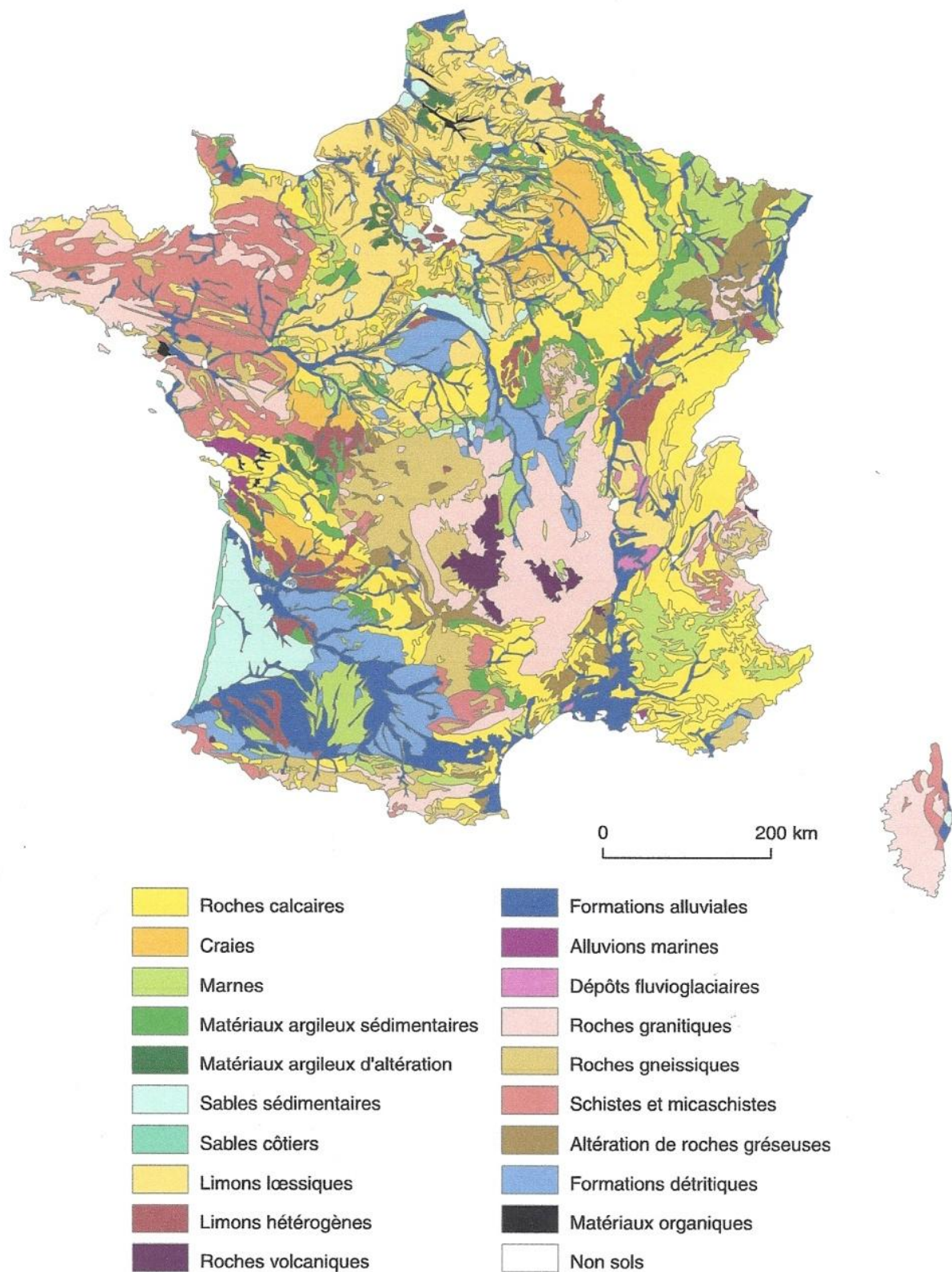
Bijlage II: Wijngaardareaal op kalksteen

Circa 7% van het aardoppervlak bestaat uit kalksteen (Bourguignon & Bourguignon, 2009). Frankrijk is het land bij uitstek dat bekend staat om haar beroemde wijngaarden op kalksteen. Over de aanwezigheid van wijngaarden op kalksteen in andere landen, het Sherrygebied in Spanje en Coonawarra in Australië uitgezonderd, wordt veel minder geschreven. Er zijn in deze landen veel minder wijngaarden op kalksteen aanwezig en is er van oudsher ook minder belangstelling geweest voor de geologie en bodem in vergelijking tot klimaat, irrigatie, vinificatietechnieken en marketing. Zo is er volgens Brian Croser (in *Prospects for Australian Smaller Fine Wine Producers*, 2010) wel degelijk in Zuid Australië wijnbouw op kalksteen maar daar is geen aandacht voor. De wijnmarkt, beter gezegd de wijnindustrie, wordt gedomineerd door een aantal grote bedrijven met “merk”wijnen in plaats van “terroir” wijnen. In Chili is er pas recent meer aandacht voor de specifieke geologie en bodems van wijngaarden in nieuwe wijnbouwgebieden. De Chileense bodemkundige Pedro Parra met gedegen wijnbouwachtergrond in Frankrijk, voert tegenwoordig veel bodemkundig onderzoek uit. Hij is met name geïnteresseerd in kalkrijke rivierafzettingen die geschikt zijn voor wijnbouw.

Om een indicatie te krijgen van de aanwezigheid van kalksteen in wijnggebieden in de wereld, zijn de atlanten van Tom Stevenson (2011), van Oz Clarke (2011) en van Hugh Johnson en Jancis Robinson (2013) geraadpleegd. Ook het boek *Great Wine Terroirs* van Jacques Fanet (2004) geeft veel geologische informatie.

Europa

In Frankrijk, zoals ook op de lithologische overzichtskaart (figuur II.1.) te zien is, is het land van de wijngaarden op kalksteen, krijt, mergel of kalkrijke kleien en sedimenten. Voorbeelden zijn de wijnggebieden als de Bourgogne (Chablis, Côte d’Or) de Champagne, de Loire, St. Emilion, Barsac, de Languedoc en de zuidelijk Rhône. In delen van Medoc ligt de kalksteen meters diep onder de grindrijke sedimenten. In de Noordelijke Beaujolais, in de omgeving van Nantes en het westelijke deel van de Anjou in de Loire, in de Noordelijke Rhône en in grote delen van Corsica is nauwelijks tot geen kalksteen of mergel aanwezig.



Extension des matériaux originels dominants sur le territoire. Réalisation : Christine Le Bas, © Inra Infosol, 2011.

Cet extrait de la Base de données géographique des sols de France à 1/1 000 000 (Inra, Infosol) est basée sur la nomenclature retenue au plan européen.

Figuur II.1. Lithologische kaart van Frankrijk (M. Jamagne, 2011).

In Spanje is kalksteen, krijt en mergel in meer of mindere mate aanwezig in alle bekende wijngebieden. (Watson, 2002). Het meest kalkrijk zijn de bekende wijngebieden: Rioja, Navarra, Toro, Ribera del Duero, Catalunya en Jerez met de kalkrijke bodems (Albariza) bestaande uit kalk en kalkrijke klei.

Ten opzichte van Frankrijk en Spanje zijn in Italië veel minder wijngaarden op kalksteen en mergels aanwezig. In Noordwest Italië zijn in Piemonte (Barolo en de Langhe) kalkrijke mergels en kleirijke kalksteen aanwezig. In Noordoost Italië (Trentino, Friuli, Veneto) is er sprake van enige kalksteen in de ondergrond. In midden Italië, Toscane is in bescheiden mate kleirijke kalksteen in Chianti en Montepulciano aanwezig. Oost en Zuid Italië en de eilanden Sicilië en Sardinië bevatten in geringe mate kalksteen en mergels met uitzondering van Puglia waar veel harde kalksteen aan het aardoppervlak voorkomt en er sprake is van karstverschijnselen (het oplossen van harde kalksteen).

In Duitsland is in de wijnstreken Mosel, Nahe, Rheinhessen, Pfalz, Franken, Württemberg, Baden en Saale-Unstrut, kalksteen of mergel aanwezig waarop wijnbouw plaats vindt. In Zwitserland, Oostenrijk, Luxemburg en het Verenigd Koninkrijk is in bescheiden mate kalksteen aanwezig. Bekend zijn de krijtafzettingen in het Verenigd Koninkrijk waar de laatste jaren veel nieuwe wijngaarden zijn aangelegd. Ook Portugal, het land van schist gesteente bij uitstek, heeft in de Alentejo (midden en zuid Portugal) wijngaarden op kalksteen. In het zuiden van Hongarije, in Slovenië, in Roemenië, in Tsjechië rond Praag, Kroatië en Griekenland is kalksteen aanwezig waarop wijnbouw plaatsvindt. Ook in Noord Afrika en het Midden Oosten is veel kalksteen aanwezig, echter het areaal wijnbouw is hier van beperkte omvang.

Noord Amerika

In de USA, qua wijnproductie het vierde land van de wereld (OIV, prognose 2012) is op grote schaal kalksteen in de (diepe) ondergrond aanwezig. In Texas, waar de phylloxera resistente onderstok werd gevonden (Wilson, 1998, p. 48), is veel kalksteen aanwezig maar het areaal wijnbouw is daar (nog) zeer gering. Ook in Californie, veruit de grootste wijnproducerende staat van de USA, is slechts in geringe mate kalksteen aanwezig op locaties die geschikt zijn voor wijnbouw. Mount Harlan AVA, Chalone AVA nabij Monterey en de zuidelijker gelegen Paso Robles AVA aan de Central Coast zijn enkele gewilde locaties met kalksteen en kalkrijke bodems (Robinson & Murphy, 2013, p. 105, 108, 114). In New York State, Virginia, Ohio en Pennsylvania zijn nog kleine wijngaardarealen op kalksteen. Ook in Mexico is er enige wijnbouw op kalksteen.

Zuid Amerika

In de belangrijkste Zuid Amerikaanse wijnlanden is er nauwelijks sprake van wijnbouw op kalksteen. In het Andes gebergte is wel kalksteen aanwezig. In Chili is deze kalksteen lokaal terug te vinden in helling- en riviersedimenten in de wijnbouwgebieden Huasco, Elqui, Limarí, Choapa en Maipo Valley. Ook in Argentinië (Uco Valle) zijn wijngaarden aanwezig op kalkrijke riviersedimenten.

Australië en Nieuw Zeeland

De meeste kalksteen is te vinden in Zuid Australië (totaal wijngaardareaal 71.300 ha). Coonawarra aan de Limestone Coast is het bekende kalkrijke wijng gebied in deze streek. De bekende Australische wijnmaker Brian Croser (in *Prospects for Australian Smaller Fine Wine Producers*, 2010) schrijft "*Claude Bourguignon expounds the superiority of limestone-based soils for fine wine production*

chauvinistically noting France's high proportion of soils formed from limestone compared to the 7% global average of this rock type. Nearly 50% of Southern South Australia's soils are limestone based and a large proportion of these vine devigorating, well structured, quality-inducing soils lie in the southeastern Australian cool climate wine regions". Ook in Clare Valley, Barossa Valley, McLaren Vale, The Peninsulas, Wrattenbully is kalksteen aanwezig. In West Australië is het oppervlak aan wijngaarden op kalksteen gering.

In Nieuw Zeeland ligt circa 2 % van de wijngaarden op kalksteen en 1 % op kalkrijke zandsteen/siltsteen. In Canterbury bestaat 43% van het wijngaardareaal (272 ha) uit kalksteen, en in Central Otago 4,8% van de 1251 ha. Imre & Mauk (2009) geven een uitgebreid overzicht van de geologie van de Nieuw Zeelandse wijngaarden. Ook in Kurow (Waitaki Valley, Canterbury) en de Southern Hawkes Bay (op het noordelijke eiland) is in beperkte mate kalksteen aanwezig (informatie Heidi Seifried, Seifried Estate, Nelson, Nieuw Zeeland).

Zuid Afrika

Het gesteente in Zuid Afrika bestaat voornamelijk uit zandsteen, graniet en schalie. Er is weinig kalksteen aanwezig. Volgens Bargman (2005) komt lokaal in Riebeek Kasteel and Piketberg (Coastal region) kalksteen voor. In het district Robertson, in de Lutzville vallei en de Oranjerivier zijn er kalkrijke bodems maar liggen deze niet op kalksteen. (brochure Aspect South Africa, Wosa, 2010).

Bijlage III: Foto's kalkrijke bodems



Wijngaard tussen Chorey-lès-Beaune en Aloxe-Corton, Bourgogne, 24 december 2011.



Wijngaard nabij Clos de Vougeot, Bourgogne, 24 juni 2012.

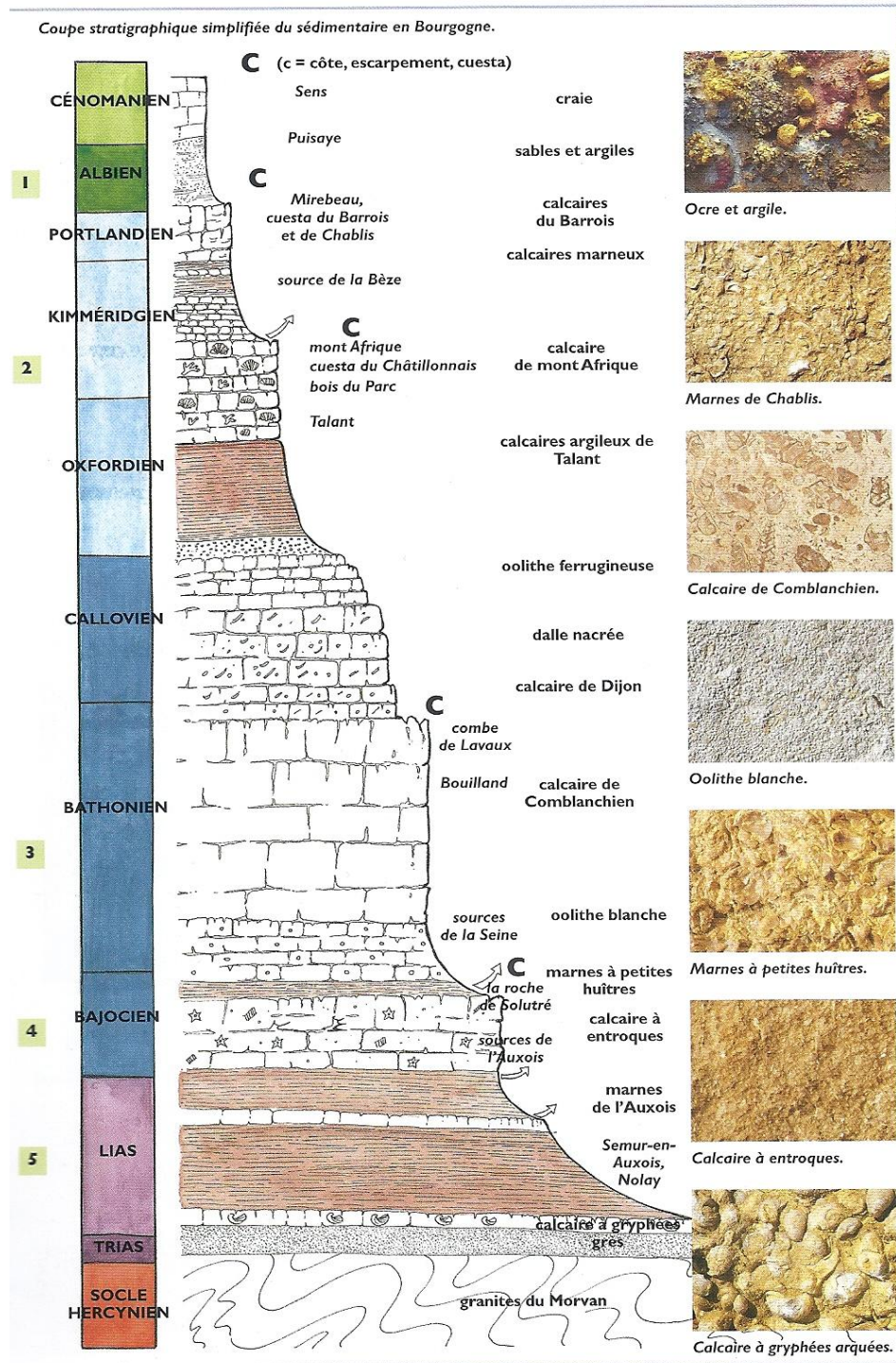


Openbreken harde kalklagen in ondergrond. Wijngaard Les Folatières, Premier cru Puligny-Montrachet, Bourgogne, 24 juni 2012.



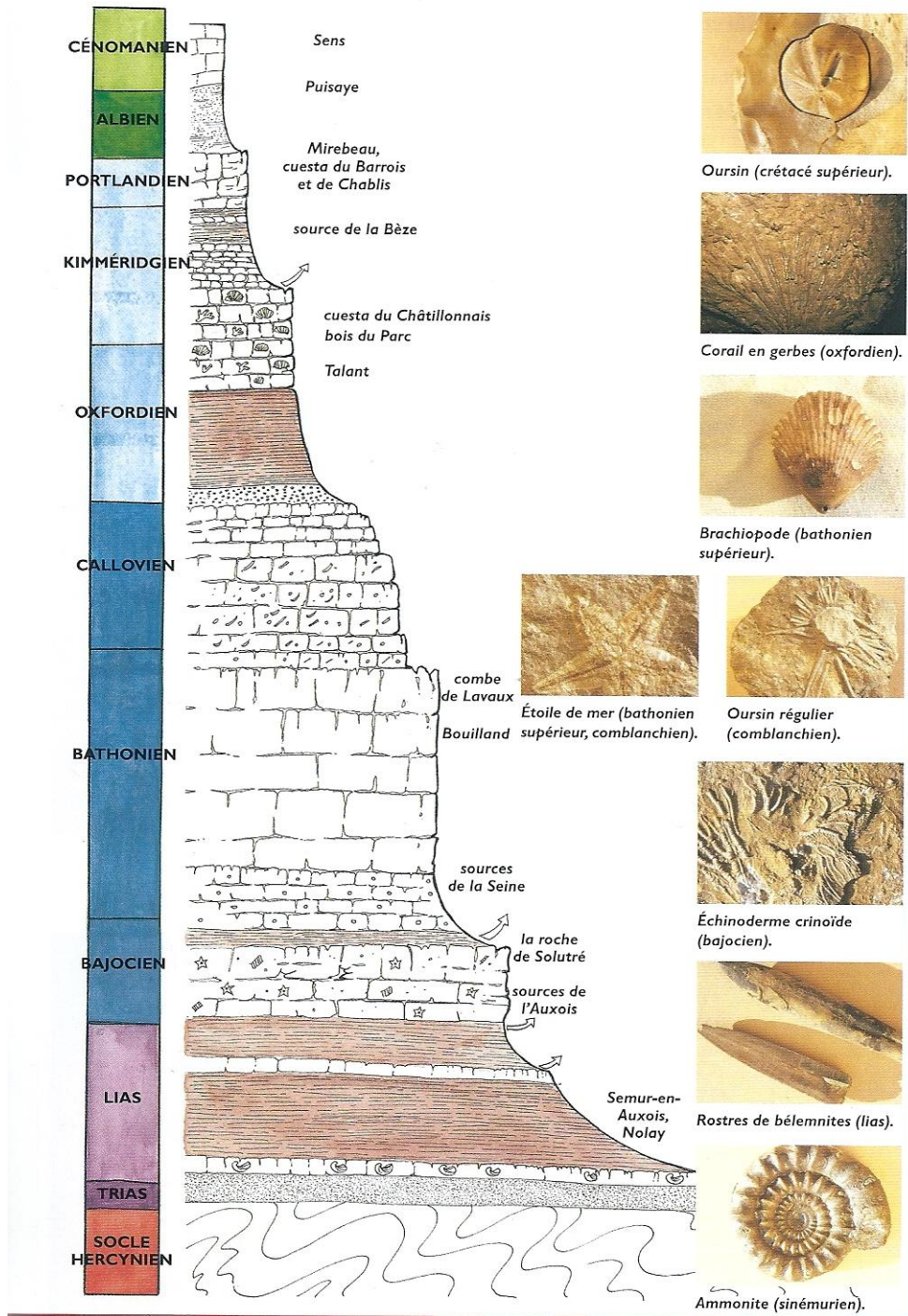
Wijngaard Les Folatières, Premier cru Puligny-Montrachet, Bourgogne, 24 juni 2012.

Bijlage IV: Voorbeelden van fossielen en kalksteen in de Bourgogne



Vereenvoudigd stratigrafisch profiel Bourgogne met foto's van voorkomende gesteentes. (Chiffault, Vaucloulon, 2004).

Coupe stratigraphique simplifiée du sédimentaire en Bourgogne.



Vereenvoudigd stratigrafisch profiel Bourgogne met foto's van voorkomende fossielen. (Chiffault, Vaucoulon, 2004).

Quelques fossiles types trouvés en Bourgogne



Ammonite *Peltoceras retrospinatum*
(callovien supérieur).

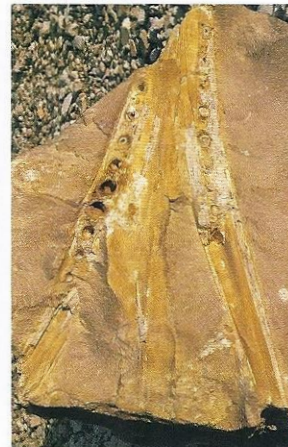


Ammonite *Parkinsonia pachypleura*
(bathonien inférieur).



Ammonites *Caloceras liasicus* (sinémurien, 200 Ma).

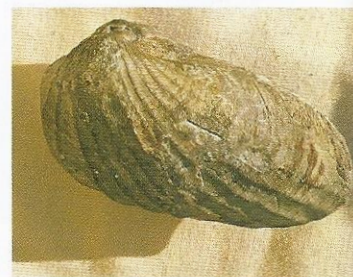
Bélemnites (lias inférieur).



Mâchoire de crocodile fossile *Stenosaurus* (bathonien supérieur dans le comblanchien).



Lamellibranche *Homomya* (jurassique).



Voorbeelden van fossielen in de Bourgogne. (Chiffault, Vaucloulon, 2004).