

**TECHNOLOGISCH INSTITUUT**  
**Genootschap Plantenproductie & Ecosfeer**  
**Plantenvoeding**

**Studiedag**

***State-of-the-Art***  
***en Toekomstvisie***  
***voor de Plantenvoeding***



**Ingenieurshuis - KVIV, Antwerpen**  
**27 november 2008**

## ONTWIKKELINGEN IN DE PLANTENVOEDING: VLAANDEREN AAN DE FRONTLIJN!

Hilde VANDENDRIESSCHE

Afgevaardigd Bestuurder, Bodemkundige Dienst van België v.z.w.  
Hoogleraar, Katholieke Universiteit Leuven

### INLEIDING

In ons dagelijks bezig zijn met plantenvoeding en de best mogelijke bemestingspraktijken, is er zelden tijd om dieper na te denken over de ontwikkelingen die er in de loop van de tijd zijn gebeurd inzake plantenvoeding en bemesting. Toch is het belangrijk stil te staan, al was het maar om de plantenvoeding en de bemesting in een historisch perspectief te plaatsen, het heden beter te begrijpen door de kennis van het verleden en vooral de toekomst van de plantenvoeding zo goed mogelijk te plannen door inzicht in de historische referenties. Maar er is meer zo blijkt. België heeft vanaf het prille ontstaan van het vakdomein Plantenvoeding een belangrijke rol gespeeld, zowel wetenschappelijk als maatschappelijk. Tijdens de oorlog waren er in Vlaanderen nog tijden van hongersnood, teeltnislukkingen, arme en zure bodems maar spoedig werd de relatie plant – bodem beschudeerd en de wetenschappelijke kennis vrijwil onmiddellijk in de praktijk omgezet. Stijgende producties van steeds betere kwaliteit waren het positieve gevolg van de intensieve samenwerking van veldmedewerkers uit alle hoeken van het land met wetenschappers in praktijkgericht wetenschappelijk bodem- en gewasonderzoek. Vlaanderen heeft de verschillende vormen van organische bemesting gewaardeerd en ingespeeld op de komst van de minerale meststoffen zowel voor hoofd- als spoorlementen.

Intussen zijn milieuaspecten verbonden aan de plantenvoeding, de bemesting en de bodembescherming belangrijke items geworden waar regulerende instrumenten zoals de Europese Nitraatrichtlijn, de opeenvolgende Vlaamse Mestactieplannen, het Mestdecreet en de EG-Verordening 1782 ter bescherming van de bodem, voor ontwikkeld werden. Ook hier staat Vlaanderen aan de frontlijn om op een creatieve en responsabiliserende manier de plantenvoeding in te vullen, mestverwerking te realiseren, de nitraten onder controle te krijgen zelfs met de unieke invulling van de dero-gatte. Fine-tuning van de bemesting en vooral van de stikstofbemesting is hiervoor een belangrijke uitdaging. Een volgende stap in de fine tuning wordt wellicht het nog beter invullen van de menselijke voeding via een rechtstreekse en evenwichtige voorziening van spoorlementen in de plantenvoeding.

De wetenschappelijke en praktische kennis over plantenvoeding en bemesting zijn ingebouwd in expertsystemen en modellen. Miljoenen resultaten van bodemvruchtbaarheid op praktijkpercelen zijn opgeslagen in de databank van de Bodemkundige Dienst van België en worden dagelijks geëxploiteerd in de bemestingsexpertsysemen. Weer andere resultaten, verzameld door onderzoekscentra in Gembloux, Gent en Leuven hebben geleid tot de Belgische bodemkaart, al dan niet in digitale vorm. Datanaming van de jaar na jaar aangroeiende databank met bodemvruchtbaarheidsgegevens zorgen mee voor antwoorden op nieuwe vragen inzake plantenvoeding in relatie tot bijvoorbeeld leefmilieu, bodembescherming, enz.

In Vlaanderen leeft de Plantenvoeding niet alleen als een wetenschappelijke discipline maar is de kennis en de praktische ervaring ook omgezet naar ondersteuning van

de land- en tuinbouwsector, via bemestingsadviezen, beslissingsondersteunende instrumenten, verschillende vormen van voorlichting door talrijke geëngageerde mensen.

Vandaag is Plantenvoeding in Vlaanderen meer dan ooit springlevend zowel voor de plantersproductie, de kwaliteit van de voeding als de uitdagingen naar het leefmilieu!

## VLAANDEREN HEEFT AL EEUWEN BIJZONDERE AANDACHT AAN DE PLANTENVOEDING

Tijdens de Middeleeuwen lag het productieniveau in onze streken op 700 à 800 kg graan/ha. Deze lage graanproducties waren niet toe te schrijven aan ongunstige klimatologische condities of watergebrek maar zijn voornamelijk te wijten aan het chronisch gebrek aan stikstof en mineralen. De natuurlijke bodemrijkdom was slechts voldoende om door middel van zonneënergie een totale biomassa-productie van 1500 kg droge stof per hectare te produceren. Bij een oogstverhouding (harvest index) van graan ten opzichte van totale biomassa-productie van 0,467 resulteert dit in minder dan 700 kg geproduceerd graan. Door het gebruik van dierlijke mest of groenbemesters zoals klover konden de Vlaamse boeren de productie per hectare opdrijven. Oude geschriften, daterend van 1644, duiden aan dat Vlaanderen mest en gier wist te waarderen als een waardevol handelsproduct. Latere geschriften van reizigers verhalen soms pittige details. Zo vertelde Schwertz dat hij eens buiten Sint-Niklaas wandelde en langs de weg een vrouwte zag die iets op de grond verzamelde. Zij was zo aardig, met haar katoenen rokje en haar kraakwit kapje, dat hij ze wel voor een schooimeestersvrouwte zou genomen hebben. Tot verbazing van de wandelaar vergaarde zij paardevijgen. Ik meende voegt Schwertz erbij, het gezicht te moeten afwenden om was; een paardevijgen rapen langs de weg hier in het Land van Waas een doorgewone zaak is. Verder vertelt hij nog dat hij hier meisjes zag die de schaapskudde volgden met een korffe, om op te rapen wat de schapen langs de weg lieten vallen (Blommaert, 1987). Toen ik in 1997, de periode van de hevige discussie rond de mestoverschotten in Vlaanderen, een voorlichtingsvergadering gaf voor de landbouwers in Halle, vertelde me daar een gepensioneerde boer, wiens naam ik niet zal vermelden, dat "zij in zijn jonge tijd nog had gevochtten voor een paardestront. Wat zijn de tijden toch veranderd..." zo mijmerde hij. Immers de oneven dagen mocht zijn familie de paardestront verzamelen achter de paardekar die het bier van de brouwerij uitvoerde, en op de even dagen was het de andere familie uit Halle. Bij "vergingssing" ging men op de vuist. Paardevijgen waren immers een belangrijke productiefactor.

Tijdens de Middeleeuwen maar vooral tijdens de industrialisatie werden vele mensen van het platteland naar de steden gelokt. De massa voedsel die van jaar tot jaar in de steden werd afgeleverd nam voortdurend toe, met als gevolg dat de bodemvruchtbaarheid van de bodem evenredig afnam. Daartegenover stond dat de hygiëne in sommige steden erop achteruit ging. Gelukkig kende men in Vlaanderen de waarde van dierlijke, menselijke en plantaardige afvalproducten voor de groei van planten. Omwille van deze hygiëne en "bemestingskennis" probeerden de stadsbestuurders algemene stadsreglementen preventieve maatregelen uit te vaardigen om de hygiëne in de stad te bevorderen. In Antwerpen resulteerde dit uiteindelijk in het ontstaan van drie afzonderlijke stadsdiensten: de moosmeier, voor het ophalen van straat- en huisvuil, de gruismeester, voor het verzamelen van puin en afbraakmaterialen en tenslotte de pachter van de beer met de nachtwerkers, om de beerputten te ledigen.

Hierna citeren we enkele passages uit "Van burenlust tot milieuhinder: het stedelijk leefmilieu, 1500-1800" van P. Poulussen en uitgegeven in 1987 in de Monografieën leefmilieu n.n. Deze passages tonen aan dat Vlaanderen (en Brussel) de zorg voor plantenvoeding combineerde met stadshygiëne.

Als pachter van het straatvuil moest de moosmeier in 1747 over twintig karren met evenveel paarden en minstens zoveel knechten beschikken. In ruil voor deze investering en de pachtsom kreeg de Antwerpse moosmeier het monopolie van al het straatvuil. Elke week dienden zijn knechten tenminste eenmaal alle straten van de stad aan te doen om het slijk, de mest en het op straat gestorte afval op te halen. Met volgela-den karren reden ze naar de Mestkaai. In de hoofdstad heette deze plaats de Mestbak. Op deze kaaien had men grote bakken gemest waarin het straatvuil werd verzameld om te voorkomen dat de vuile massa zich over de hele kaai zou verspreiden. De omwonenden en de schippers die er aangelegd hadden, bleven aldus van de stank gespaard die uit de mestbakken opsteeg. De daar bijeengebrachte straatmest werd dan naar de grote boerderijen op het platteland verscheept. Een van de argumenten die in 1784 voor de aanleg van een nieuw kanaal naar Antwerpen en de verbetering van de Herentalse Vaart pleitten, was de mogelijkheid om tot 4.000 vuilnisvrachten per jaar naar het platteland te kunnen verscheppen.

Deze transactie betekende voor de toenmalige landbouwers een noodzakelijke en rijke aanvulling van hun productiemiddelen, en de boeren kwamen dan ook naar de steden atgezakt om er met de moosmeier een redelijke prijs af te spreken. Op sommige plaatsen langs de Scheldeoever werden er met dit doel smoothopen aangelegd of m.a.w. voorraden met mest waarover de boeren konden beschikken. Toen een zekere Maximilien Misson, terug uit Italië, in Brussel aankwam (1688), noteerde hij in zijn dagboek een opmerkelijke indruk van de hoofdstad: "Men vergadert nauwkeurig die vuiligheden op een zekere plaats, en na dat ze behoorlijk aan 't gisten geraakt zijn, doet men er Negotie<sup>1</sup> mee gelijk met andere dingen. Bij geval gebeurde het eens dat ik voorbij die schone plaats passeerde zoals drie of vier Hollandse schuiten daar die koopmanschap<sup>2</sup> inlaadden. Hier op mag men de spreuk van Juvenalis wel toepassen: <sup>1</sup>ruikt alles lieflijk waar naar winst mee is te doen.

Voor Slicher van Bath, die dit verschijnsel in de bredere context van de Europese landbouwgeschiedenis situeerde, is het duidelijk dat deze mesthandel de hygiëne in de steden ten goede kwam. Zowel in Friesland en de Hollandse steden als in de Zuidelijke Nederlanden en het huidige Frans-Vlaanderen kwam deze mesthandel voor. Maar ook elders kende men deze gewoonte, die al in het Antieke Rome leefde.

Om het monopolie van de moosmeier volledig te beschermen, was het in Antwerpen iedereen verboden op eigen initiatief afval en mest op een binnenkoer of erf te vergaren om dit dan later voor eigen rekening te verkopen. Maar zoals zo dikwijls waren er ook op dit monopolie uitzonderingen. 's Zaterdag kregen de hoveniers en de buitenlieden immers het recht om, voor eigen gebruik, straatmest in de straten te verzamelen "ten eynde de straten te suyverder mogen gehouden worden". Ook de armen van de stad werden beschermd. Zij mochten 's morgens, naast de knechten van de verpachte vuilnisdienst, as en mest rapen om met de verkoop hiervan geld te verdienen.

<sup>1</sup>Negotie: handel.

<sup>2</sup>Die koopmanschap: koopwaar zijnde afval en straatmest.

Uit een zeventigtal geboden, uitgevaardigd tussen 1622 en 1793, blijkt echter dat de stadsoverheid op sommige momenten, soms zelfs jaarlijks, ingreep om het monopolie van de mestpachter te herstellen. Vooral 's zomers werd het de tuiners verboden 's zaterdags mest te komen rapen. Vermoedelijk stond er tijdens de zomermaanden 's minder vee op stal waardoor de voorraad mest voor de moosmeier gewoelig afnam, en in mul zand waren de boeren natuurlijk niet geïnteresseerd.

De vuilnislui moesten ook op elke aanvraag om mestputten van veehouders te ruimen, binnen de drie dagen ingaan. Op deze manier wilde de stadsoverheid voorkomen dat de mest te lang op straat zou blijven liggen. Die maatregel gold ook voor de afkomstig van de zeepziederijen. Wat dit betreft was het Brusselse stadsbestuur in de 18de eeuw strenger. Mest die op straat werd gelegd moest binnen de zes uur weggeveegd worden. (n.v.d.r. deze regels doen denken aan de uitrijgeving in de verscheidene Mestactieplannen en het Mestdecreet)

Het beerruimen mocht enkel 's nachts gebeuren, waardoor trouwens deze arbeiders aan de naam nachtwerkers kwamen. Tussen vooraf vastgestelde uren mochten zij de fecaliën bovenhalen en wegvooien. Deze uurregeling was er meestal in zomer en winter. Bovendien mochten de knechten zich niet in de beenhouwerswijk begeven. Immers 'het vleesch het ghene soo in 't vleeshuys als in de corte ende lange beenhouwers straten wort verkocht, komt te bederven ende woordt geinfeteert door het voor bij rijden van de beirtoeben en sledden".

In Antwerpen voerden de knechten de beermassa naar de Sint-Jansvliet om er het secreetmest in de daartoe gebouwde bakken te storten. Op grond van de Condities ende voorwaarden daer op men van stadswegen zal verpachten het recht van den beir" had de pachter het recht aldaar drie schepen aan te meren. Vanaf dat ogenblik is het verder verkoop te vergelijken met het scenario van de moosmeier, die voor zijn "koopwaar" op het platteland voldoende afnemers vond.

Ook in het Gentse werden stalrest en beer door de mestrappers in de steden opgehaald en naar vergaarputten, messinghen genaamd, vervoerd die hier en daar in de stad waren verspreid. Van daar uit werd de mest op paardewagens of in veerscheepjes geladen, die zowel door mens als door paard langs de Lieve en de Brugse vaart naar het Meefjesland werden getrokken. Zo ook geschiedde dit transport langs de Leie en Schelde om het akkerland ten zuiden en ten oosten van de stad te bevoorraden.

In de 17 e eeuw kwam er ook hout- en turf-as (potas of kalium) uit Holland naar Oost-Vlaanderen, waardoor de klaverteelt in het Waasland mogelijk werd. Deze nieuwe teelt bracht grote verbetering in de vruchtbaarheid; klaver betekende meer veevoeder en meer veevoeder stond gelijk met meer stalrest. Daarbij verrijkte de klaver de bodem aan stikstof die ten goede kwam aan de andere gewassen.

De draif als overblijfsel van het graan uit de stokerijen en brouwerijen, liet ook toe er meer vee op na te houden, hetgeen terug meer mest betekende.

Daarna kwam de industrialisatie van de meststoffen op gang en ook deze meststoffen vonden hun weg in de plantenvoeding in Vlaanderen. Zonder volledig te willen zijn worden enkele meststoffen opgesomd: gemalen beendermeel, Guano, Chilisalpeter, kalizouten, Thomastfosfaat en metaalalkalen, ammoniaksulfaat, kalkcyanamide, stikstofmeststoffen, samengestelde meststoffen, enz... Voor de meer recente ontwikkelingen in het meststoffengebruik wordt verwezen naar de eerste lezing van deze studiedag van ir. Luc Maene, algemeen directeur van de International Fertilizer Industry Association (IFA).

### PROFESSOR JOZEF BAEYENS START DE WETENSCHAPPELIJKE DISCIPLINE PLANTENVOEDING IN VLAANDEREN

Professor Jozef Baeyens is de onmiskenbare grondlegger van de discipline Plantenvoeding in Vlaanderen maar de basis hiervoor werd destijds gelegd in Belgisch Congo. Met een stukje uit de biografische nota (Dudal, 2000) reizen we terug in de geschiedenis. Jozef Baeyens werd geboren op 30 november 1895, als zoon van een landbouwgezin te Sint-Pieters-Lille in de Antwerpse Kempen. Hij doet zijn oude humaniora aan het bisschoppelijk college te Herentals gevolgd door zes jaar seminarie. In 1919 wordt hij door Kardinaal Mercier tot priester gewijd en door zijn oversten naar Leuven gestuurd om er landbouwkunde te studeren. In 1924 studeert hij er af als scheikundig landbouwingenieur. Na het behalen van zijn diploma sticht hij de Middelbare Landbouwschool te Geel en wordt er directeur. Hij interesseert zich vooral voor een nieuwe discipline, de bodemkunde en werkt er met zeer bescheiden middelen in een zelfgehouwd klein laboratorium. In 1932 wordt hij aangesteld als docent aan de Katholieke Universiteit te Leuven. Hij richt er een eerste leerstoel voor bodemkunde op, een wetenschap die in West-Europa toen pas tot ontwikkeling kwam. Reeds in 1935 wordt Baeyens tot gewoon hoogleraar benoemd en sticht er het Bodemkundig Instituut van de Universiteit.

In 1934 wordt Jozef Baeyens door Minister van Koloniën De Vleeschhouwer belast met een zending naar Congo voor een bodemkundige prospectie ter voorbereiding van het werk van de Agrologische Divisie van het INEAC (Instituut National pour l'Etude Agronomique au Congo Belge). De studiereis bedroeg 18 maanden en had als doelstelling een eerste kennismaking met de bodemgesteldheid onder tropische condities, de vruchtbaarheid van de gronden in Congo en de bodemvereisten voor belangrijke gewassen zoals oliepalm, cacao, koffie, bananen en suikerriet. Naast de studie van de 'natuurlijke' bodemvruchtbaarheid werd ook aandacht besteed aan de behoefte aan meststoffen om de productiecapaciteit bij te stellen en te verhogen. Zesduizend bodemmonsters werden gedurende deze expeditie genomen en ter analyse naar het Bodemkundig Instituut te Leuven verscheept. De resultaten van deze reis en de interpretatie van de analyses werden te boek gesteld in 'Les Sols de l'Afrique centrale' (375 p.) dat in 1938 door het INEAC gepubliceerd werd.

Na zijn terugkeer uit Afrika wijdde Prof. Baeyens zich aan de verdere uitbouw van het Bodemkundig Instituut en van een laboratorium bodemkunde aan het Landbouwinstituut van de Universiteit te Leuven. Het laboratorium werd door het INEAC gesteund voor de omvangrijke hoeveelheid grondmonsters die uit Congo waren overgebracht. In 1937 verleende het Nationaal Fonds voor Wetenschappelijk Onderzoek een toelage met het doel de vruchtbaarheidsnormen ook voor Belgische landbouwgron-

den vast te leggen. Op basis van deze onderzoeken werden vanaf 1939 de eerste bemestingsadviezen voor de praktijk uitgevoerd. Het toenemend aantal stalen had als gevolg dat Prof. Baeyens in 1946 de Bodemkundige Dienst van België oprichtte als onafhankelijk organisme. De Bodemkundige Dienst droeg van in den beginne bij tot een doelmatig beheer van de bodemvruchtbaarheid en gebruik van meststoffen in Kongo en in ons land. Dit werd erkend door de toekening van de eerste vijfjarige Gilbert Mullie prijs aan Prof. Baeyens in 1949. Hij was ook laureaat van de Schepkens prijs van de Koninklijke Academie voor Wetenschappen voor zijn werk in de met zee-water overstromde gebieden na de tweede wereldoorlog.

## **BELGIË BESCHIKT OVER DE MEEST GEDETAILLERDE BODEM-KAART TER WERELD, TEVENS UNIEK DOOR HAAR GEBIEDSDEK-KEND KARAKTER.**

In 1947 werd op initiatief van het IWONL het Comité voor het opnemen van de Bodemkundige kaart van België opgericht. De drie voornaamste centra van landbouwonderzoek van het land, Gembloux, Gent en Leuven werden met de werkzaamheden belast. Nog in hetzelfde jaar startten de bodemkarterders. Zij voerden miljoenen grondboringen uit en analyseerden duizenden profielputten. De eerste belangrijke opdracht van de bodemkarterder bestond erin een aantal fysieke bodemkarakteristieken te bestuderen en te identificeren op het terrein. Hiervoor voerde hij gemiddeld 2 grondboringen per ha uit, tot op een diepte van ongeveer 1,25 m. Profielputten ca. 1 m<sup>2</sup> oppervlakte werden gegraven, nauwkeurig beschreven, de diverse grondlagen benoemd en in het laboratorium ontleed. Zo werden eveneens de chemische en biologische eigenschappen van de bodem bepaald.

De interpretatie van deze enorme hoeveelheid puntgegevens leidde uiteindelijk tot een afbakening van vlakken, welke de verspreiding van de verschillende bodemtypen gedetailleerd (op schaal 1/5.000) weergaven. De publicatie van de analoge Belgische bodemkaart gebeurde op schaal 1/20.000.

In 1988 startte de systematische manuele digitalisatie van de bodemkaart bij de Onderzoeksgroep Landbeheer (CLO - Merelbeke), onder impuls van AMINAL Afdeling ArcInfo. De nauwkeurigheid van de digitalisatie is sterk afhankelijk van de schaal van het basismateriaal en wordt voor de bodemkaarten geschat op 10 m (d.i. 0.5 mm op kaartblad). Het geloket te vinden op [www.agiv.be](http://www.agiv.be), toont de digitale bodemkaart opgenomen door het IWT, uitgegeven op CD-rom door GIS-Vlaanderen (2001).

Tijdens het nationale bodemkarteringsproject werd aan de bodemseries een geschiktheidsbeoordeling gegeven voor de klassieke teelten van de beschouwde regio. In de marge van de bodemkartering zijn tevens specifieke studies uitgevoerd ter bepaling van de bodemgeschiktheid voor akkerbouwgewassen, fruitteelt, groentegewassen en bosbomen. Deze beoordelingen werden vastgesteld in de periode tussen 1949 en het einde van de jaren 70 door het Centrum voor Grondonderzoek, het Centrum voor Bodemkartering en het Studiecentrum voor Tuinbouwgronden. Voor het volledige grondgebied van Vlaanderen zijn deze bodemgeschiktheidskaarten voor de land- en tuinbouw intussen geactualiseerd door experts met een praktijkgerichte, teelt-technische en bodemkundige ervaring, en dit op basis van de digitale bodemkaart. De bodemgeschiktheidskaarten zijn te vinden op [www.agiv.be](http://www.agiv.be).

Dankzij al deze inspanningen beschikt Vlaanderen niet alleen over de meest gedetailleerde bodemkaart van de wereld, maar is deze informatie eveneens toegankelijk voor niet specialisten.

## **DE ONTWIKKELING VAN METHODEN TER BEPALING VAN DE PLAN- TENVOEDINGSBEHOEFTE IN PARALLEL MET BEMESTINGSONDER- ZOEK OP PROEF- EN PRAKTIJKVELDEN**

Voor het bepalen van de plantenvoedingsbehoefte zijn in de loop der jaren verschillende methoden onderzocht en ontworpen. Momenteel gaat het onderzoek nog steeds verder met actuele meet- en rekentechnieken zoals:

- opmetingen te veld (o.a. Boussingault, 1834)
- de kiemplantmethode (o.a. Neubauer, 1923)
- de microbiologische methode (o.a. Christensen, 1922; Winogradsky, 1928; Livens, 1959)
- de potproevenmethode (o.a. Mitscherlich, 1930)
- de scheikundige grondontleding (Daubeny, Dyer, Baeyens en vele anderen)
- de gewasontleding en bladanalyse (o.a. Broeshart en Schonenburg, 1961; Hoogland, 1964)
- de visuele waarnemingen (het blote oog, satelliet, chlorofylbepalingen, sensormetingen,...)
- modelmatige berekeningen en balansberekeningen (Comité voor Toegepaste Bodemkunde<sup>3</sup>, IWONL)
- VIS/NIR-spectroscopie (IWT-onderzoek<sup>4</sup>, 2006; Saeyns, 2004; Bijnens en Vandendriessche, 2008)
- plaats specifieke metingen van de bodemvruchtbaarheid (IWT-onderzoek, 2006)
- enz.

Van al deze methoden wordt de scheikundige grondontleding op grote schaal uitgevoerd en voor praktijkdoelinden gebruikt. Er blijft immers dat er goede correlaties zijn van de grondontledingsuitslagen met de groei en de opbrengst van het gewas en de bemestingsadviezen die op basis van de grondontledingsuitslag zijn gegeven. Grondontleding is succesvol op voorwaarde dat de analysemethoden getest zijn met grote aantallen proef- en praktijkvelden, waardoor krachtige databanken met referentiegegevens beschikbaar zijn (Baeyens, 1967).

<sup>3</sup> Het Comité voor Toegepaste Bodemkunde was een consortium bestaande uit de Bodemkundige Dienst van België, de Katholieke Universiteit Leuven en de Rijksuniversiteit Gent dat onderzoek verrichtte met de steun van het Instituut voor Wetenschappelijk Onderzoek in Nijverheid en Landbouw)

<sup>4</sup> Proximale bodemsensoren maken plaatsspecifiek bodembeliever nu mogelijk. IWT-onderzoek 2006-2010. K.U. Leuven afdeling Bodem- en waterbeheer, Bodemkundige Dienst van België, U. Gent

Voor de Vlaamse bodems is dit onderzoek naar de analysemethodiek in parallel met het bemestingsonderzoek op proef- en praktijkvelden voornamelijk uitgevoerd door het Bodemkundig Station en door de Bodemkundige Dienst van België vanaf 1937. Dit onderzoek is in nauwe samenwerking uitgevoerd met talrijke staathemmers, (rijks)landbouwkundigen, landbouwleraars, onderzoeksstations, instituten, universiteiten, proeftuinen, praktijkcentra, voorlichters, internationale centra, enz. De eerste brieven aan de staathemmers en de medewerkers die bij dit onderzoek betrokken waren zijn prachtige getuigenissen van dit pioniersonderzoek (Stenutt, 1940-1945).

De hoofdtiterna's die in relatie tot de plantenvoeding in de loop der jaren zijn onderzocht hebben voornamelijk betrekking op:

- de analysemethoden;
- de chemische bodemvruchtbaarheid, het bekalkingsvraagstuk, de cystenaaltjesproblematiek, de bodemgeschiktheid, gebreks- en overmaatverschijnselen als gevolg van spoor-elementen, stikstofonderzoek, effecten van zware metalen;
- onderzoek naar de bemonsteringsdiepte en bemonsteringsstrategie; modelmatige berekeningen, balansberekeningen, uitbouw van expertsystemen en beslissingsondersteunende instrumenten (BOI), dataminning en statistische verwerking van de verzamelde gegevens;
- onderzoek naar het gebruik van minerale meststoffen zoals slow release, recyclus- en secundaire grondstoffen en nevenproducten van de industrie met betrekking tot de werkingsefficiëntie;
- onderzoek naar organische stofaanvoer en het effect op het humusgehalte van de bodem;
- het onderzoek van de plantenvoeding op de kwaliteit en de samenstelling van het gewas;
- het onderzoek van de plantenvoeding en de bodemprocessen in relatie tot het milieu;
- enz.

Het bemestingsproefveld is samen met het laboratoriumonderzoek het hulpmiddel in de bodemdiagnose. Een omvangrijk empirisch onderzoek heeft de basis gelegd van de bemestingsadviezen voor de bodems en aangetoond dat er een belangrijke wisselwerking is tussen bodemtype, klimaat, organische koolstofgehalte, zuurtegraad en gehalte aan fosfor, kalium, magnesium, enz.... De opzet en het belang van dit empirisch onderzoek voor de Vlaamse bodems kan nog het best omschreven worden door een citaat uit het eerste bodemvruchtbaarheidsoverzicht van 1948. (Stenutt en Baeyens, 1948). De tekst is in de stijl van destijds geschreven, maar is beslist de moeite waard om te begrijpen hoe het onderzoek is gevoerd en vooral om aan te tonen dat alle elementen in relatie tot elkaar moet geïnterpreteerd worden om degelijke bemestingsadviezen te kunnen geven of om uitspraken te doen naar bodemconservering enz....

Wij citeren: "Bij de bespreking van het laboratoriumonderzoek van de grond zullen wij zien dat onze huidige ontledingsprocedures er op ingericht zijn, het soepele spel der plantenwortels zo dicht mogelijk te benaderen. Tot dit doel worden o.m. zeer zwakke reagentia uitgekozen die ongeveer de hoeveelheid voedingsstoffen uit de grond trekken die de plant zelf opneemt, en zo spreekt men van de z.g. opneembare fosfor en kali van de bodem. Wij hoeven ons echter geen illusies te maken op dit gebied. Het

laboratorium zal nooit het soepele spel der plantenwortelopnemning volledig nabootsen. Dit betekent dat al onze laboratoriumcijfers van uitgesproken relatieve aard zijn. Die cijfers zijn niet als dusdanig op het veld over te brengen. Wanneer b.v. uit een ontledingsbuletin blijkt dat een bepaalde grond 30 mg opneembare fosfor en uitwisselbare kali bevat, dan betekent dit geenszins dat die hoeveelheden - noch min noch meer - ook werkelijk door de planten opgenomen worden. Die cijfers geven ons een basis ter beoordeeling die ons toelaat een dosis toe te dienen meststof voor te schrijven. Om echter die dosis meststof zelf te vinden, hebben wij onze ontledingscijfers in talloze gevallen moeten vergelijken met de oogstresultaten te veld zelf, en meer bepaald door speciaal daartoe aangelegde bemestingsproefvelden, waarvan te gelijker tijd de grond ontleed werd op dezelfde manier waarop de huidige ontledingen gebeuren.

Die proefvelden werden bij het begin van onze bodemkundige opzoeken in groten getale over gans het land aangelegd en zulks wordt jaar na jaar herhaald om hoe langer hoe meer de invloed van de klimaatverschillen te kunnen uitschakelen. Die bemestingsproefvelden worden aangelegd met stijgende doses meststoffen volgens het gewone schema N, K, P, NP, NK, PK, NPK, met dit verschil echter dat de grond vóór, na, en gedurende de groeiperiode zorgvuldig op zijn bodemkundige konstanten onderzocht wordt. De aldus gevonden laboratoriumgegevens worden dan met de oogstresultaten vergeleken en alzo bekomt men voor iedere teelt en iedere streek de vruchtbaarheidsnormen of de grensgetallen. Die normen, samen met de voorgeschiedenis van de grond en de gebeurlijke profielstudie, kunnen dan, omzichtig gebruikt, dienen tot het opstellen van het bemestingsadvies van het betreffende veld. Het bemestingsproefveld, plaats grijpend in het kader der klimaatgegevens en profielonderzoek, laat dus toe de brug te maken tussen de relatieve laboratoriumontledingscijfers en de werkelijke oogstresultaten. Door middel van die brug is het dan mogelijk voor een volgende bodemontleding, op dezelfde manier uitgevoerd, de hoeveelheden meststoffen aan te geven die aan de betreffende grond ontbreken.

Wij hebben gewezen op het relatieve karakter van al onze laboratoriumbepalingen in de bodemkunde. Wij moeten echter ook de nadruk leggen op het werkelijk verband dat bestaat tussen die laboratoriumgegevens en de bodemvruchtbaarheid. Echter komt dit verband pas duidelijk naar voren wanneer men over een jarenlange bodemkundige praktijk en een ontzaglijk ontledingsmateriaal beschikt. Het is niet voldoende, om ernstige bemestingsadviezen te kunnen geven, dat een paar dozijn proefvelden en enige honderde bodemontledingen uitgevoerd werden. Het opstellen van dergelijke grensgetallen onderstelt duizenden bepalingen. Dan alleen beschikt men over een behoorlijk dossier om in ieder afzonderlijk geval met kennis van zaken te kunnen adviseren."

Het zeer interessante citaat geeft niet alleen de waarde aan van het onderzoek op proef- en praktijkvelden maar onderstreept ook het belang van een exploiteerbare databank met duizenden referentiegegevens. Ook hier beschikt Vlaanderen wellicht over één van de meest gedetailleerde databanken ter wereld. Immers de onderzoeksresultaten en databankgegevens worden door de Bodemkundige Dienst reeds meer dan 60 jaar aangevuld met de analyseresultaten van ten minste 30.000 praktijkproefvelden per jaar. Deze dynamische dataset wordt uitgebreid geëxploiteerd voor steeds nieuwe toepassingen ten behoeve van de agrarische sector. Dataminning noemen we dat en de producten en diensten die eruit voortvloeien zijn o.a. beslissingsondersteunende instrumenten voor bemestingsadviesgeving, web-applicatie BDD-net voor de opmaak van bemestingsplannen (Tits, 2008), enz.... en talrijke publicaties (Stenutt en



Baeyens, 1948; Anonymous, 1952, 1976; Boon et al., 1983; Alaerts et al., 1986; Pauwels et al., 1988; Hendrickx et al. 1992; Vanongeval et al., 1996, 2000; Vandenaewe-le et al., 2004; Vandendriessche et al., 2008).

Deze Vlaamse aanpak, zoals die tijdens het interbellum en na de tweede wereldoorlog in wel meer Europese landen werd uitgevoerd, is nog steeds onzetterend actueel. De Europese Commissie weet dan ook deze methodiek en de beschikbaarheid van historische referentiedatasets naar waarde te schatten en zal deze ook benutten in de MTR-regeling met het oog op bodembeheer en bodembescherming op basis van het organisch stofgehalte en de zuurgraad van de bodems. Zo heeft de Raad van de Europese Unie in haar Verordening (EG) Nr. 1782/2003 van 29 september 2003 in de overwegende (3) opgenomen dat de lidstaten normen kunnen stellen met inachtneming van de specifieke kenmerken van de betrokken gebieden, inclusief de bodemsaling, klimaatgesteldheid en de bestaande landbouwsystemen (grondgebruik, vruchtvis-Unité, 21.10.2003). In bijlage IV van dezelfde Verordening wijst de Raad erop dat het belangrijk is het gehalte aan organische stof in de bodem te handhaven door passen de praktijken, ten einde de bodem in goede landbouw- en milieutoestand te houden, op dat er een waarde nodig is waartegenover kan getereerd worden zodat men kan opgevolgen of het organisch stofgehalte nu daalt, toeneemt of gehandhaaft blijft.

In Europa hebben meerdere lidstaten het voordeel dat zij reeds sedert de jaren 1930 aan bodemanalyse doen met inbegrip van de bepaling van het gehalte aan organische stof. Vlaanderen was er als eerste bij! Er is dus ruime ervaring en men kan terugkijken naar organische stofgehalten van enkele decennia geleden. Rekening houdend met deze ervaring, de variabiliteit in organisch stofgehalte verbonden aan klimaat, bodemtype en bodemgebruik en de traagheid waarmee het organische stofgehalte in de bodem wijzigt, stelt de Raad van de Europese Unie dan ook terecht in haar overwegende (3) van de Verordening (EG) Nr. 1782/2003 dat de normen vastgesteld om de grond in goede landbouw- en milieutoestand te houden, op bepalingen van de lidstaten kunnen berusten.

In die lidstaten en regio's waar veel ervaring en historische datasets (referentiemogelijkheden) beschikbaar zijn is het belangrijk staalnamediepte en analysemethode in relatie te houden tot deze datasets voor de beschikbare bodemtypes en bodemgesteldheid. In andere regio's, vooral buiten Europa, begint men nu maar pas aan het opstellen van referenties en monitoring van BOS. Daarbij wordt maximaal gebruik gemaakt van lokale expertise van 'advisory officers' en 'research workers' en wordt bijzondere aandacht besteed aan staalarchivering (Mc Kenzie et al., 2002b) <http://www.nim.gov.au/publications/factsheets/mc-indicators/soil/pubs/soil->

<sup>5</sup> De Europese Commissie heeft ook onderzoek laten uitvoeren naar de methoden voor de bepaling van fosfor in de verschillende lidstaten. Dit onderzoek is terug te vinden in Bomans, E., Franssen, K., Gobin, A., Mertens, J., Michiels, P., Vandendriessche, H. and Vogels, N., 2004. Addressing phosphorus related problems in farm practice. Study carried out by the Soil Service of Belgium on behalf of the European Commission DG Environment. Tevens gepubliceerd in Bomans, E., Franssen, K., Gobin, A., Mertens, J., Michiels, P., Vandendriessche, H. and Vogels, N., 2006. Addressing phosphorus related problems in farm practice. Stinta Solului Soil Science, 2006, XL, 1, 23-44.

carbon.pdf). Precies op dezelfde manier dus als de Vlaamse aanpak is verlopen, waar werd gebruik gemaakt van de expertise van staalnemers, bodemkundigen, (rijks)landbouwkundigen en alle hierboven reeds vermelde personen.

## DE ONTWIKKELING VAN DE STAALNAMEMETHODIEK

Zoals hierboven reeds aangehaald is het uitermate belangrijk een geschikte, representatieve en betrouwbare staalnamemethodiek te ontwikkelen. Ook hier is in Vlaanderen grondig werk van gemaakt zowel voor wat de vaststelling van de horizontale als de verticale variabiliteit betreft.

Reeds tijdens de tweede wereldoorlog werden brieven geschreven naar de staalnemers met richtlijnen voor grondstaalname (Stenuit, 1940-1945). Het eigenlijke wetenschappelijke onderzoek naar de staalnamemethodiek werd in de jaren vijftig gevoerd en toen op punt gesteld voor akkerland en weiland (Piot, 1951). De eerste uitvoerige handleiding voor de staalnemer van 80 bladzijden werd uitgegeven in 1956 (Bodemkundige Dienst van België, 1956). In 1992 en 1993 werd onderzoek verricht naar de variabiliteit inzake bodemvruchtbaarheid in de bossen van Vlaanderen. Meer bepaald bleek de afstand van de staalname tot de boomstam van zeer groot belang (Vandendriessche, 1994).

### Verticale variabiliteit

Uit het onderzoek naar de bemonsteringsdiepte op blijvend weiland worden enkele interessante cijfers aangehaald voor de Ieemstreek. Op 55 weilanden werd op een raster van 1m op 1m het gras afgesneden en vervolgens op dezelfde m<sup>2</sup> grondstalen genomen op respectievelijk 0 tot 6 cm diepte, 0 tot 10 cm diepte en 0 tot 23 cm diepte. Zowel op het gras als op de bodem werden o.a. de gehalten aan K<sub>2</sub>O en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> gemeten. De beste correlatie werd gevonden bij de bemonstering van weiland van 0 tot 6 cm diepte.

Tabel: Correlatie bij verschillende bemonsteringsdiepte op weiland tussen het gehalte aan K<sub>2</sub>O en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in bodem en gras (Piot, 1951)

Bemonsteringsdiepte	Gemiddelde P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> gehalte grond - mg/100 g grond	Correlatiecoëfficiënt grond-gras
0 - 6 cm	27	0,5139 ± 0,099
0 - 10 cm	18	0,4143 ± 0,112
0 - 23 cm	14	0,3055 ± 0,192
Bemonsteringsdiepte	Gemiddelde K <sub>2</sub> O gehalte grond - mg/100 g grond	Correlatiecoëfficiënt grond-gras
0 - 6 cm	28	0,497 ± 0,102
0 - 10 cm	22	0,446 ± 0,108
0 - 23 cm	18	0,335 ± 0,120

### Horizontale variabiliteit

Om een zo representatief mogelijk monster van een perceel te nemen is het belangrijk extremitieën uit te sluiten zoals, hellingen, verschillende voortteelt, de omgeving van de drinkbakken voor vee, perceelranden, enz... Binnen het homogene gedeelte van een perceel kunnen dan de stalen genomen worden op de vooropgestelde bemonsteringsdiepte. Het aantal boorsteken dat moet worden genomen is bepaald op basis van onderzoek op akkerland en weiland, waarbij afzonderlijke boorsteken werden genomen, geanalyseerd en statistisch verwerkt volgens onderstaande beschrijving (hier toegepast op mengmest):

*De standaardafwijking van de afzonderlijke bemonsteringspunten is een objectieve maatstaf voor de ongelijkmatigheid van de drijfmest in de mestkelder. De standaardafwijking ( $S_m$ ) heeft als eigenschap dat 68 % van de gevallen in het trigriet gemiddelde ( $m$ )  $\pm S_m$  ligt. De standaardafwijking berekend op de afzonderlijke monsters gedeeld door de vierkantswortel van het aantal monsters ( $n$ ) geeft de standaardafwijking van het gemiddelde, maar deze heeft wel dezelfde eigenschappen als deze van de afzonderlijke bepalingen. Binnen zekere grenzen gelden deze berekeningen ook wanneer de analyses alleen in het mengmonster worden uitgevoerd. Wanneer nu de standaardafwijking van een bepaald aantal stalen gedeeld wordt door de vierkantswortel van dat aantal stalen dan krijgt men het verloop dat de standaardafwijking van het gemiddelde ondergaat wanneer men van 1 tot 20 stalen gaat. Naarmate er meer bemonsteringspunten zijn, zal de standaardafwijking van het gemiddelde afnemen doch slechts met een factor vierkantswortel ( $n$ ). De standaardafwijking van het gemiddelde zal zich dan ook op een gegeven moment rond een bepaalde waarde stabiliseren. Van het aantal stalen waarbij deze stabilisatie gebeurt, kan vondersteld worden dat dat aantal voldoende is voor representatieve staadname (Geypens, 1987).*

De Vlaamse overheid heeft deze redeneringswijze voor zowel de horizontale als de verticale variabiliteit ingebouwd in het Compendium "bemonsterings- en analysemethoden voor mest, bodem en veevoeder in het kader van het mestdecreet" en voor het nemen van de bodemstalen in het kader van de MTR-regeling (VITO).

Soms duikt de discussie op om de bemonsteringsdiepte te wijzigen en als voornaamste argument wordt de toegenomen ploegdiepte aangehaald. Omwille van de continuïteit van de dataset, de referentiebasis, de houvast voor de landbouwer bij vergelijking van zijn vorige analyseuitlagen is het echter niet te verantwoorden de bemonsteringsdiepte te wijzigen. Dit wordt ook door Mc Kenzie uitvoerig toegelicht (Mc Kenzie et al, 2002b). Gezien de huidige energieprijzen en de mogelijke energie-audits op landbouwbedrijven is het ook niet zeker dat wie dieper is begonnen ploegen dit in de toekomst zal blijven doen.

## DE ONTWIKKELING VAN PLANTENVOEDINGSADVIESSYSTEMEN: ONDERZOEKSSTRATEGIE, KENNISINTEGRATIE EN DATAMINING

### Onderzoeksstrategie

De onderzoeksstrategie naar de onderbouwning van de plantenvoedingsadviesssystemen op basis van grondontleding bestond in de meeste landen van West-Europa uit de confrontatie van de ontledingsuitslagen met een groot aantal proefveldgegevens. Enkele van de correlaties die werden gezocht hetzij met de opbrengsten, hetzij met de samenstelling van het gewas kunnen als volgt worden geformuleerd:

- -Bekomt men zonder enige fosfaat- respectievelijk kalibemesting, de hoogste opbrengsten op de gronden waar de grondontleding de hoogste fosfaat- of kalihaltigen vindt?
- -Heeft éénzelfde bemestingsdosis meer effect op de arme dan op de rijke gronden?
- -Mogen de rijke gronden minder bemest worden zonder dat opbrengstverlaging optreedt. Dienen anderzijds arme gronden sterker bemest dan de middelemaat of goed voorziene gronden?

Proefveldgegevens bekomen in de verschillende landen van West-Europa lieten toe een bevestigend antwoord te geven op deze drie vragen, waardoor de scheikundige grondontleding dan ook als voornaamste basis voor de advisering werd weerhouden zoals hierboven reeds beschreven.

Hoe de ontwikkeling van de plantenvoedingsadviesystemen in Vlaanderen is verlopen wordt hierna geschetst aan de hand van het voorbeeld van magnesium als voedingselement. Het spreekt vanzelf dat voor elk voedingselement wel een enigszins ander werkprogramma wordt voorgelegd, maar een duidelijke, logische en goed uitgekende onderzoeksstrategie is steeds terug te vinden. Bovendien heeft Vlaanderen zich niet beperkt tot het ontwikkelen van adviesystemen maar zijn ook de chemische bodemvruchtbaarheidsgrenzen vastgelegd.

De Vlaamse onderzoeksstrategie in vier stappen:

Een eerste stap in de onderzoeksstrategie is nagaan wat de invloed is van een eventuele overmaat of tekort aan een element

- op de groei en de opbrengst van het gewas,
- op de samenstelling van het gewas,
- op de kwaliteit van sommige teelten,
- en of er visuele symptomen van overmaat of gebrek zijn waar te nemen.

Dit onderzoek kan het best gebeuren door middel van gewone potproeven, potproeven met gezuiverd zand of waterkulturen. Dergelijk empirisch onderzoek heeft dus tot doel de gebreks- en overmaatsverschijnselen te leren kennen door ze zelf te verwetken voor de meest voorkomende gewassen.

Vervolgens (stap 2) wordt nagegaan of dergelijke verschijnselen ook voorkomen in reële omstandigheden op het veld of in de serre, in welke landbouwstreken deze het meest voorkomen en op welke teelten. Een dergelijke screening voor de verschillende landbouwstreken en bodemtypen in Vlaanderen en België was dus een enorme opgave.



ve. Het mag zeker nog eens herhaald worden dat talrijke staalmakers, landbouwers en landbouwkundigen hebben hieraan hun medewerking verleend.

Daarna wordt opgezocht of een dergelijk gebrek of overmaat kan worden opgespoord via de grond (stap 3). Per element worden verschillende analysemethoden uitgetest in het laboratorium. Bij het uittesten van analysemethoden participeerde de Bodemkundige Dienst aan diverse internationale uitwisselingen van stalen en methoden. Tegenwoordig noemt men dit ringtesten voor laboratoria.

De vierde stap in de onderzoeksstrategie is nagaan via bemestingsproeven, hoe overmaat of gebrek het best kan worden aangepakt.

In het geheel van dit empirisch onderzoek is het tenslotte van belang of er verbanden zijn tussen de verschillende elementen en of er interacties zijn met bijvoorbeeld de pH.

De onderzoeksstrategie voor magnesium als voorbeeld:

Concreet voor het voorbeeld van magnesiumgebrek werd via **potkulturen** magnesiumgebrek geïnduceerd en zo kon het optreden van magnesiumgebrek bij verschillende teelten worden waargenomen. Bij haver bijvoorbeeld zijn de planten duidelijk geremd in hun groei en vertonen een typische geelgroene tijgering van het blad. Bij de tafeldruif, onze Vlaamse trots Royal, veroorzaakt magnesiumgebrek een rode verkleuring tussen de nerven. De nerven en de bladrand blijven het langst groen. De rode verkleuring breidt zich vervolgens uit tot het ganze blad, waarop dan ook veelvuldige necrotische vlekjes voorkomen, vooral langs de bladrand. Tenslotte treedt vroegtijdige bladval op. De verschijnselen en ook de bladval begint met de onderste bladeren. Van deze gebreksverschijnselen die door middel van potproeven werden geïnduceerd zijn tijdens de meest typische periode kleurfoto's genomen. Een atlas met deze kleurfoto's van een dertigtal planten en de beschrijving van de magnesiumgebreksverschijnselen in vier talen is door de Bodemkundige Dienst van België uitgegeven en verspreid.

Nadat de symptomen van magnesiumgebrek gekend zijn wordt nagegaan wat de invloed is op de **samenstelling** van de plant. Uit de ontledingen van planten in potkulturen en veldproeven besluiten we dat bij magnesiumgebrek het kali-en stikstofgehalte hoger ligt, terwijl het fosfor-en calciumgehalte nagenoeg ongewijzigd blijft. Het magnesiumgehalte ligt natuurlijk lager.

Wat de invloed op de kwaliteit betreft, wordt bijvoorbeeld vastgesteld dat bij magnesiumgebrek de graanwassers later en ook ongelijk rijpen. De graankorrels zijn minder gevuld, wat neerkomt op een kleiner hectolitergewicht.

Een volgende stap in de onderzoeksstrategie zijn de **waarnemingen te veld**. Aan de hand van waarnemingen in het veld gedurende zes opeenvolgende jaren van 1952 tot 1957 kon worden vastgesteld dat magnesiumgebrek veelvuldig voorkomt in de Vlaamse Zandstreek en in de Kempen. Betrekkelijk veel magnesiumgebrek komt voor in de overgangsstreek tussen zand en leem bijvoorbeeld in het Hageland. Wat de leemstreek betreft moet er een onderscheid gemaakt worden tussen de lichte zure en neutrale leemgronden waar weinig zichtbaar magnesiumgebrek wordt waargenomen op landbouwteelten en de kalkrijke leemgronden waarbij een lichte positieve invloed van een magnesiumbemesting op de opbrengst wordt vastgesteld. Anders is het ge-

steld met de intensieve fruitteelt en de groententeelt. Hier komt magnesiumgebrek voor, zowel op leemgronden als op zandgronden. In de groententeelt komt het evenwel minder voor dan in de fruitteelt.

De derde stap in de onderzoeksstrategie is nagaan of het magnesiumgebrek tijdig **via de grond** kan worden opgespoord. Gedurende de proefjaren zijn zowel biologische als chemische analysemethoden voor de bepaling van magnesium op grondstalen aan de praktijk getoetst. Ik noem er enkele zonder in het detail te gaan : de biologische Aspergillus-Niger methode, het natriumacetatextract volgens de Morgan-Venema methode, en colorimetrische en vlamfotometrische bepaling van magnesium. Tenslotte de eigenlijke vruchtbaarheidsgrenzen te situeren en de bemestingsadviezen op punt te stellen werden door de Bodemkundige Dienst van België meer dan 4000 proefvelden aangelegd. Het betreft zowel éénjarige als meejarige proeven al dan niet in samenwerking met andere Belgische onderzoeksinstituten of kaderend in een internationaal onderzoeksprogramma met diverse Europese partners. Het is belangrijk te benadrukken dat de verschillende objecten van deze proeven steeds in herhalingen zijn aangelegd en dat van in het begin, de resultaten statistisch zijn verwerkt. Specifiek voor het thema magnesium in de plantenvoeding werden 400 **magnesiumproeven** uitgevoerd door de Bodemkundige Dienst.

Op verscheidene van deze magnesiumproefvelden werd een duidelijke interactie aangetoond van magnesium met kali en calcium. Het is een intussen wel bekend feit dat een overmaat aan kali magnesiumgebrek kan veroorzaken en hetzelfde kan gezegd worden voor calcium. Verder werd een duidelijk verband aangetoond tussen magnesium en de reactie of pH van de grond.

### **Kennisintegratie**

De volgende fase in de ontwikkeling van de plantenvoedingssystemen is de integratie van de talrijke veldwaarnemingen en laboratoriumanalyses in kennisssystemen, die toelaten de melingen en ervaringen om te zetten in voor de praktijk nuttige en bruikbare know how. Om dit zo goed mogelijk te illustreren blijven we bij het voorbeeld van magnesium.

**Kennisintegratie** omvat het generaliseren van de empirische resultaten tot beoordelingsklassen van chemische bodemvruchtbaarheid voor de verschillende elementen. De Bodemkundige Dienst heeft in de eerste decenia geopteerd voor vier tot zes bodemvruchtbaarheidsklassen afhankelijk van het te beoordelen element (C, pH, P, ...) en bij de herziening van de talrijke data is in 1989 geopteerd voor zeven vruchtbaarheidsklassen voor alle elementen. De middenklasse komt overeen met de streefzone. De streefzone is een zone van optimale voorziening van een element waar misbenedeneerde bemesting economisch optimale resultaten kunnen worden behaald (Hendrickx et al., 1992). Bij hoger dan normale gehalten kan worden bespaard op bemesting; met andere woorden de bemestingsadviezen liggen op een lager niveau. Bij gehalten lager dan de streefzone wordt geadviseerd hogere bemestingsdosissen toe te dienen om te komen tot een voldoende beschikbaarheid van voedingsstoffen van de gewassen enerzijds en het verbeteren van de chemische bodemvruchtbaarheid anderzijds. Deze evaluatiegrenzen zijn verder functie van de textuurklasse, het humusgehalte en het bodemgebruik. Tenslotte worden de evaluatiegrenzen aangevuld met correctiefactoren die de correlatie tussen de elementen in rekening brengen.

In onderstaande tabel worden de evaluatiegrenzen voor magnesium op akkerland weergegeven. Er worden drie bodemgroepen onderscheiden namelijk zand met een streefzone van 7 tot 10 mg Mg/100 g droge grond, zandleem en leem met een streefzone van 9 tot 14, en polders met een streefzone van 17 tot 25 mg Mg per 100 g droge grond. De bepaling gebeurt steeds op het ammoniumlactaatextract van de grond. Deze tabel is uitsluitend geldig bij een schijnbaar soortelijk gewicht van de grond van 1,3 wat overeenkomt met het normaal humusgehalte voor elk bodemtype, een staalname diepte van 23 cm en de analyse in ammoniumlactaatextract.

Tabel: Beoordeling van het magnesiumgehalte voor akkerland in functie van de textuurklasse (enkel geldig bij een schijnbaar soortelijk gewicht van 1,3) (Vanden Auweele et al., 2004)

Beoordeling	mg Mg per 100 g droge grond (A.L.-extract) zand	mg Mg per 100 g droge grond (A.L.-extract) zandleem-leem	mg Mg per 100 g droge grond (A.L.-extract) polders
Zeer laag	<3	<4	<7
Laag	3-4	4-5	7-11
Tamelijk laag	5-6	6-8	12-16
Streefzone	7-10	9-14	17-25
Tamelijk hoog	11-15	15-18	26-35
Hoog	16-25	19-30	36-45
Zeer hoog	>25	>30	>45

De kennisintegratie gebeurt voor de voornaamste plantenvoedingsadviesystemen in Vlaanderen onder vorm van expertsystemen. Een expertsysteem bestaat essentieel uit drie delen. Ten eerste de input of informatie, ten tweede de kennisbank en ten derde de user interface of met andere woorden het contact met de gebruiker. Illustreer we deze kennisintegratie aan de hand van BEMEX. BEMEX staat voor BEMestingsEXpertsysteem en omvat onder andere de bemestingsadviezen voor magnesium. Wil het expertsysteem draaien dan moet het in eerste instantie gevoed worden met essentiële informatie van tweeërlei aard : enerzijds percelen- en teelthinformatie en anderzijds de resultaten van de laboratoriummetingen op het grondstaal. De informatie dient als invoer voor de kennisbank. De kennisbank bevat zoals de benaming zelf zegt heel wat kennis : theoretische kennis, empirische kennis afkomstig van de talrijke proefvelden, praktijkvelden en simulatiemodellen. De kennisbank werkt hoofdzakelijk via een boomstructuur van "als...dan" regels", simulatiemodellen en relationele databankstructuur. De gebruikersinterface is in het geval van de advisering voor magnesium, een analysebulletin met de ontleedingsresultaten van het perceel, de beoordeling van de analyseresultaten volgens de zeven beoordelingsklassen en het bemestingsadvies voor de komende drie jaar of drie teelten.

Dat Vlaanderen een vooraanstaande rol speelt in de ontwikkeling van plantenvoedingsadviesystemen kan voortreffelijk geïllustreerd worden aan de hand van het N-INDEXX expertsysteem. Het N-INDEXX expertsysteem is een expertsysteem met een multifactoriële aanpak van de stikstofbemestingsadviezen (Boon, 1983; Bries, 1992). In verschillende onderzoekscentra in binnen- en buitenland is in de jaren zeventig en tachtig veel onderzoek verricht om te komen tot geschikte stikstofadviezen. In Frankrijk, Gent, Gembloux, ... leidde dit onderzoek tot de bouw van stikstofadviezen op basis van de stikstofbalans. Hier werden heel wat factoren in rekening gebracht zoals mineralisatie, immobilisatie, ... maar de meting van de minerale stikstof werd in het

begin niet uitgevoerd. Andere systemen zoals N-min in Nederland gingen dan wel de minerale stikstofvoorraad in het profiel meten, maar maakten verder geen berekeningen inzake mineralisatie, uitspoeling, enz. De N-INDEXX daarentegen is het eerste adviesysteem dat alle van belang zijnde factoren zoals bleek uit het proefveldonderzoek (18 factoren in totaal), in rekening bracht om tot stikstofadviezen te komen. Intussen is in de meeste adviescentra de N-balans uitgebreid met de meting van de minerale stikstof en zijn de adviezen volgens N-min methode vergezeld van tips om bijvoorbeeld de stikstoflevering van bietenbladeren in te schatten, ...

De interesse van de onderzoekscentra blijft in Vlaanderen alsmat toegenomen voor het stikstofonderzoek. Milieudoelstellingen, de EG-nitraatrichtlijn, het halen van de nitraatresidu-norm, de gestegen meststofprijzen, ... spelen daarbij een grote rol. Er is nog steeds onderzoek naar de stikstofbijbestsystemen, er zijn interessante sites om de mineralisatie te volgen ([www.stikstofmeetnet.be](http://www.stikstofmeetnet.be)), beslissingsondersteunende systemen worden ontwikkeld (Ecobeta, Pitsoff, Tasgroenten, ...), enz... Fine tuning van de bemesting is meer dan ooit aan de orde.

Tot slot moet zeker nog gezegd dat om de naam expertsysteem per definitie waardig te zijn het expertsysteem zelf bijkomende kennis moet genereren, als het ware moet leren uit zichzelf. De expertsystemen van de Bodemkundige Dienst van België maken dit mogelijk dank zij datamining uit de gigantische analyseresultaten die jaarlijks met tienduizenden worden aangevuld (T'is, 2007).

## DE ONTWIKKELING VAN DE VOORLICHTING EN VERSPREIDING VAN DE ADVIEZEN

Vlaanderen is steeds vooruitstrevend geweest in de landbouwvoorlichting via de rijkslandbouwkundigen, de rijkslandbouwconsultanten, later overgegaan tot Vlaamse overheid, de staalnemers, provinciale centra, de voorlichters van landbouworganisaties, privévoorlichters, de meststoffenindustrie, ... Talrijke publicaties werden uitgegeven, duizenden proefveldbezoeken georganiseerd, voorlichtingsavonden geannmeerd, vakbladen gedocumenteerd, teveel om op te noemen.

Uit het BOK-project (Bietenopvolgingskwaliteit-project, 5b-project) is gebleken dat de grootste interesse van de landbouwers uitgaat naar de resultaten bekomen op hun eigen praktijkpercelen in relatie tot andere praktijkpercelen. De resultaten bekomen op proefvelden hebben het meest effect wanneer die gerelateerd kunnen worden aan de eigen percelen wat in het BOK-project intensief gebeurde.

De voorlichting gaat mee met de tijd en ook hier is Vlaanderen terugg vooraanstand. Meerdere beslissingsondersteunende instrumenten (BOI's) of in het engels decision support systems (DSS) worden ontwikkeld. De definitie volgens de internet encyclopedie Wikipedia luidt als volgt:

"a DSS is a computerized system for helping make decisions"

en verder :

"Decision support systems are a class of computer-based information systems including knowledge based systems that support decision making activities."

In de landbouwwereld moet een goed opgebouwd beslissingsondersteunend instrument de bedrijfsleider bijstaan in zijn of haar dagelijks beleid voor het nemen van operationele, tactische en strategische beslissingen en handelingen.

**Operationele beslissingen** zijn beslissingen die meerdere keren per jaar worden genomen worden, zoals bijvoorbeeld het plannen en uitvoeren van teeltmaatregelen, zoals bemesting en beregning.

**Tactische beslissingen** komen jaarlijks terug, zoals de keuze van de rassen.

**Strategische beslissingen** zijn de beslissingen op langere termijn, zoals de teeltrotatie, bekalking,...

## NOG STEEDS BEHOEFTE AAN WETENSCHAPPELIJK ONDERZOEK

Van proefveld- en praktijkonderzoek tot kennisintegratie en datamining is geen afgesloten hoofdstuk, maar vereist een duidelijke terugkoppeling en voortdurende verdieping aangezien de economische, agrarische en ecologische randvoorwaarden waarbinnen de resultaten van het onderzoek hun weg vinden naar de praktijk voortdurend wijzigen.

## CONCLUSIES

Professor Baeyens, zijn talrijke veldmedewerkers en zijn wetenschappelijke onderzoekers zijn de onmiskenbaar pioniers van de discipline Plantenvoeding in Vlaanderen zowel in theorie als in praktijk. De fundamenten van hun onderzoek blijven niet te onderschatten waarde dankzij de voortdurende verdere onderbouwing en updating van de proefveld- en praktijkgegevens tot referentiegegevens door de Bodemkundige Dienst. Ook voor het opstellen van de Belgische bodemkaart, wellicht de meest gedetailleerde kaart van de wereld, hebben Vlaamse onderzoekscentra van Gent en Leuven aan de frontlijn gestaan. Het updaten van de bodemkaart voor de bodemgeschiktheid voor land- en tuinbouwteelten was mogelijk dank zij een unieke samenwerking van talrijke mensen uit het wetenschappelijk onderzoek en de praktijk.

De landbouwsector wenst steeds meer kennis te hebben van de bemestingsstoestand van de bodem, de samenstelling van dierlijke mesten, de samenstelling van gewassen, enz. De slogan 'Meten is weten' wordt de laatste jaren steeds meer en meer gebruikt. Het aantal analyses neemt toe. Maar de Vlaamse landbouwsector wil meer en is ook gewoon van meer te krijgen. Zij wenst namelijk bemestingsadviezen en bekalkingsadviezen gesteund op praktijkgericht wetenschappelijk onderzoek gevalideerd voor de diverse Vlaamse bodemtypes en voor de verschillende teelten en variëteiten. Deze zijn beschikbaar in Vlaanderen onder vorm van expertsystemen en beslissingsondersteunende instrumenten en worden steeds op een accurate wijze up to date gehouden. De afstemming van de analysemethoden gebruikt voor het onderzoek, met deze gebruikt voor de praktijk, is en blijft een gouden regel in de plantenvoedingsleer. De Bodemkundige Dienst zal die blijven respecteren. Zeker nu, wanneer de fine tuning van de bemesting om economische en ecologische redenen meer dan ooit aan de orde is, is het respecteren van de basisregels en de basiskennis van de plantenvoeding van het grootste belang.

De vooraanstaande rol die Vlaanderen heeft gespeeld in de ontwikkeling van de plantenvoeding, was arbeidsintensief. Met de nodige inzet zou dit arbeidsintensieve werk ook vandaag nog kunnen worden georganiseerd, maar de resultaten zouden weinig betekenen in vergelijking met de oorspronkelijke resultaten gezien het feit dat de bodems intussen zijn verrijkt. Dankzij de databanken, worden met moderne middelen bestaande referenties gelinkt met de hedendaagse opvolging van de praktijkanalyses. Vlaanderen blijft aan de frontlijn: plantenvoeding is er springlevend! Uitdagingen als de EG-Nitraatrichtlijn worden op een creatieve manier aangepakt, denk maar aan de nitraatresidu's, de invulling van de derogatie, de mestverwerking,... de stijging van de meststofprijzen. Fine tuning van de bemesting via kennis van de plantenvoeding en de bodemvruchtbaarheid is het antwoord op vele uitdagingen.

## MET DANK AAN

De ontwikkeling van de plantenvoeding in Vlaanderen is er gekomen dank zij de samenwerking van talrijke staalnemers, wetenschappers, (rijks)landbouwkundigen, landbouwleraren, onderzoeksstations, instituten, universiteiten, proefuinen, praktijkcentra, voorlichters, internationale centra, proefveldhouders, meststoffinfirmas, analisten en zoveel land- en tuinbouwers,....

Het onderzoek gedurende al die jaren werd mogelijk gemaakt dank zij de financiële steun van het ministerie van Koloniën, het ministerie van landbouw, het NFWO, het IWONI, het IWT, Arol, Aminaal, ADLO, YLM, Vlaamse Gemeenschap, VLF, Vlaamse provincies, de Europese Commissie enz....

## LITERATUUROVERZICHT

- Alaerts, M., Feyen, J., Boon, W., 1986. Overzicht van de chemische vruchtbaarheid van het Belgische akkerbouw- en weilandareaal. Uitgave van de Bodemkundige Dienst van België en de Katholieke Universiteit Leuven, december 1986, 23 pp.
- Baeyens, J., Stenuit, D., 1948. De vruchtbaarheidstoestand en meststoffenbehoefte van de Belgische gronden. pp. 112.
- Baeyens, J., 1967. Nutrition des plantes de culture ou Physiologie appliquée aux plantes agricoles. Université de Louvain. Editions E. Nauwelaerts Louvain. 678 pp.
- Bijnens, O., Vandendriessche, H., 2008. Onderzoek naar de mogelijkheid van VIS/NIR toepassing voor bodemanalysen. Voortgangstrapport 1, pp. 18.
- Blommaert, 1987.
- Bodemkundige Dienst van België, 1956. Grondontleding. Handleiding voor de staalnemer. Uitgave van de Bodemkundige Dienst van België, pp. 80
- Boon, R., 1983. graan gewassen, slijsof bemesting: vooruitgang en perspectieven. Landbouwtijdschrift, 36, P. 567-577.
- Boon, W., Piot, R., Alaerts, M., 1983. Overzicht 1982-1983 van de chemische vruchtbaarheid van het Belgische akkerbouw- en weilandareaal. Uitgave van de Bodemkundige Dienst van België, 1983, 52 pp.

- Boon, W., Geypens, M., 1985. Overzicht 1983-1985 van de chemische bodemvruchtbaarheid van het Belgisch akker- en weilandareal. Inventaria 1983-1985 de la fertilité chimique des terres de culture et des prairies en Belgique. Bodemkundige Dienst van België, pp. 53-va
- Bries J. (1992). De multifactoriële aanpak van N-bemestingsadviezen. Studiedag Bodemkundige Dienst van België, 8 december 1994, 18 pp.
- Dudal, R., 2000. Biografische nota over Professor Jozef Baeyens voor de Academie van overzeese wetenschappen.
- Geypens M. (1987). Interpretatie van bemestingsadviezen, in "Studie- en vervolgkingsdag: Bemestingstechnieken. KVIIV, 5 november 1987, p. 7.1-7.23.
- Hendrickx, G., Boon, W., Bries, J., Kempeneers, L., Vandendriessche, H., Deckers, S., Geypens, M., 1992. De chemische bodemvruchtbaarheid van het Vlaamse akkerbouw- en weilandareal 1989-1991. Uitgave van de Bodemkundige Dienst van België, december 1992, 143 pp. (D/1992/6537/01 Koninklijke Bibliotheek Albert I, Brussel).
- Mantels, R., 2007. Geleerd in de tropen. Leuven, Congo & de wetenschap (1885-1960). Universitaire Pers Leuven, pp. 352 (ISBN 9789058676283).
- Mc Kenzie et al, 2002b; <http://www.nrm.gov.au/publications/faetsheets/mc-indicators/soil/pubs/soil-carbon.pdf>.
- Pauwels, P., Geypens, M., Kempeneers, L., Boon, W., 1988. Overzicht van de chemische vruchtbaarheid van het Belgische akkerbouw- en weilandareal, periode 1985-1987. Uitgave van de Bodemkundige Dienst van België, december 1988, 54 pp.
- Piot, R., 1951. Onderzoek naar de staalname op weiland in 1951. Interne publicatie van de Bodemkundige Dienst van België.
- Poullussen, P., 1987. Van burenlust tot milieuhinder: het stedelijk leefmilieu, 1500-1800. Monografieën leefmilieu nu. pp. 207.
- Saeyns W., Darius P., Ramon H., 2004. Potential for on-site analysis of hog manure using a visual and near infrared diode array reflectance spectrometer. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 12, 299-310.
- Stenuit, D., 1940-1945. Brieven aan de staalnemers van de Bodemkundige Dienst van België.
- Tits, M., 2007. Zeventig jaar onderzoek, zestig jaar Bodemkundige Dienst van België. Studiedag van de Bodemkundige Dienst van België.
- Tits, M., 2008. BDB-net, web-applicatie voor de opmaak van bemestingsplannen. <http://www.bdb.be>
- Vanden Auweele, W., Boon, W., Bries, J., Coppens, G., Deckers, S., Elsen, F., Mertens, J., Vandendriessche, H., Ver Elst, P., Vogels, N., 2004. De chemische bodemvruchtbaarheid van het Belgische akkerbouw- en weilandareal 2000-2003. Uitgave van de Bodemkundige Dienst van België, 137 pp. (D/2004/6537/01 Koninklijke Bibliotheek Albert I, Brussel).
- Vandendriessche, H., 2007. Cursus bemestingsleer K.U.Leuven.
- Vandendriessche, H., Boon, W., Bries, J., Coppens, G., Deckers, S., Ver Elst, P., Vogels, N., 2008. De chemische bodemvruchtbaarheid van het Belgische akkerbouw- en weilandareal 2004-2007. Uitgave van de Bodemkundige Dienst van België, 145 pp. In opmaak.

- Vanongeval, L., Ver Elst, P., Boon, W., Bries, J., Vandendriessche, H., Geypens, M., 1996. De chemische bodemvruchtbaarheid van het Belgische akkerbouw- en weilandareal 1992-1995. Uitgave van de Bodemkundige Dienst van België, 104 pp. (D/1996/6537/01 Koninklijke Bibliotheek Albert I, Brussel).
- Vanongeval, L., Bries, J., Meykens, J., Boon, W., Vandendriessche, H., Geypens, M., 2000. De chemische bodemvruchtbaarheid van het Belgische akkerbouw- en weilandareal 1996-1999. Uitgave van de Bodemkundige Dienst van België, 110 pp. (D/2000/6537/01 Koninklijke Bibliotheek Albert I, Brussel).
- Verordening (EG) Nr. 1782/2003 van 29 september 2003 tot vaststelling van de gemeenschappelijke voorschriften voor regelingen inzake rechtstreekse steunverlening in het kader van het gemeenschappelijk landbouwbeleid en tot vaststelling van bepaalde steunregelingen voor landbouwers en houdende wijzigingen van de Verordeningen (EEG) nr. 2019/93, (EG) nr. 1452/2001, (EG) nr. 1453/2001, (EG) nr. 1454/2001, (EG) nr. 1868/94, (EG) nr. 1251/1999, (EG) nr. 1254/1999, (EG) nr. 1673/2000, (EG) nr. 2358/71, (EG) nr. 2529/2001, (Publicatieblad van de Europese Unie, 21.10.2003).
- <http://www.agriv.be/gis/diensten/geo-vlaanderen/>
- [www.emis.vito.be/EMIS/Media/referentielabo\\_VLM\\_BAM\\_voortblad.pdf](http://www.emis.vito.be/EMIS/Media/referentielabo_VLM_BAM_voortblad.pdf)
- [www.stikstofmeetnet.be](http://www.stikstofmeetnet.be)