



50 ans CARTOGRAPHIE DES SOLS

Administration des services techniques de l'agriculture

1969-2019

*Carte des associations de sols du
Grand-Duché de Luxembourg, 1969*



LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère de l'Agriculture, de la Viticulture
et du Développement rural

Administration des services techniques
de l'agriculture

Impressum

© Ministère de l'Agriculture, de la Viticulture et du Développement rural
Administration des services techniques de l'agriculture, Luxembourg
Edition 2020, version corrigée de 2019

Coordination: S. Marx

Layout: C. Frisch

Photos: S. Marx, L. Leydet, F. Flammang, M. Steffen, A. Hagyo, A. Dehez.

Tirage: 200 exemplaires

50 ans CARTOGRAPHIE DES SOLS





50 ans CARTOGRAPHIE DES SOLS

Administration des services techniques de l'agriculture

1969-2019



*Carte des associations de sols du
Grand-Duché de Luxembourg, 1969*



LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère de l'Agriculture, de la Viticulture
et du Développement rural

Administration des services techniques
de l'agriculture



Préface

Romain Schneider – *Ministre de l'Agriculture, de la Viticulture et du Développement rural*

L'enjeu des sols dans notre société moderne est énorme. Ils remplissent des fonctions multiples et variées, toutes essentielles à la vie telles que nourrir le monde, filtrer l'eau de pluie, participer aux grands cycles biogéochimiques, héberger la macro- et microfaune du sol, stocker du carbone, supporter les bâtiments et infrastructures, être témoin de notre histoire et fournir des matières premières. Mais hélas, ils sont une ressource limitée, convoités pour de multiples usages parfois contraires ou peu compatibles entre elles. La formation des sols est un processus extrêmement lent, rendant cette ressource peu renouvelable. Pour préserver cet écosystème vivant, il faudra viser une gestion durable et apprendre parfois à faire des choix entre différents services.

L'étude des sols, dans toutes ses facettes, pour en comprendre leur fonctionnement est une des conditions indispensables pour pouvoir faire dans le futur des choix judicieux en termes de gestion et d'occupation des sols. Le service de pédologie de l'Administration des services techniques de l'agriculture est depuis plus de 50 ans un acteur privilégié dans la cartographie, l'étude, l'analyse et la classification des sols.

Son rôle a été renforcé dans le programme gouvernemental 2018-2023 en le promouvant au rang de *Centre de compétence pour l'étude et la cartographie des sols en relation avec la qualité et les fonctions des sols liés à l'agriculture et à la forêt*.

Il est le gardien d'un savoir-faire unique en cartographie des sols, d'un laboratoire d'analyse des sols accrédité selon ISO 17025, d'une banque de données et d'une carte des sols permettant d'analyser et de piloter les défis que l'agriculture, la viticulture, l'horticulture et la forêt rencontrent aujourd'hui et dans un proche avenir dans le cadre du changement climatique.

A l'occasion de la publication de la présente brochure, je voudrais également rendre hommage à toutes celles et à tous ceux qui, tout au long des cinquante dernières années, se sont investis passionnément pour l'agriculture luxembourgeoise en œuvrant au sein du service de pédologie de l'Administration des services techniques de l'agriculture dans l'intérêt de nos sols et se sont occupés plus particulièrement des activités liées à la cartographie des sols. Non seulement l'agriculture, mais également l'aménagement du territoire ainsi que la protection de l'environnement et de la nature ont ainsi pu bénéficier du fruit de leur travail.





Préface

Marc Weyland – *Directeur de l'ASTA*

Le sol est un des écosystèmes les plus complexes de la nature et un des habitats les plus diversifiés de la planète. Il renferme une myriade d'organismes très divers qui interagissent et contribuent aux cycles biogéochimiques rendant possible toute vie. On estime qu'ils abritent un quart de la biodiversité totale de la planète. Le sol est également le capital le plus important de la production agricole, viticole et horticole. Préserver cet écosystème est une nécessité absolue et une mission vitale pour ces secteurs.

L'Administration des services techniques de l'agriculture (ASTA), et plus particulièrement le Service de pédologie, a opéré minutieusement depuis bientôt deux générations dans la description, l'analyse, l'évaluation et la classification des sols luxembourgeois.

C'est pourquoi il me tient particulièrement à cœur de féliciter et de remercier chaleureusement tous mes collègues actuels, mais aussi tous les anciens collaborateurs, qui, tout au long de ces années, en exerçant consciencieusement leur tâche, ont contribué au sein du Service de pédologie de par leurs connaissances, leurs compétences et leur engagement à une meilleure compréhension, protection et mise en valeur des sols luxembourgeois, fussent-ils agricoles, forestiers ou destinés à d'autres fins et usages.

Au moment même où l'ASTA s'apprête à célébrer 50 ans de cartographie des sols par une séance académique et à publier la présente brochure, pour ainsi honorer l'action professionnelle de ces femmes et hommes, aura lieu la Conférence des Nations unies sur les changements climatiques (COP 25) à Madrid.

De plus en plus d'experts du climat s'accordent désormais pour affirmer que le sol est également un élément important du système climatique et qu'il aura un rôle notable à jouer pour relever le défi que représente le changement climatique pour l'humanité tout entière. Il s'agit en effet du plus grand réservoir de carbone, après les océans.

L'augmentation du stockage de carbone dans les sols agricoles et forestiers est un complément non négligeable aux efforts indispensables de réduction globale des émissions de gaz à effet de serre. Il convient ainsi par des actions et des pratiques concrètes d'enrichir les sols en carbone.

C'est pourquoi, je félicite le Service de pédologie de l'ASTA qui a d'ores et déjà intégré dans ses nombreuses missions l'observation et la surveillance de l'évolution temporelle du carbone dans les sols, la compréhension de sa variabilité spatiale ainsi que la promotion de techniques permettant d'augmenter ou à défaut de conserver les stocks existants.

Je souhaite à ce service beaucoup de réussite dans l'accomplissement de ces nouvelles tâches et fonctions.





Préface

Simone Marx – *Chef du service de pédologie (2007 –)*

Les missions du service de pédologie sont multiples. D'après le RGD du 22 juin 1967 sur les attributions de l'ASTA, il effectue les analyses concernant les principes nutritifs et la structure physique et chimique des sols, émet des avis concernant la fumure et procède à des essais culturaux en vue de la fertilisation et est chargé de l'établissement des cartes pédologiques du pays.

Depuis, le périmètre des activités s'est élargi. Le laboratoire des sols analyse annuellement quelque 13.000 échantillons de sols de l'agriculture, de la viticulture, de l'horticulture et des jardins privés, sur leur fertilité physico-chimique en vue d'un conseil de fumure. S'y ajoutent des paramètres de physique du sol et l'analyse granulométrique sur des échantillons provenant de la cartographie des sols, de la description de profils pédologiques et de projets de recherche. Régulièrement, de nouveaux paramètres ou domaines s'y ajoutent, tels que la détermination des éléments traces métalliques pour surveiller la pollution des sols ou l'étude des sols forestiers. Depuis 2016, le laboratoire est accrédité par OLAS selon la norme ISO 17025. En 2020, un laboratoire d'écologie des sols ouvrira ses portes dans une annexe de la division des laboratoires à Strassen. Un éventail d'indicateurs biologiques sera dorénavant un outil complémentaire pour évaluer et juger de l'état de santé d'un sol.

La cartographie des sols s'occupe du lever de la carte des sols détaillée. C'est une tâche de très longue haleine. Elle se poursuit depuis 1963 et couvre entretemps 77 % du territoire national. Les sondages se font à la main, à la tarière Edelman, sur 80 cm de profondeur et une densité de 2 sondages/ha. Les informations récoltées sont de type morpho-pédologique telle que texture et profondeur du sol, classe de drainage, pierrosité et nature du substrat. Elles sont transcrites sous forme de sigle pédologique et rassemblées en plages sur la carte numérique coordonnée. L'avancement est de l'ordre de 2.500 ha par an ou 1 % du territoire.

Régulièrement, des profils pédologiques sont ouverts, décrits et analysés. Les résultats permettent de mieux comprendre la pédogenèse des sols et leur fonctionnement. BDSOL, la banque de données de profils historiques et récents, complète le jeu de données sur les sols. Ensemble avec la carte des sols, les cartes thématiques sur les propriétés physico-chimiques des sols et les connaissances pratiques du comportement des sols, le service dispose d'un ensemble d'outils indispensables à la modélisation et au traitement géostatistique des propriétés et du fonctionnement des sols.

Les axes prioritaires sont actuellement l'étude de la biodiversité et de l'évolution du carbone organique dans les sols, les mouvements de l'eau et des solutés tels que nitrates et pesticides, les limites de la réserve utile en eau face au changement climatique et l'aptitude agricole des sols.

Ils sont traités dans le cadre de projets de service ou de projets de recherche en collaboration avec des instituts de recherche luxembourgeois (LIST) et belges (Gembloux Agro-Bio Tech, ULiège, UCLouvain). Il en découle des outils d'aide à la décision permettant de développer une stratégie nationale pour mettre en valeur tout en préservant cette précieuse ressource naturelle, souvent méconnue et sous-estimée, que sont nos sols.



Les DÉBUTS DE LA CARTOGRAPHIE DES SOLS au LUXEMBOURG

J.P. Wagener – Chef du service de pédologie (1964 – 1974)

Le service de pédologie de l'Administration des services techniques de l'agriculture (ASTA), sous l'autorité du Ministère de l'Agriculture, de la Viticulture et du Développement rural, fut officiellement créé le 1^{er} juillet 1949 dans la division des laboratoires de contrôles et d'essais à Ettelbruck, à l'époque encore appelée Station de Chimie agricole. Des sols y étaient analysés dès 1946.

A sa création, le service était constitué seulement d'un laboratoire d'analyse des sols, sous la responsabilité du chimiste P. Gillen, dont la mission principale était de conseiller les agriculteurs dans leurs démarches de fertilisation et de chaulage sur base d'analyses de sol. A partir de 1952, le service installa en collaboration avec le service de vulgarisation des champs d'essais de fumure et de chaulage sur terre arable et prairies permanentes auprès d'exploitants particuliers.

Avant la 2^{ème} guerre mondiale, le Luxembourg ne disposait que d'un seul type de document cartographique sur ses sols, à savoir des plans cadastraux, établis pour la majorité des sections communales entre

1900 et 1914, et reprenant des analyses de sol en vue de l'évaluation des besoins en scories Thomas.

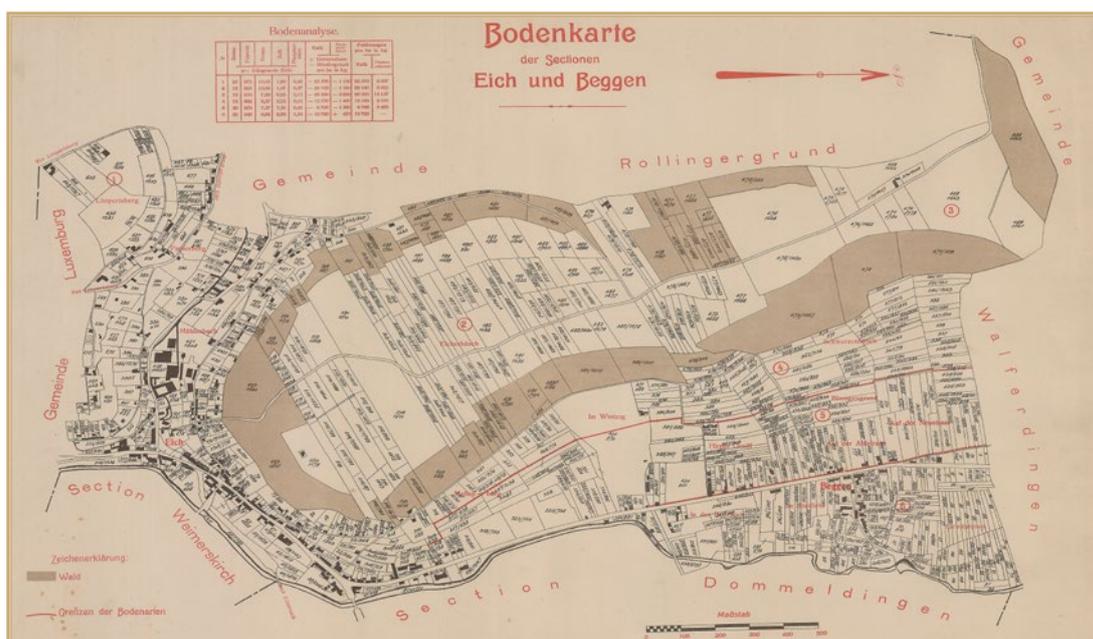
Voici ce que A.Thull, professeur au Lycée agricole à Ettelbruck, en disait dans son livre rédigé pour une exposition dans le cadre de la Fête de l'Indépendance en 1939.

«Um die Jahrhundertwende wurden, auf Anregung der Kommission für landwirtschaftliche Versuche, von der Ackerbauverwaltung in Zusammenarbeit mit der staatlichen landwirtschaftlichen Versuchsstation Bodenkarten hergestellt, welche Angaben über Gehalt an Steinen, Feinerde, Humus und Pflanzennährstoffen der jeweiligen Böden lieferte. Leider konnte die landwirtschaftliche Praxis nur wenig Nutzen daraus ziehen. Verhältnismäßig war die Zahl der Analysen zu gering und die Untersuchung der Ackerkrume allein konnte nur ein unvollkommenes Bild der Produktionskraft der Böden geben.»¹

Après la 2^{ème} guerre mondiale, l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture – FAO – incita les Etats-membres



1 A. Thull – Der freie Bauer und seine Scholle, 1939



à établir une carte des sols nationale afin de pouvoir mieux apprécier le potentiel de production alimentaire autochtone.

Abstraction faite de l'existence de classes de valeur productive au niveau du cadastre luxembourgeois, créées au 19^{ième} siècle pour des besoins d'imposition, le Luxembourg ne disposait pas d'une vraie carte des sols.

Aussi à partir des années 50, un projet de lever d'une carte des sols du pays était-il en discussion auprès des Services du Ministère de l'Agriculture. Or, l'exécution d'un tel travail requiert des spécialistes qui, à ce stade, faisaient complètement défaut au Luxembourg.

En 1954, les premiers contacts furent noués avec le centre de cartographie néerlandais I.T.C – International Training Center – de Delft en vue du dressement d'une carte pédologique au Luxembourg. Le but recherché à l'époque était d'identifier les sols convenant le mieux aux grandes cultures, aux herbages et à l'arboriculture, de conseiller les exploitants agricoles, horticoles, arboricoles et sylvicoles dans l'organisation plus rationnelle de leurs exploitations, de faciliter le remembrement et de détecter à première vue les sols devant être drainés. Les informations tirées de la carte pédologique devaient être complétées par l'analyse chimique des sols pour émettre des avis de fumure pour les exploitations agricoles.

Pour l'établissement d'une carte pédologique, il existait à l'époque deux méthodes: la méthode par prospection sur le terrain et la méthode par interprétation de photos aériennes.

La méthode de prospection sur le terrain, pratiquée en Belgique, est lente, laborieuse, nécessite un personnel nombreux et ne produit des résultats concrets qu'après de longues années.

La méthode par photo-interprétation permet d'identifier les grands types de sols par interprétation stéréoscopique des photos aériennes en étudiant le relief, la végétation et les reflets du sol. L'étude est complétée par des sondages de vérification sur le terrain pour les grands types de sol.

Les contacts que la Station de Chimie agricole d'Ettelbruck entretenait jusqu'à la fin des années 50 avec des Instituts de recherche spécialisés en sciences des sols en Belgique et aux Pays-Bas avaient conduit à des travaux sporadiques de cartographie, entrepris par des étudiants de ces instituts.

Les travaux ont définitivement démarré en 1962 avec un premier travail de cartographie d'une certaine envergure, réalisé par H.J.M. Verhoeven dans le cadre de sa thèse de doctorat auprès de l'I.T.C. - International Training Center - de Delft. Il cartographiait une région de 13.500 ha située entre Ettelbruck et Mersch. Un autre travail d'une importance similaire fut réalisé par R. Vermeire de l'Université de Gand, dans le cadre de sa thèse de doctorat, qui s'est proposé de réaliser une carte semi-détaillée du Gutland, située rive gauche de l'Alzette depuis la route de Luxembourg-Arlon jusqu'à la limite du Gutland-Oesling.

Si R. Vermeire établit sa carte par prospection terrestre, H.J.M. Verhoeven au contraire travaillait d'après la méthode d'interprétation de photos aériennes, méthode plus rapide parce qu'elle permet de réduire de près de 70% le nombre des observations de terrain.

Etant donné le manque de pédologues luxembourgeois d'une part et la nécessité de disposer d'une carte des sols d'autre part, tant pour pouvoir mieux orienter l'agriculture en vue de son intégration dans la Marché Commun que pour l'exécution de projets d'amélioration foncière (drainages, remembrements, ...), l'idée avait émergé de charger des pédologues étrangers du lever de la carte.

Dans ce but, des contacts furent pris avec M. Verhoeven ainsi qu'avec les professeurs A.P. Vink de l'I.T.C. de Delft, G. Manil de l'Université de Gembloux et R. Tavernier de l'Université de Gand.

M. Verhoeven était disposé à entreprendre le travail ; cependant les trois professeurs contactés déconseillèrent de faire lever la carte exclusivement par des étrangers.

M. Vink et M. Tavernier suggèrent la création d'un service pédologique national, secondé par une commission consultative à laquelle ils s'étaient déclarés d'accord de siéger en qualité d'experts étrangers. Ils proposèrent également de nouer les contacts en ce sens avec le professeur allemand E. Mückenhausen de l'Université de Bonn.

Suivant les conseils de MM. Tavernier et Vink, des pourparlers furent entrepris avec deux ingénieurs luxembourgeois, M. Hilger de la Faculté des sciences agronomiques de Gembloux et M. Wagener de l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich pour qu'ils acceptent de collaborer au travail de cartographie des sols, après



Règlement ministériel du 19 septembre 1963 portant création d'une commission consultative pour l'établissement d'une carte pédologique.

Le Ministre de l'Agriculture,

Considérant la nécessité de procéder à l'élaboration d'une carte pédologique qui constituera la base nécessaire pour les différentes améliorations structurelles, notamment le remembrement et l'assainissement des sols;

Arrête :

Art. 1^{er}. Il est institué, sous l'autorité du Ministre de l'Agriculture, une commission consultative pour l'établissement d'une carte pédologique.

Art. 2. Cette commission est appelée d'assister la Station de Chimie agricole qui est chargée de l'établissement de la carte pédologique. A cette fin, la commission émettra un avis sur toutes les questions concernant la confection de cette carte que la Station de Chimie agricole jugera utiles à soumettre à son appréciation.

En outre, la commission a pour mission de faire connaître à la Station de Chimie agricole les intérêts particuliers des différentes administrations qui sont intéressées à la confection d'une carte des sols.

Art. 3. Les membres de la commission sont nommés par le Ministre de l'Agriculture. Les délégués des administrations ne dépendant pas du Ministre de l'Agriculture sont nommés sur proposition des Ministres compétents. Le Ministre de l'Agriculture désignera le président et le secrétaire de la commission.

Les administrations suivantes sont représentées dans la commission:

- a) Le département de l'Agriculture ;
- b) la Station de Chimie agricole ;
- c) l'Administration des Services agricoles ;
- d) la Station viticole de l'Etat ;
- e) l'Administration des Eaux et Forêts ;
- f) l'Administration des Ponts et Chaussées, Service de géologie.

La commission peut s'adjoindre des experts, même étrangers.

Le Ministre de l'Agriculture peut élargir la composition de la commission si le besoin s'en fera sentir.

Art. 4. La commission se réunit sur convocation du président. Elle prendra ses décisions à la majorité des membres présents. En cas de partage des voix, celle du président est prépondérante.

Art. 5. Le présent règlement sera publié au Mémorial.

Luxembourg, le 19 septembre 1963.

Le Ministre de l'Agriculture,
Emile Schaus



avoir suivi un stage de formation à l'étranger. En ce qui me concerne, à mon retour de Zurich, avec un diplôme d'ingénieur forestier, je fus sollicité par les Anciens de Zurich, MM Kinnen et Heinerscheid, respectivement directeur et directeur-adjoint des Ponts et Chaussées, de m'intéresser à l'établissement d'une carte des sols de notre pays et pour cela suivre un cours de formation d'un an à l'I.T.C. de Delft, spécialisé en photogrammétrie et photographie et dans l'interprétation des photos aériennes.

Monsieur Victor Maas, chef du service de photogrammétrie des Ponts et Chaussées, ancien diplômé de Delft, fut mon tuteur pour m'inscrire à Delft afin de suivre des cours en photo-interprétation en pédologie entre le 2 janvier et le 20 décembre 1963.

Le 7 octobre 1963, M. Verhoeven fut engagé pour une durée provisoire de deux ans auprès de la Station de Chimie agricole à Ettelbruck pour aider à faire démarrer la cartographie des sols et former le personnel du service pédologique.

Le service pédologique de la Station de Chimie agricole fut équipé de bureaux, d'une salle de cartographie et d'une bibliothèque. Le laboratoire des sols fut équipé pour pouvoir faire la presque totalité des analyses pour le besoin de la cartographie.

Entretemps, sur base d'un règlement ministériel du 19 septembre 1963, une commission consultative pour l'établissement d'une carte pédologique avait été créée pour assister le service pédologique dans l'établissement de la carte des sols.

Les administrations en question étaient représentées par les personnes suivantes :

- a) Ministère de l'Agriculture, de la Viticulture et de la Protection des consommateurs (anc. Ministère de l'Agriculture) – M. Majerus, M. Gremling
- b) Laboratoires de contrôle et d'essais (anc. Station de Chimie agricole) – M. Krier (président), M. Wagener (secrétaire), M. Gillen (laboratoire des sols), M. Verhoeven (expert en pédologie)
- c) Administration des Services techniques de l'agriculture (anc. Administration des Services agricoles) – M. Hansen (directeur), M. Frisch, M. Ferring, M. Boever
- d) Institut viti-vinicole (anc. Station viticole de l'Etat) – M. Faber (directeur)
- e) Administration de la Nature et des Forêts (anc. Administration des Eaux et Forêts) – M. Gillen (directeur)

- f) Administration des Ponts et Chaussées, Service de géologie – M. Bintz (ing.)

Les experts pédologues siégeant dans la Commission consultative en tant que experts étrangers étaient:

- Prof. E. Mückenhausen, Université de Bonn
- Prof. R. Tavernier, Université de Gand
- Prof. A.P. Vink, I.T.C. de Delft
- R. Vermeire, assistant, Université de Gand
- M. Ryelandt, assistant, Université de Gand
- F. Geelhand, expert-cartographe (Ardenne)
- R. Steffens, expert-cartographe (Lorraine belge)

Entre mars 1964 et juin 1968, la Commission consultative se réunit 6 fois.

Une première réunion plénière de la Commission consultative pour l'établissement d'une carte des sols du Luxembourg eut lieu le 13 mars 1964 au bâtiment des Services agricoles à Luxembourg.

Comme tâche immédiate, la Commission avait à se prononcer sur l'échelle et la légende de la carte à adopter et sur la méthode de prospection à utiliser.

Plusieurs thèmes furent abordés :

- Etat actuel des travaux de cartographie
- Détails de la mission confiée à M. Verhoeven
- Attributions de la Commission consultative
- Mise au point de la méthode de travail pour le lever de la carte : combinaison du travail sur le terrain avec l'interprétation systématique des photos aériennes
- Echelle de la carte : les régions dont la nature complexe du terrain l'exige seraient à cartographier à l'échelle de 1:10.000 ; l'échelle pour la carte à imprimer serait celle du 1:25.000 et le découpage des 13 feuilles aligné sur celui de la carte géologique à l'échelle de 1:25.000
- Légende de la carte: adoption de la légende belge en mettant l'accent sur la composition granulométrique des sols, les classes de drainage et en 3^{ème} position le développement de profil - signe de la pédogenèse; élaboration d'une légende luxembourgeoise adaptée à la légende belge



Les réunions suivantes de la Commission consultative étaient successivement consacrées à l'étude sur place de profils pédologiques ouverts et décrits dans différentes régions du pays.

En juillet 1964: régions de Wiltz et de Capellen

En mai 1965: régions de Berlé et de Garnich-Kahler

Il résulte des discussions qui ont lieu lors de l'examen des différents profils pédologiques visités que l'application de la légende belge aux sols caractérisés par les profils ne conduirait pas à des difficultés majeures.

M. Verhoeven quitte le service le 1^{er} novembre 1965.

En mai 1966, les cartes des sols des régions-pilotes Garnich-Kahler, Berlé, Bas-Bellain, Lieler, les alentours de la Ville de Luxembourg sont présentées à la Commission et contrôlées sur le terrain. Une prospection des sols de la région de la Moselle luxembourgeoise se fait par la visite de profils ouverts et décrits dans les couches du Keuper et du Calcaire coquillier.

Le professeur A.P. Vink a été nommé professeur à l'Université d'Amsterdam et quitte la Commission consultative. Son mandat est repris par J. Vermeer de l'I.T.C. de Delft.

MM. Tavernier et Mückenhausen félicitent le personnel du Service de pédologie pour les travaux réalisés au cours de l'année passée

et proposent, à côté des cartes de sols détaillées, le grand intérêt d'une carte des sols plus généralisée à l'échelle de 1:100.000.

Entre mai 1966 et mai 1967, toutes les régions du pays sont cartographiées en vue de l'établissement de la carte à l'échelle de 1:100.000. Un contrôle des limites d'unités de sols à la frontière belge est réalisé en vue de leur correspondance.

En mai 1967, les cartes de sols de Weiswampach, Steinfort et Capellen sont présentées à la Commission et contrôlées sur le terrain. Une prospection des sols sur différents étages du Calcaire coquillier dans la région de la Moselle luxembourgeoise aura lieu dans la suite.

Dans les années 1966, 1967 et 1968 des cartographies détaillées ont été réalisées dans les environs de Luxembourg-Ville (projet d'aménagement), vallée de l'Attert (drainage), région de Biwer (remembrement), Ahn (remembrement), Wiltz (projet d'aménagement), Lieler (remembrement), Bech-Kleinmacher (remembrement), Differdange (forêts), Wormeldange (remembrement), Mamer (projet d'aménagement), Wecker (remembrement), Steinsel et Born (arboriculture).

En juillet 1968, la Commission consultative se réunit pour la 6^{ième} et dernière fois.

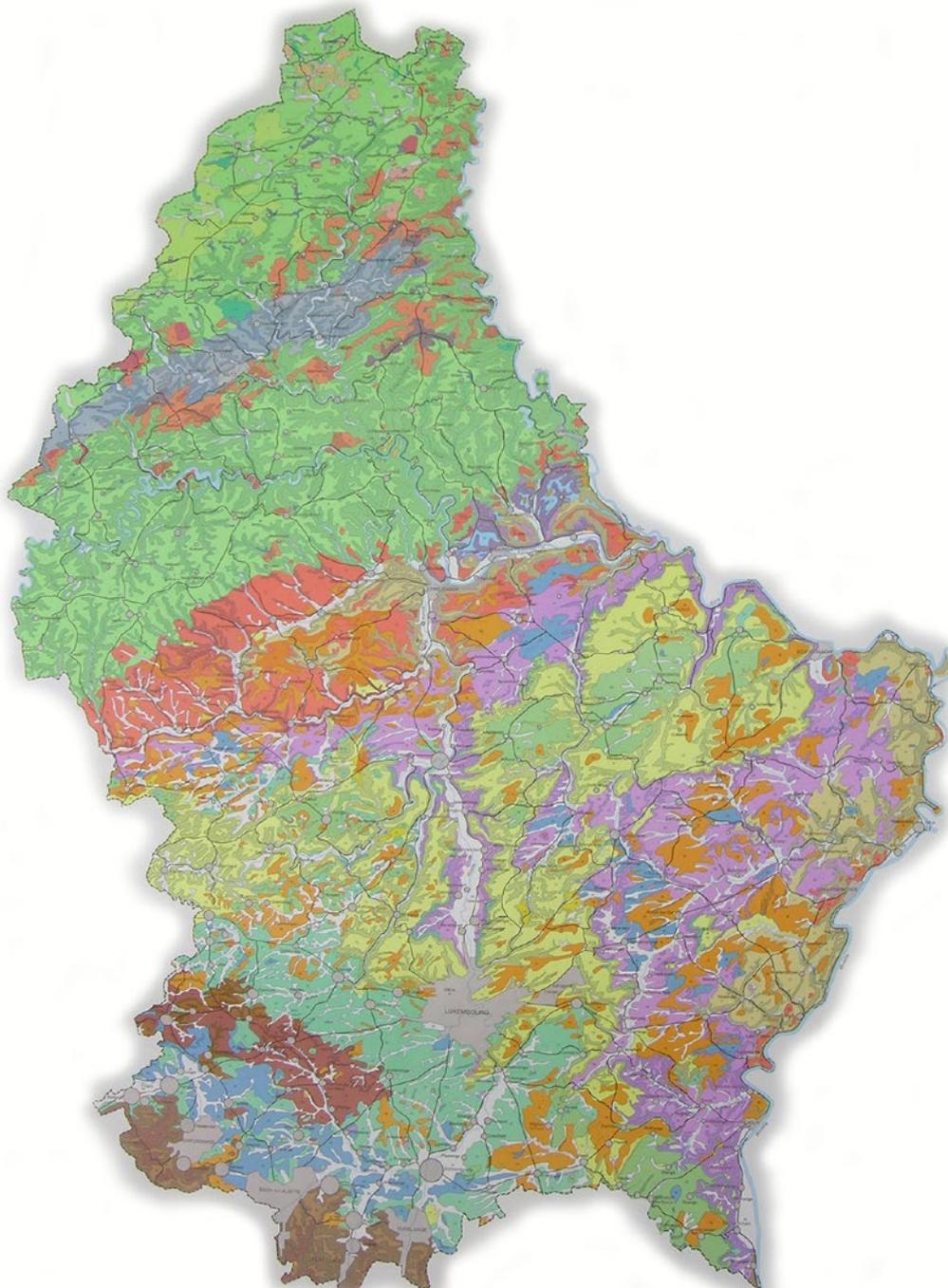
Le projet de la carte des sols à l'échelle de 1:100.000 fut présenté et analysé en vue de sa publication en 1969.



H. J. M. VERHOEVEN



Carte des sols à l'échelle 1:100.000 (1969)



Légende de la carte des sols (1 :100.000) Soil mapping unit - SMU		Séries pédologiques dominantes suivant la légende de la carte des sols détaillée (1 :25.000) Soil typological unit - STU					
Sols des plateaux et des pentes de l'Oesling							
1	Sols limoneux peu caillouteux, non gleyifiés à modérément gleyifiés, à horizon B structural	Gbb	GDb				
2	Sols limono-caillouteux à charge schisto-phylladeuse, non gleyifiés, à horizon B structural	Gbbfi					
3	Sols limono-caillouteux à charge schisto-phylladeuse altérée, non gleyifiés, à horizon B structural	Gbbfia					
4	Sols limono-caillouteux à charge schisto-phylladeuse, faiblement à modérément gleyifiés, à horizon B structural	GDbfi					
5	Sols limono-caillouteux à charge schisto-gréseuse, non gleyifiés, à horizon B structural	Gbbr	Gbbfi				
6	Sols limono-caillouteux à charge schisto-gréseuse altérée, non gleyifiés, à horizon B structural	Gbbr	Gbbfi				
7	Sols limono-caillouteux à charge schisto-gréseuse, faiblement à modérément gleyifiés, à horizon B structural	GDbbr	Gbbr	Gbbfi			
8	Sols limono-caillouteux à charge argilo-schisto-gréseuse, faiblement à modérément gleyifiés, à horizon B structural	GDbbrj	Gcbrj				
9	Sols limono-caillouteux à charge schisteuse, non gleyifiés, à horizon B structural	Gbbf					
Sols des plateaux et des pentes du Gutland							
10	Sols limono- et argilo-caillouteux à charge de galets quartzitiques, non gleyifiés à modérément gleyifiés, à horizon B structural ou textural	Gbbc	Gbac	GDbc	GDac		
11	Sols argilo-caillouteux à charge dolomitique, non gleyifiés, à horizon B structural	Gbbd	GDbd				
12	Sols argilo-caillouteux à charge calcareuse, non gleyifiés, à horizon B structural	Gbbk					
13	Sols sableux, limono-sableux et sablo-limoneux, non gleyifiés, à horizon B structural ou textural, sur substrat de grès calcaire, de sable ou d'argile d'altération	j-wZba	j-wSba	j-wPba	j-wLba		
14	Sols sableux, limono-sableux et sablo-limoneux, faiblement à modérément gleyifiés, à horizon B textural, sur substrat d'argiles	uZDa	uSDa	uPDa	uLDa	wSba	wPca
15	Sols sablo-limoneux et sablo-argileux, non gleyifiés à horizon B structural ou textural, sur substrat de grès bigarré	raLbb	raLba	Ebb	Eba		
16	Sols sablo-limoneux et limoneux, non gleyifiés à modérément gleyifiés, à horizon B textural	Lba	Aba	LDa	ADa		
17	Sols sablo-limoneux et limoneux, fortement à très fortement gleyifiés, à horizon B textural	Lla	Ala				
18	Sols argileux et argileux lourds, non gleyifiés, à horizon B structural ou textural, sur substrat de calcaires	kEbb	kUbb	kEba	kUba	kEbd	kUbd
19	Sols argileux, non gleyifiés, à horizon B structural ou textural, sur substrat de macigno	maEbb	maEba	maEDa			
20	Sols argileux, faiblement à modérément gleyifiés, à horizon B textural, sur substrat de macigno	muEDa	maEDa				
21	Sols argileux, faiblement à modérément gleyifiés, à horizon B textural, sur substrat d'argiles	Eday	EDay				
22	Sols argileux, non gleyifiés à modérément gleyifiés, à horizon B textural, sur substrat de grès coquillier	raLbb	raLba	ruEDa			
23	Sols argileux et argileux lourds, non gleyifiés à modérément gleyifiés, à horizon B structural ou textural, sur substrat de marnes et de calcaires	kEbb	kUbb	kEDb	kUDb	iEDBy	iUbb
24	Sols argileux et argileux lourds, non gleyifiés, à horizon B structural, sur substrat de marnes	iEbb	iUbb				
25	Sols argileux lourds, faiblement à très fortement gleyifiés, à horizon B structural ou textural, sur substrat de marnes	UDb	UDa	Ulb	Ula	Ulx	
Sols des vallées et des dépressions							
26	Colluvions et Alluvions	Ulp	EFp	Elp	EDp	LFp	
27	Zones de suintement	S					



En ce qui concerne la légende de la carte des sols, on distingue 25 grandes unités de sols des plateaux et des pentes de l'Oesling et du Gutland. Les zones de fonds de vallées et des dépressions sont séparées en 2 unités cartographiques. Une unité cartographique de sol aussi appelée Soil mapping unit (SMU) est en réalité une association de plusieurs unités typologique de sols (STU - Soil typological unit), dont les séries pédologiques dominantes sont reprises dans le tableau selon la légende de la carte des sols détaillée (1 :25.000)

La carte fut dessinée par le Major J. Kieffer qui avait intégré le service pédologique lors de la réforme de l'Armée luxembourgeoise en 1967. Elle fut imprimée en Suisse par l'imprimerie Orell-Füssli de Zürich. Un mémoire explicatif fut rédigé pour accompagner la carte établie.

Le 1^{er} février 1969, Monsieur J.P. Büchler, Ministre de l'Agriculture, fut nommé Ministre des Travaux publics et me pria de l'accompagner au Ministère des Travaux publics pour y être nommé membre du comité d'acquisition des terres nécessaires pour la construction des autoroutes, en tant que représentant de l'agriculture.

Les samedis de la semaine furent réservés au contrôle des zones cartographiées par les cartographes MM A. Schaack, P. Kayser et N. Faltz dans le courant de la semaine.

En 1970, la carte des sols à l'échelle de 1:100 000 fut présentée à la Commission agricole de la Chambre des Députés et aux représentants de la profession agricole.

A la suite de la présentation de la carte, Monsieur J.P. Büchler, Ministre de l'Agriculture et de la Viticulture, exprima le désir de faire déterminer, en matière de droit successoral rural, la valeur du rendement agricole d'un sol en fonction de classes de qualité du sol sur base de la nouvelle carte. Cinq classes d'aptitudes agricoles - très apte, apte, assez apte, peu apte, inapte - furent déterminées sur base de la valeur potentielle des sols pour les cultures et les prairies, rassemblées en 3 zones de productivité. Le règlement grand-ducal du 14 juillet 1971, ayant pour objet de définir et préciser les éléments nécessaires pour la détermination de la valeur de rendement d'un domaine agricole, stipule dans l'article 5 que les terres agricoles du pays sont réparties en trois classes de qualité en fonction de leur aptitude agricole, à savoir

- Classe I, sol de première qualité (18.7% SAU²)
- Classe II, sol deuxième qualité (58.9% SAU)
- Classe III, sol de troisième qualité (22.4% SAU)

La classification des terres agricoles dans les différentes communes, selon leur qualité, a été listée dans l'annexe dudit règlement.

En 1971, Son Altesse Royale le Grand-Duc Jean confia une distinction honorifique aux professeurs E. Mückenhausen et R. Tavernier pour leurs mérites quant à l'accompagnement scientifique et technique du processus de cartographie des sols au Luxembourg. La distinction honorifique leur fut remise le 12 juin 1971 par le Ministre de l'Agriculture et de la Viticulture, J.P. Büchler.

Le 30 mai 1974 fut votée une réforme de l'Administration des Ponts et Chaussées, créant une division «Eau», ayant pour mission la construction et l'entretien des réseaux de canalisation et d'alimentation en eau, l'entretien des aménagements hydroélectriques d'Esch-sur-Sûre et de Rosport, et des cours d'eaux navigables et flottables de la Moselle et la Sûre inférieure. Le même jour, j'ai été nommé chef de division de la dite division « Eau » et quitta le service de pédologie après avoir introduit mon successeur, Monsieur A. Puraye, au poste du chef de service en pédologie.

Des remerciements sont à adresser à la génération pionnière de cartographes luxembourgeois pour la persévérance et la qualité du travail de terrain à savoir MM A. Schaack, N. Faltz, P. Kayser et M. Goeres ainsi qu'au personnel du laboratoire des sols P. Gillen, E. Renckens et H. Wolff et au Major J. Kieffer pour le soin apporté à l'archivage des données pédologiques.



La carte pédologique du Luxembourg - DU BOUT DE LA TARIÈRE À LA POINTE DU CRAYON

Frank Flammang – Cartographe (2002-)

La carte pédologique du Luxembourg découle de celle qui est mise en route en Belgique après la Deuxième Guerre Mondiale. Tout travail de cartographie a pour but de mettre à disposition d'un tiers un outil qui lui permet de comprendre le terrain sans qu'il n'y soit passé. Ceci implique pour le cartographe qu'il doit, avant de commencer à faire des sondages, réfléchir aux besoins des utilisateurs de la future carte. A cette époque, l'agriculture et la sylviculture étaient avant tout des secteurs de production de matières premières. C'est dans cet esprit que la carte pédologique avait pour mission de renseigner, par ses sigles pédologiques, l'état morphologique du sol. Avec quatre renseignements clef, tel que la texture, le drainage, la profondeur et le développement du sol, on est à même de prévoir si le sol répond ou non aux besoins d'une production agricole ou sylvicole. Cette origine de pensée agricole est reprise dans la cartographie pédologique du Luxembourg.

Avant de commencer à faire des sondages au hasard sur le terrain, il est important de connaître et comprendre les spécificités de la zone à cartographier.

Ce travail se divise en deux parties

La partie au bureau consiste à rechercher et rassembler les données nécessaires pour les sorties de terrain. La pédologie est le plus souvent influencée par la géologie en place, laquelle détermine largement les processus de pédogenèse. Par exemple, le Grès de Luxembourg (li2) donne par altération des sols sableux à sablo-limoneux, tandis que le Keuper à marnolites compactes (km3) donne naissance à des sols à argile lourde. De nos jours, il nous paraît naturel de consulter par simple clic le géoportail qui nous renseigne la nature de la géologie en un endroit précis. Mais au début de la cartographie, il fallait consulter la carte géologique version papier correspondant à la zone à traiter. Les

premières cartes géologiques dressées entre 1947 et 1949 par Michel Lucius sont depuis les années 70 en voie de révision par le service de géologie à l'Administration des Ponts et Chaussées. La nouvelle édition est à l'échelle 1:25000 avec un découpage de treize feuilles, auquel la carte pédologique est raliée. Cette échelle est suffisante pour la plupart des détails nécessaires en cartographie des sols.



Bien que la géologie apporte une information précieuse, elle n'est pas suffisante dans toutes les situations. Sur la carte géologique, les pentes sont souvent simplement renseignées comme « éboulis des pentes et masses glissées (eb) », sans rendre compte de la diversité des situations rencontrées sur le terrain. Ces pentes fortes connaissent de grandes variations, tant en géologie (li1, ko, km3) qu'en texture (sable jusqu'à

argile légère) et nature du substrat (u, iu, w, ra-ru), sans oublier les mouvements de masse dus à la solifluction périglaciaire.

Il en est de même pour les limons éoliens et fluviatiles qui ne sont renseignés sur la carte géologique qu'à partir d'une certaine épaisseur. Au Luxembourg, les dépôts éoliens dépassent rarement la profondeur d'un mètre. Ils se sont donc mélangés au matériau parental et sont donc soit plus sableux (texture P et L) sur Grès de Luxembourg (li2) soit plus lourds (texture A et E) sur les géologies marneuses tels que Marnes de Strassen (li3) et Keuper que la texture limoneuse de départ.

Il va de soi que dans ces zones plus variables, il faut augmenter le nombre de sondages à l'hectare ; ceci afin de mieux comprendre la situation du terrain. 2 sondages par hectare en moyenne, entre 40 et 80 sondages par jour, telle est la vitesse d'avancement de nos travaux.

Certaines simplifications pratiques ont été décidées dès le début. Au Luxembourg comme en Belgique, la phase de profondeur, renseignant sur la profondeur du sol, est laissée de côté dans le sigle pédologique à partir d'une pente dépassant les 20%. En effet, en



raison de phénomènes tels que éboulis de pente, érosion, solifluxion, la variabilité de la profondeur des sols dans les fortes pentes est telle qu'on ne peut plus la représenter sur carte. Il a été donc décidé de faire abstraction de l'information de la profondeur du sol au-delà d'une pente de 20%.

Par conséquent, il fallait au préalable identifier sur les cartes topographiques les plages dépassant 20% de pente. Les cartographes précédents, travaillant sur les cartes topographiques à l'échelle 1:10.000, avaient dans leurs tiroirs des cartes sur lesquelles figuraient les pentes au-delà de 20%. Ceci était le résultat d'un travail laborieux à la main en utilisant la règle pour mesurer l'espace entre les courbes de niveau. Aujourd'hui, l'informatique nous aide à repérer ces zones. Dans ArcMap, un raster des pentes dépassant 20% est créé sur base du modèle numérique de terrain (MNT) et reporté sur la carte topographique à l'échelle de 1:5000 qui sert aujourd'hui de support pour les originaux de la carte des sols.

Au début de la cartographie et jusque dans les années 2000, on utilisait des photos aériennes comme matériel de base. A l'aide d'un stéréoscope, il était possible de voir en 3 dimensions le paysage de la région à cartographier. Le cartographe se préparait donc à l'avance au bureau et dessinait les fonds de vallées et/ou les dos de colline, repères classiques surtout en forêts vastes et uniformes, sur les photos aériennes. En milieu ouvert, ces marques servaient également à séparer les sols des plateaux des colluvions et alluvions.

Tant que les parcelles ne dépassent pas une certaine taille, il est assez facile de s'orienter en milieu agricole. Des arbres isolés, des haies, des bords de parcelles, des chemins ruraux, des bâtiments isolés et d'autres éléments particuliers servent de repère. Aux débuts de la cartographie, la Station de Chimie agricole s'était procurée un jeu complet de photos aériennes d'un survol de 1962 à l'échelle de 1:12.000 auprès de l'Institut Géographique National (IGN) de Paris. Elles étaient prises durant une période où les arbres ne portaient pas de feuilles et avaient une haute résolution. Ces photos bien précises avaient le gros désavantage de se transformer en art moderne à la première goutte de pluie et risquaient de faire perdre les sondages et les informations de plusieurs jours de travail de terrain. Au fil des années, la qualité physique de ces photos se dégradait. A partir de 2001,

l'Administration du Cadastre et de la Topographie délivrait des orthophotos au grand public. En 2007, le service de pédologie s'est procuré un jeu numérique d'orthophotos de l'année 2004, bien détaillées et en couleur. Ils servaient dès lors comme outil de travail pour y repérer les sondages réalisés sur le terrain. Ce qui ressemblait à une révolution à l'époque est aujourd'hui de nouveau dépassé par le passage à l'époque numérique.

Le service de pédologie a la mission de cartographier les sols depuis 1963. Mais de nos jours, parcourir des terrains pour y repérer de l'information devient mission délicate. Le service avertit régulièrement par courrier les exploitants de la région avant le commencement d'une nouvelle campagne. Cette mesure devient encore plus importante quand on se rapproche des agglomérations. Il est donc assez courant de se faire interpellé par la population locale et de devoir expliquer le but de son travail. Rares sont les personnes, en dehors du milieu agricole, qui connaissent notre mission mais beaucoup sont impressionnés par le caractère manuel et intensif de ce travail.

La deuxième partie du travail préparatoire prend un aspect plus pratique. Il est conseillé de se rendre sur place, de se faire une première idée de l'entité à cartographier et de voir l'état et l'avancement des cultures agricoles. Des sondages de repère avec, éventuellement, une prise d'échantillons pour une analyse granulométrique peuvent être faits. Un champ de colza après floraison, un champ de maïs en pleine floraison ou encore un troupeau de limousins surveillé par un taureau vif, peuvent poser des obstacles à contourner temporairement. Une jachère à ronces est plus praticable en hiver, les habits protégeant contre le froid aident aussi à la progression. De plus, le gel rabat la végétation. Si l'envergure de la zone à cartographier est suffisamment grande, on peut s'organiser à cartographier la forêt plutôt les jours de forte chaleur et garder le milieu ouvert pour les autres jours. En hiver, la fine couverture de litière en forêt permet, même après plusieurs jours consécutifs de gel, de pénétrer encore dans le sol avec la tarière. Un gel nocturne peut par contre être utile dans certaines conditions. Il aide à porter l'opérateur du terrain et le laisse facilement traverser des sols engorgés d'eau. Les dernières années, les étés extrêmement secs posaient un sérieux problème d'avancement aux travaux de cartographie. Un sol caillouteux à charge



conglomératique (galets ronds) devient vite impossible à pénétrer. Ces sols sont plutôt à envisager en conditions humides. La détermination de la texture par test tactile ainsi que les classes de drainage se compliquent avec l'assèchement du sol. Les zones de suintement, humides ou engorgées d'eau, sont plutôt à réserver pour des périodes plus sèches. Bien qu'il n'existe pas de période optimale pour tout type de sol, il faut reconnaître que le printemps précoce est une période favorable pour la plupart des cas de figures.

Après les travaux préparatoires, le travail à la tarière Edelman sur le terrain commence. En routine journalière, on essaie de faire des allers-retours sans laisser de côté des espaces ou coins isolés, pour lesquels on devrait retourner une deuxième fois sur les lieux. Pour le parcours journalier, il est recommandé de commencer par les hauts des terrains de la zone à cartographier. De cette façon, on rencontre généralement d'abord un sol qui est composé d'un horizon altéré reposant sur un substrat en place. En suivant la pente, le sol situé en-dessous est fortement lié au type de sol en amont tout en ayant subi éventuellement des processus d'érosion, de déposition ou des phénomènes d'engorgement d'eau. Cette manière de procéder par topo-séquence aide à comprendre les processus multiples ayant une influence

sur l'évolution d'un sol en un endroit précis. Une topo-séquence est souvent une suite logique de sondages débutant sur un plateau en passant par le versant plus ou moins raide pour arriver dans une vallée ou un fond de vallon plus ou moins étroit. Il est conseillé de rester aussi longtemps que possible sur une même hauteur, surtout en cas de versant à forte pente. S'ils existent plusieurs chemins équidistants qui remontent sur le plateau, on peut s'en servir pour plusieurs allers-retours sur la journée. Très souvent les parcelles agricoles sont orientées dans un même sens, ce qui simplifie le travail, surtout en prairie permanente.

Au début de la cartographie, on se servait uniquement de photos aériennes pour y marquer, à la main, le numéro du sondage. Sur un carnet à part, on marquait le sigle pédologique ainsi que d'éventuelles remarques explicatives. Dans la plupart des cas, l'emplacement du sondage se laissait facilement repérer sur la photo aérienne à l'aide de repères spécifiques tels qu'arbres, haies, routes.... Par contre, les zones de suintement (S), les mardelles (M) ou encore les fonds de vallons rocailloux (R) étaient plus difficiles à repérer.

En 2012, le positionnement des points de sondages et l'encodage de la série pédologique sont passés au numérique. Dans un



(photo A. Dehez)





premier temps, l'encodage se faisait à l'aide d'un GPS Trimble Nomad 6GB. On se contentait d'enregistrer le numéro du sondage et le sigle pédologique associé. A la fin de la journée, ces deux informations étaient transférées sur l'ordinateur de bureau et réimprimés sur fond topographique noir et blanc. La géolocalisation de sondages à caractère bien spécifique tel que les séries spéciales est de nos jours plus fiable à cause de cet outil informatique. De nos jours, la profondeur du sol est non seulement reprise par la phase de profondeur du sigle pédologique mais également renseignée à 5 cm près lors de la saisie du point de sondage.

En passant ensuite par le modèle Trimble TDC100, nous voilà aujourd'hui arrivés à un Tablet Samsung Galaxy, mis à disposition par le Centre Informatique de l'Etat sous la coordination de l'Administration du Cadastre et de la Topographie. Ceci nous permet un encodage facile avec la possibilité d'enregistrer plusieurs types de données sans perte de temps, avec le confort d'un écran tactile large donnant une bonne visibilité de l'entité de la zone. Pour éviter quelconque perte d'information en cas d'endommagement du GPS, on continue à marquer manuellement le sondage sur un extrait topographique version papier. Des sondages à caractères semblables

se laissent ainsi, par simple trait de crayon sur le papier, rassembler en polygones en vue de la future carte pédologique. Ainsi est conservée la philosophie des anciens cartographes, aujourd'hui retraités, qui disaient qu'il fallait toujours noter ce qu'on voit sur le terrain et, en cas de sondage peu typique, marquer où le rattacher.

L'assemblage de sondages identiques ou similaires sous forme de polygones d'entités de sols est l'étape suivante. Elle est réalisée au bureau sur fond topographique N/B à l'échelle 1:5000. Les données encodées sur le GPS sont imprimées sur ce fond topographique vierge. Il en est de même pour les zones à pentes >20 %, issues du modèle numérique de terrain.

Dans la mesure du possible, des polygones trop petits sont à éviter. Mon retraité collègue de travail attirait l'attention sur le fait qu'il faut éviter de faire des fautes logiques dans le découpage des zones. Si trois zones se juxtaposent, il faut garder un ordre logique dans la suite du drainage (du « b » au « c » puis « d » au « h ») et des textures (p.ex. du « P » au « L » puis « E »). Ceci est la raison pour laquelle certains polygones se ferment à l'extérieur (forme pointue) ou à l'intérieur (forme arrondie).

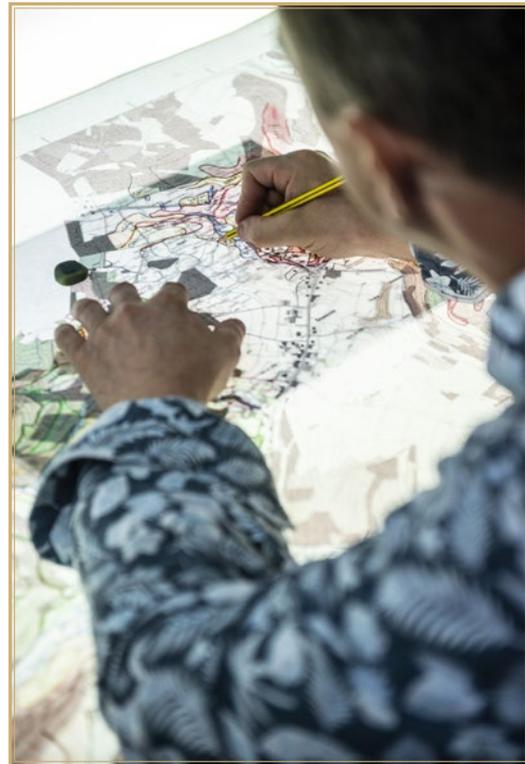


Pour structurer le travail, on commence à dessiner les zones spéciales telles que la zone bâtie (ZB), le terrain remanié (TR) et autres. Puis, on ressort les pentes fortes qui sont la plupart du temps très variables et donc représentées sans phase de profondeur. Une deuxième zone très hétérogène est celle des alluvions et des colluvions. Pour éviter un morcellement excessif des plaines alluviales, il faut très souvent regrouper des sigles variables.

Un cas spécial est réservé aux dépôts limoneux. De par leur nature, éolienne ou fluviatile, ils se sont formés, comme le nom l'indique, en se déposant sur le matériel géologique en place. Ceci est la raison pour laquelle les anciens cartographes dessinaient ces dépôts avec des contours arrondis.

Après avoir dessiné les zones plus importantes, on continue avec le restant des sigles. Dans le meilleur des cas, les sondages sont semblables ou présentent une répartition qu'on peut rattacher à la topographie. Dans le cas contraire, on se réfère et se laisse guider par les observations faites sur le terrain. A l'échelle de 1:5.000, un polygone ne peut rarement être représenté s'il ne dispose pas d'au moins deux à trois sondages à caractère semblable. Ceci amène soit à laisser de côté certains sondages marginaux, soit à rassembler des sigles, soit à prendre un sondage comme référence pour définir une zone de transition. Il existe des zones complexes où une densité de sondages supérieure a dû être effectuée sur le terrain. Cette augmentation de sondages ne doit pas forcément entraîner une multiplication de polygones de sigles différents. La carte doit rester lisible, lors du dessin des plages cartographiques. Le regroupement de sondages en une plage cartographique est toujours un travail de réflexion et de pondération, une recherche de compromis entre la restitution de la variabilité ponctuelle et la lisibilité et la représentativité de l'ensemble.

En phase finale, les plages créées sont colorées aux crayons couleurs pour donner une meilleure vue de la zone cartographiée. Elle aide à faciliter la lisibilité du document. Les couleurs bleues indiquent par exemple les sols de nature fluviatile tandis que les couleurs jaunes se rattachent aux sols sableux. Il est clair qu'on ne peut varier à l'infini les couleurs, sachant qu'ils existent quelques 2000 sigles. C'est pourquoi les couleurs ne sont pas articulées au niveau des phases.



(photo A. Dehez)

Les originaux sont scannés, digitalisés et numérisés dans le système d'information géographique ArcMap et rassemblés en un seul shapefile.

Cette manière de décrire le sol, maintenant âgée de plus d'un demi-siècle, n'a rien perdu de sa valeur. Elle est plus que jamais d'actualité. Utilisée par une multitude d'acteurs en matière d'aménagement du territoire et de modélisation, elle sera un outil précieux dans l'évaluation des effets du changement climatique sur la production agricole et sylvicole.



La carte des sols détaillée du Luxembourg à l'échelle 1:25.000

Simone Marx – *Chef du service de pédologie (2007-)*

A partir de 1963, une cartographie détaillée des sols fut réalisée progressivement par prospection sur le terrain, d'abord par régions-pilotes (Verhoeven, 1965), ensuite par planches sous la responsabilité de J.P. Wagener (chef du service de pédologie 1964-1974) et A. Puraye (chef du service de pédologie 1975-2006) avec les cartographes A. Schaack (1964-2002) et N. Faltz (1968-2007), engagés au service de pédologie. Entre 1965 et 1966, plusieurs levés pédologiques furent réalisés par des pédologues en formation de l'Université de Gent sous la direction du professeur R. Langohr, dont celui de la région de Junglinster (Dogar M., 1966) qui fut intégré dans la carte pédologique. De nos jours, la cartographie des sols continue à se poursuivre avec le cartographe F. Flammang.



Pour les besoins de la carte des sols, le pays fut découpé en 13 planchettes à l'échelle 1:25.000. Le découpage national fut fixé ensemble avec le service géologique pour être identique à celui de la carte géologique.

Pour la représentation des différentes unités cartographiques, le service pédologique, ensemble avec la Commission consultative pour l'établissement d'une carte pédologique (1963-1968), opta pour la classification et la légende de la Carte des Sols de Belgique à quelques exceptions et simplifications près et avec quelques ajoutés au niveau des sous-séries et des phases (rapport de cartes de Kahler et Berlé). La légende est avant tout de type morphologique (texture, drainage, profondeur du sol). Le côté 'pédogénèse' (développement du profil) n'est que faiblement développé.

Les simplifications (Wagener, 1967) par rapport à la légende exhaustive de la Carte des Sols de Belgique (Bock et al., 2007) découlent essentiellement d'une diversité plus réduite des types de sols au Luxembourg et d'une adaptation de la profondeur de sondage lors des levés de terrain de 125 cm (Belgique) à 80 cm (Luxembourg). Il en résulte notamment une simplification des

classes de drainage par rapport au système belge.

Depuis les débuts et jusqu'à nos jours, les levés de terrain se font par sondage à l'aide d'une tarière Edelman jusqu'à une profondeur de 80 cm, selon un maillage régulier de +/- 2 sondages/ha.

Des photos aériennes à l'échelle 1:5.000, datant des années 60, servaient jusqu'en 2007 de document de base pour repérer les sondages. Depuis, on est passé à des versions plus récentes. Le sondage est inscrit sur la photo aérienne et numéroté de façon continue. Le carnet de terrain reprend par sondage la série pédologique attribuée avec, si nécessaire, des remarques et commentaires sur le point de sondage. Finalement, depuis 2012, les sondages sont géoréférencés par GPS.

Au bureau, le cartographe dessine les unités pédologiques qui découlent des observations de terrain sur une carte topographique noir et blanc. Le fond topographique utilisé jusqu'en 2007 était également celui de 1962, à l'échelle 1:10.000. A partir des originaux au 1:10.000, une carte pédologique au 1:25.000 fut éditée et publiée. Depuis 2008, de nouveaux fonds topographiques à l'échelle 1:5.000 (version noir/blanc 2000) sont utilisés pour dresser les originaux.

De nos jours, les originaux sur fond topographiques sont scannés et digitalisés directement sur écran dans ArcMap.

En 1999, 7 planchettes sur 13, représentant 50 % du territoire national, étaient publiées en couleur sous format papier (OrellFüssli, Suisse). En 2002, les 7 planchettes publiées furent numérisées sur base des cartes-papier publiées à l'échelle 1:25.000 à l'Université de Göttingen.

Un inventaire des travaux de levés réalisés en 2007 révéla une surface de 15 % du territoire, soit 39.000 ha, cartographié mais non-publié. En 2008, des travaux de digitalisation et de numérisation des originaux en question commencèrent à l'échelle du 1:10.000 dans un système d'information géographique (ARCMap).



Les travaux réalisés concernaient les cartes pédologiques n° 5 de Diekirch, n° 3 de Wiltz et n° 7 de Rédange. Les gros travaux de digitalisation des originaux non-publiés furent clôturés en 2009. De nos jours, les originaux sont scannés, digitalisés directement sur écran dans ArcMap et intégrés à la carte numérique harmonisée.

Parallèlement, la carte des sols fut retravaillée par rapport aux minutes et complétée au niveau de la structure de la table des attributs pour l'aligner sur le tableau synoptique des symboles pédologiques de la **Légende de la Carte Numérique des Sols de Wallonie (2007)** sous l'autorité de la Communauté Française de Belgique et avec l'appui du

laboratoire de Sciences du sol de Gembloux Agro-Bio Tech Université de Liège (anc. Faculté des Sciences agronomiques de Gembloux).

A l'heure actuelle, les travaux de cartographie se poursuivent toujours sur le terrain avec un cartographe à raison de 2.000 à 2.500 ha par an (+/- 1 % de la surface du pays).

La carte des sols détaillée est levée et numérisée pour la majeure partie du territoire luxembourgeois (199.684 ha, 77% de la superficie) et constitue, dans sa version actuelle, une base de données géographiques de plus de 37.261 plages (polygones) de sols, décrites par 2008 séries pédologiques différentes qui peuvent être rassemblées en 250 séries de sols principales.

Tableau 1: Liste des cartes de sols du Luxembourg à l'échelle 1:25.000 (1971-2019)

Feuille	Levé	Publication	Format	Année de publication	Editeurs/cartographes
1 Troisvierges	100 %	Oui	Papier/SIG	1972	J.P.Wagener/A.Schaack
2 Wiltz	27 %	Non	- / SIG	-	S.Marx, A.Puraye/A.Schaack, F.Flammang
3 Clervaux	43 %	Non	- / SIG	-	S.Marx, A.Puraye/N.Faltz, A.Schaack, F.Flammang
4 Esch-sur-Sûre	100 %	Oui	Papier/ SIG	1980	A.Puraye/ N.Faltz, A.Schaack
5 Diekirch	97 %	Non	- / SIG	-	A.Puraye/N.Faltz, F.Flammang, A.Schaack
6 Beaufort	100 %	Oui	Papier/ SIG	1995	A.Puraye/N.Faltz, A.Schaack
7 Rédange	52 %	Non	- / SIG	-	S.Marx/F.Flammang
8 Mersch	56 %	Non	- / SIG	-	S.Marx, UGent/N.Faltz, A.Schaack, F.Flammang
9 Echternach	100 %	Oui	Papier/ SIG	1988	A.Puraye/N.Faltz, A.Schaack
10 Luxembourg	100 %	Oui *	Papier/ SIG	1971	J.P.Wagener/ A.Schaack
11 Grevenmacher	41 %	Non	- / SIG	-	A.Puraye, S. Marx, UGent/A.Schaack, F.Flammang
12 Esch-sur-Alzette	100 %	Oui *	Papier/ SIG	1975	J.P.Wagener/ N.Faltz, A.Schaack
13 Remich	100 %	Oui	Papier/ SIG	1998	A.Puraye/ N.Faltz, A.Schaack

* = absence de phases de profondeur sur la planche publiée



Légende de la carte des sols détaillée

La légende de la carte des sols du Grand-Duché de Luxembourg se base sur les mêmes principes de classification que la légende unique et homogène de la Carte Numérique des Sols de Wallonie (Bock et al., 2007) anciennement Carte des Sols de Belgique.

L'unité fondamentale est la série de sols (STU- Soil typological unit) aussi appelée série pédologique, représentée par un sigle pédologique, qui renseigne sur un éventail de caractères morpho-pédologiques tels que repris ci-joint.

- la **texture** ;
- le **drainage naturel** ;
- le **développement de profil** ;
- la nature de la **charge en éléments grossiers** pour les sols de plus de 15 % vol. en éléments grossiers ;
- la **profondeur d'apparition du substrat**, correspondant à l'épaisseur du sol ;
- **diverses variantes** et autres **phases** apportant des précisions supplémentaires à la série pédologique.

On distingue les séries principales et les séries dérivées.

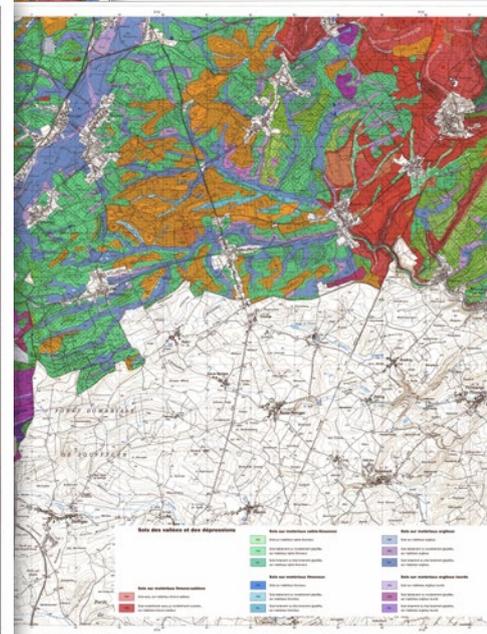
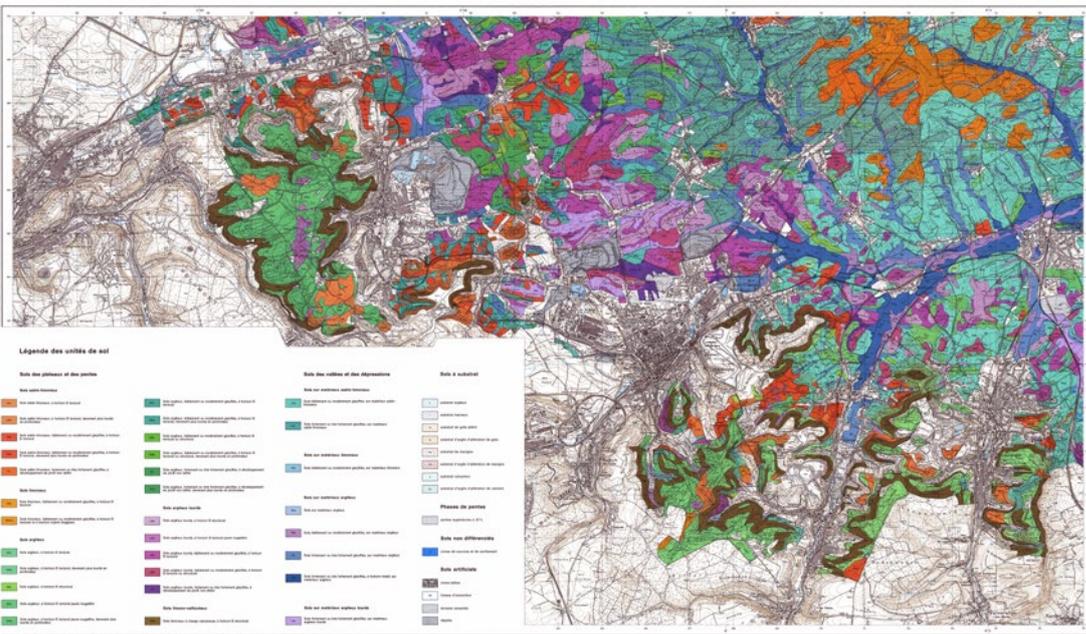
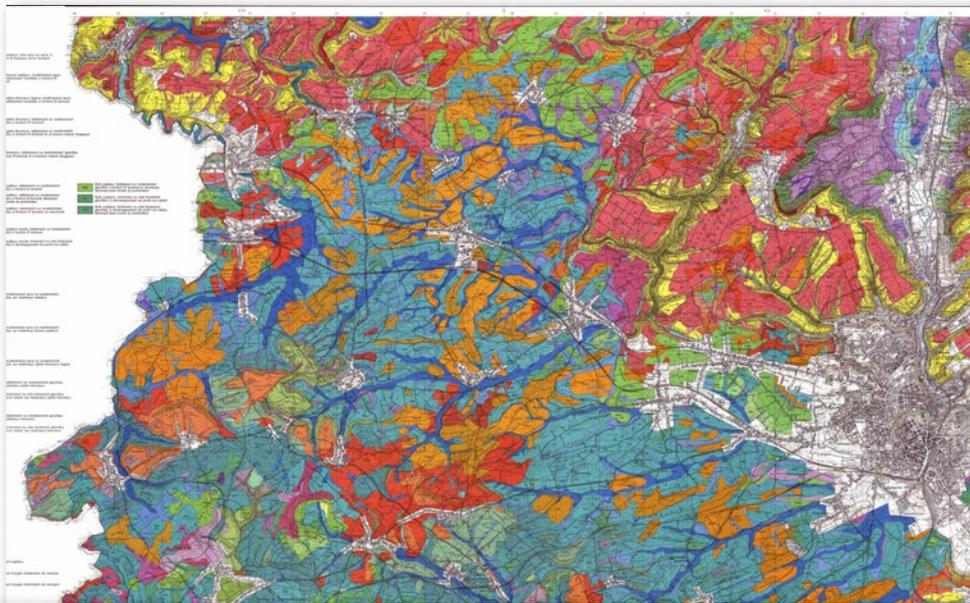
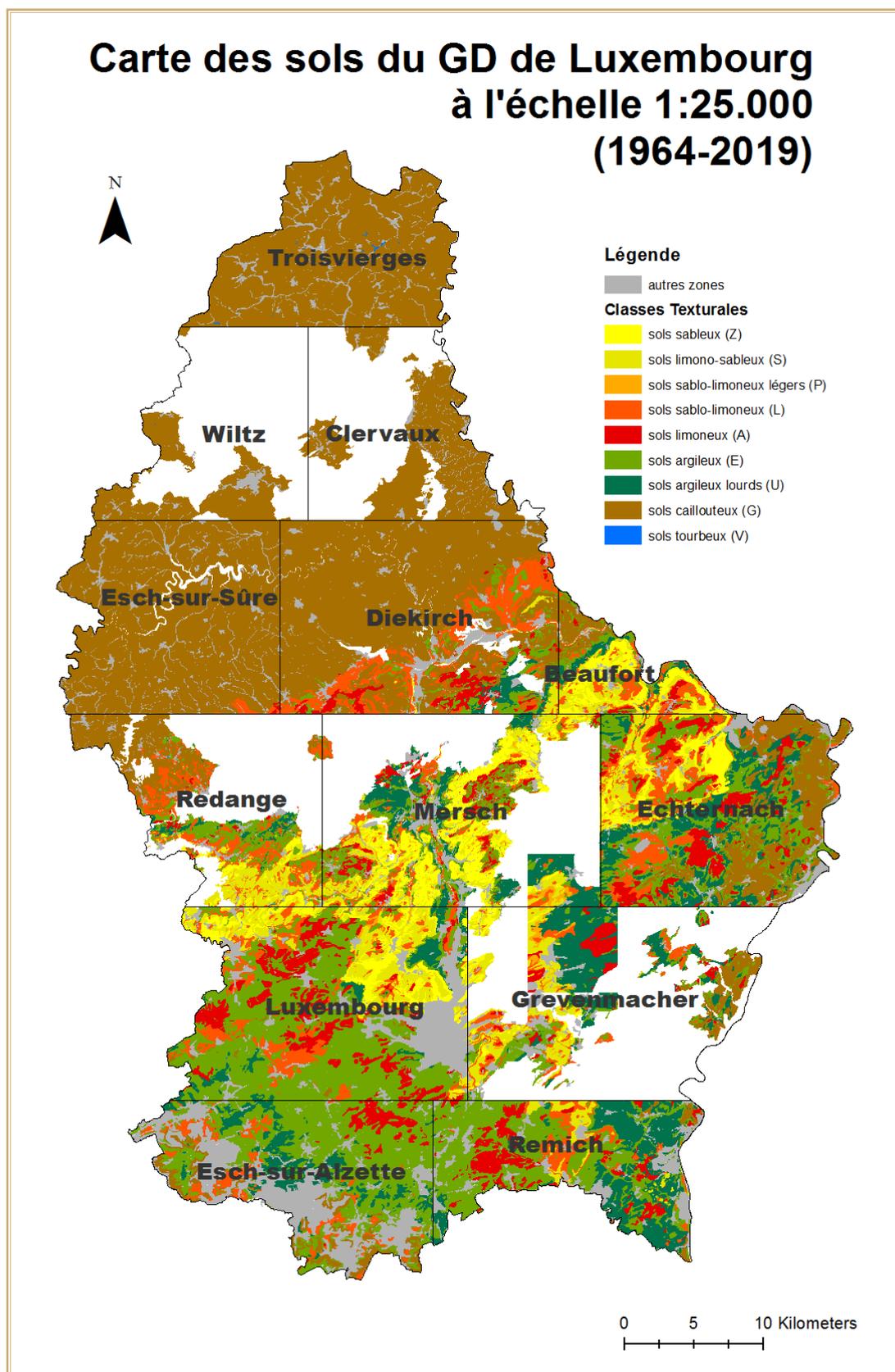


Figure 1: Carte des sols du GD de Luxembourg à l'échelle 1:25.000 (1964-2019)



1 Séries principales

La **série principale** est déterminée par 3 ou 4 caractères du sol :

- la **texture** ou nature de la **roche-mère**¹ (ou matériau parental), suivant le triangle textural belgo-luxembourgeois (Figure 3), correspondant conventionnellement au moins aux 30 premiers centimètres pour les sols développés dans des formations meubles (Tableau 4). Elle est désignée par une **majuscule en première position**.
- **L'état du drainage naturel**. Il est indiqué par une **minuscule**, placée en **deuxième position** à droite de la majuscule de texture. Il renseigne sur l'apparition de taches d'oxydo-réduction (pseudogley²) ou d'un horizon bleuâtre à verdâtre par réduction (gley³) et en précise la profondeur. Ces manifestations expriment des conditions d'hydromorphie, de la présence d'une nappe perchée ou d'une nappe souterraine (Tableau 3).
- Le **développement de profil**, indiqué par une **minuscule**, placée en **troisième position** à droite de la lettre du drainage. Par développement de profil, on entend les différenciations qui se sont développées dans un matériau meuble, au fil du temps, sous l'influence des agents pédogénétiques. Ces différenciations se manifestent sous forme de couches de couleur, de texture, de teneurs en tel ou tel élément différentes, appelés horizons (Tableau 4).

Pour les sols minéraux à teneur en éléments grossiers > 5 % vol. (> 2mm)

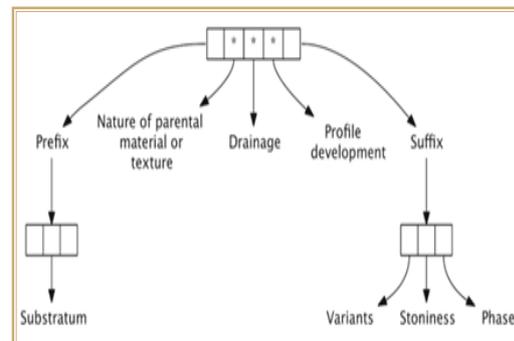
- Pour les textures L, A et E, les sols à **teneur en éléments grossiers > 5 % en vol.** sont représentés par une majuscule G en première position sans indication sur la nature de la charge caillouteuse
- Pour les textures L, A et E, les sols à **teneur en éléments grossiers > 15 % en vol.** sont représentés par une majuscule G en première position et une **minuscule** (ou deux

minuscules ou une majuscule), placée en **quatrième** (ou cinquième) **position**, renseignant sur la nature de la charge caillouteuse (Tableau 5).

La combinaison de ces trois à quatre lettres conduit donc au sigle de la **série principale**.

La valeur agricole des sols est principalement déterminée par les deux premiers facteurs (texture, drainage) et la profondeur du sol tandis que le développement de profil présente avant tout un intérêt scientifique.

Figure 2. Schéma du sigle pédologique (S. Dondeyne)



Une **minuscule** (ou deux minuscules ou une majuscule) **précédant la majuscule de la texture** de l'horizon de surface indique un **substrat** (tableau 8) ou matériau parental, de nature lithologique différente ou non de celle du matériau sus-jacent, identifié à moins de 80 cm de profondeur. Dans ce cas, la **série** est dite **dérivée**.

Des **variations secondaires** dans une même série principale permettent de la subdiviser en **variantes** ou **phases**. Ces caractéristiques sont importantes du point de vue de la différenciation du profil et de l'utilisation du sol. Les variantes ou phases sont indiquées par des symboles (**chiffres et/ou lettres**) repris en **suffixe** du sigle. Ces variantes ou phases comprennent plusieurs catégories: phases de profondeur (tableau 9 et 10), variantes de développement de profil (tableau 11), de matériau parental meuble (tableau 12).

Des variantes du développement de profil, du matériau parental, de la nature de la

1 Roche cohérente ou meuble située aujourd'hui sous les horizons pédologiques et à partir de laquelle s'est formé le sol, directement ou par l'intermédiaire d'une altérite (produit d'altération d'une roche cohérente). Le terme « matériau parental » est préférable car plus universel (Baize, 2004).

2 Ancien terme désignant des volumes pédologiques caractérisés par la succession de phases d'oxydation et de réduction liées à des engorgements temporaires. Celles-ci entraînent la formation de ségrégations de fer sous différentes formes (notamment de nodules) et la juxtaposition de teintes rouilles et blanchâtres (adapté de Baize, 2004) (stagnic properties selon WRB2015).

3 Ancien terme désignant des volumes pédologiques caractérisés par la réduction du fer suite à un engorgement prolongé, d'où des teintes bleuâtres ou verdâtres (adapté de Baize, 2004). (gleyic properties selon WRB2015)



charge en éléments grossiers dans le cas des sols caillouteux ou de la profondeur sont représentées par des **lettres** ou des **chiffres supplémentaires**, placées soit en **suffixe** soit en **préfixe**. Dans ces cas, on ne parle plus de série principale mais de **série dérivée**.

La série dérivée la plus fréquemment rencontrée est celle des variantes de profondeur avec un type de sol reposant sur un substrat apparaissant avant 80 cm de profondeur. La combinaison des sigles associe alors à la série principale un **préfixe** indiquant la nature du substrat et un **suffixe** renseignant sur la profondeur d'apparition du substrat.

1.1 Classes texturales

Les sols sont subdivisés en deux groupes, selon la nature du matériau parental : les sols minéraux et les sols organiques.

Les sols minéraux

Sols sur sédiments meubles à teneur en éléments grossiers (> 2mm) inférieure à 5%.

Les 7 classes texturales sont déterminées par analyse granulométrique et symbolisées par les lettres **U, E, A, L, P, S, Z** (Tableau 2, Figure 3). Les fractions granulométriques comportent la teneur en argile (0-2 µm), en limon (2-50 µm) et en sable (50 µm-2 mm) de la terre fine tamisée à 2 mm.

La texture est toujours désignée par une majuscule et figure en première position du sigle de la série principale.

Sols sur sédiments meubles à teneur en éléments grossiers supérieure à 5%.

La texture correspond à un point situé dans le diagramme triangulaire dans les zones A, L ou E selon la nature de la roche-mère pédologique. Ces sols sont indiqués par le symbole **G**.

Tableau 2. Classes texturales

Symbole de texture (classe texturale)	Texture	Sols sur plateaux et pentes	Sols dans vallées et dépressions	Attribut SIG
Z..	Sable	Sols sableux	Sols sur matériaux...sableux	MAT_TEXT
S..	Sable limoneux, sable argileux	Sols limono-sableux	... limono-sableux	
P..	Limon sableux léger	Sols sablo-limoneux légers	...sablo-limoneux légers	
L..	Limon sableux, limon sableux lourd	Sols sablo-limoneux	...sablo-limoneux	
A..	Limon léger, limon, limon lourd	Sols limoneux	...limoneux	
E..	Argile légère, argile sableuse, argile, argile limoneuse	Sols argileux légers	...argileux légers	
U..	Argile lourde, argile lourde sableuse, argile très lourde	Sols argileux lourds	...argileux lourds	
G.. (sans précision de la nature de la charge en EG en 4 ^{ième} position)	Limon peu caillouteux (charge en éléments grossiers entre 5 et 15% en volume et texture L, A ou E)	Sols limoneux peu caillouteux	...limoneux peu caillouteux	
G... (avec précision de la nature de la charge en EG en 4 ^{ième} position et phases de profondeur 1, 2, 4, 6)	Limon caillouteux (charge en éléments grossiers entre 15 et 50% en volume et texture L, A ou E)	Sols limono-caillouteux	...limono-caillouteux	
G... (avec précision de la nature de la charge en EG en 4 ^{ième} position et phases de profondeur 3, 5, 6)	Limon très caillouteux (charge en éléments grossiers > 50% en volume et texture L, A ou E)	Sols limoneux très caillouteux	...limoneux très caillouteux	
V	tourbe	Sols tourbeux		



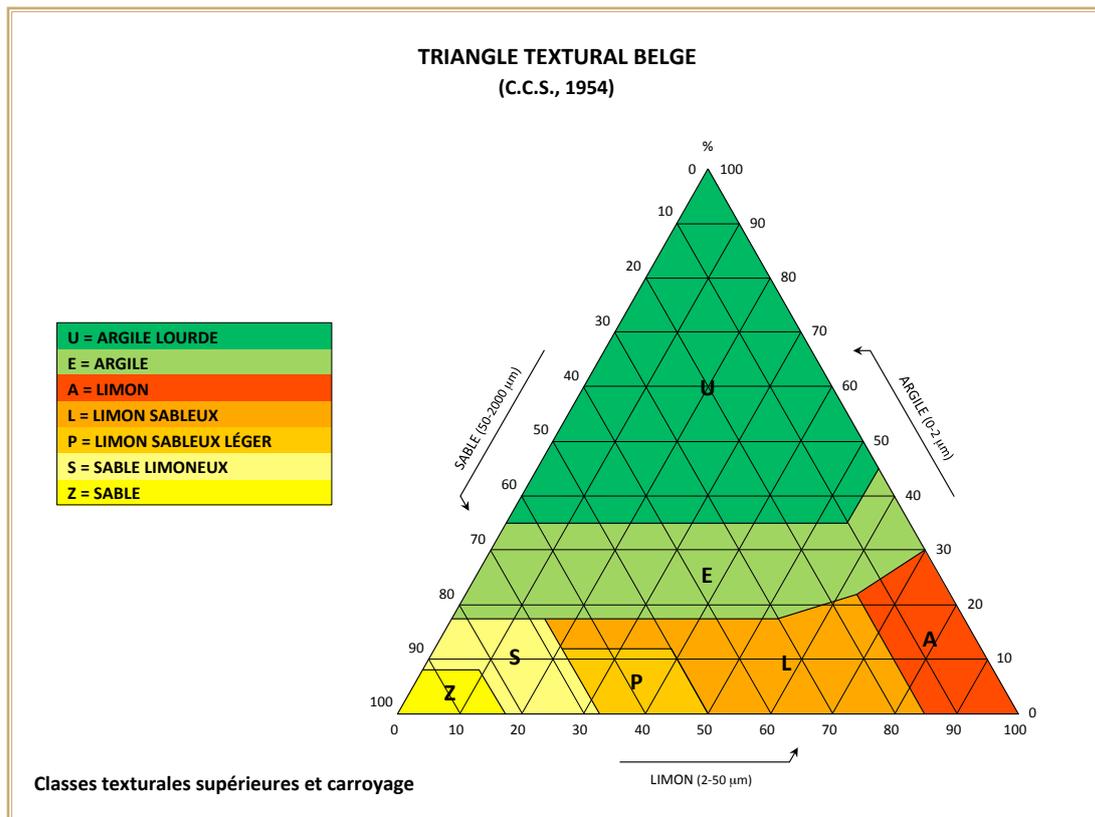


Figure 3. Diagramme des classes texturales pour la carte des sols du Luxembourg

Il y a lieu de faire certaines précisions sur la convention d'utilisation de certains sigles texturaux dans le contexte luxembourgeois.

La texture est déterminée lors des levés de terrain par test tactile. A cet effet, le cartographe prend soin de se calibrer par rapport à des analyses granulométriques faites périodiquement au laboratoire des sols sur des échantillons de références. En cas de doute sur le terrain, un échantillon d'un sondage est également ramené au laboratoire et analysé.

Texture A (limon) : Au Luxembourg les apports éoliens de loess quaternaires sont très limités et discontinus, de sorte qu'on ne retrouve que peu de plages de sols limoneux. De plus, il est tout aussi probable que les textures limoneuses en surface disparates, reposant à faible profondeur sur des argiles lourdes, sont nées de processus de planolisation ancien sous forêts. En réalité, les limons rencontrés au Luxembourg sont surtout du type limon ou limon lourd, mais il n'est pas impossible que des sols identifiés dans les plages limoneuses (A) appartiennent également aux classes texturales avoisinantes E et L tel que l'argile limoneuse ou le limon sableux lourd. Les granulométries restent toujours proches des lignes de partage entre les trois classes et

les sondages sont regroupés dans des plages cartographiques du type limoneux (A). Ceci est notamment dû pour bien délimiter les plages de sols à caractère limoneux figurant parmi les meilleurs sols du Luxembourg.

Sols argilo-limoneux-caillouteux de l'Oesling: En Belgique les sols ardennais, corollaires des sols de l'Oesling, sont décrits comme des sols limono-caillouteux (G). Au Luxembourg, 74 % des échantillons de surfaces de sols ardennais sont de type argile légère (E), 21% de type limon sableux (L). Le limon (A) ne correspond qu'à 3 % des échantillons. D'après les analyses granulométriques réalisées pour l'Oesling, ces sols sont mieux désignés comme des sols argilo-limono-caillouteux.

Les sols organiques

Sols tourbeux (**V**), caractérisés par la présence d'une couche superficielle d'au moins 40 cm d'épaisseur, dont la teneur en matière organique dépasse 30% (= 17 % TOC). Les matériaux tourbeux peuvent également apparaître en profondeur et figurent alors en tant que variante de substrat (ex **vEDp2**). Les sols tourbeux sont quasiment inexistantes au Luxembourg.

1.2 Classes de drainage naturel

Les classes de drainage sont indiquées par une lettre minuscule respectivement par une lettre majuscule en cas de regroupement, placées à droite en deuxième position, immédiatement après le symbole de texture (Tableau 3).

Le drainage naturel d'un sol dépend de la perméabilité de la couche superficielle et du substrat, de la présence et de la profondeur d'une nappe phréatique, de la présence et de

la profondeur d'une couche peu perméable donnant lieu à une nappe perchée ou à un ralentissement des eaux dans le sol, de la profondeur du sol, des conditions topographiques et de la position du sol dans le paysage.

Le terme de 'gleyifié' n'est plus utilisé de nos jours. Il est remplacé par des signes d'hydromorphie tels que taches d'oxydo-réduction (anc. pseudo-gley) et horizon réduit (anc. gley). Leur importance et leur profondeur d'apparition servent aujourd'hui d'indicateur pour attribuer la classe de drainage.

Tableau 3. Classes de drainage

Classe de drainage	Définition		Drainage naturel	Profondeur (cm) d'apparition des phénomènes d'oxydo-réduction (pseudogley) ou de réduction (gley)		Attribut SIG
	Texture Z, S, P	Texture L, A, E, U, G		Oxydo-réduction	Réduction	
.a.	.B.	sols très secs	-	excessif	-	-
.b.		sols secs	sols non gleyifiés	parfait	> 80	-
.c.	.D.	sols modérément secs	sols faiblement gleyifiés	modéré	60-80	-
.d.		sols modérément humides	sols modérément gleyifiés	imparfait	30-60	-
.h.	.I.	sols humides	sols fortement gleyifiés (à engorgement d'eau temporaire)	assez pauvre, sans horizon réduit	Taches légères entre 0-30	-
.i.		sols très humides	sols très fortement gleyifiés (à engorgement d'eau temporaire)	pauvre, sans horizon réduit	Taches importantes entre 0-30	-
.e.	.F.	sols humides	sols fortement gleyifiés à horizon réduit (à engorgement d'eau permanent... avec zone de battement)	assez pauvre, à horizon réduit	Taches légères entre 0-30	40-80
.f.		sols très humides	sols très fortement gleyifiés à horizon réduit (à engorgement d'eau permanent... avec zone de battement)	pauvre, à horizon réduit	Taches importantes entre 0-30	40-80
.g.		sols extrêmement humides	sols réduits (nappe phréatique permanente... sans zone de battement)	très pauvre	-	< 40

DRAINAGE

Les taches d'oxydo-réduction de couleur rouille et grise (anc. pseudo-gley) sont dus à l'alternance de phénomènes d'engorgement et de ressuyage d'un horizon suite à la présence d'une nappe perchée à une certaine profondeur qui n'existe que pendant les mois humides et froids et disparaît en été. Une nappe perchée peut prendre naissance au-dessus d'une couche imperméable peu

profonde ou dans une dépression collectant les eaux pluviales. Le ressuyage du matériel minéral en été entraîne une réoxydation locale du fer (Fe^{+++} , couleur rouille) et du manganèse (noire), auparavant à l'état réduit (Fe^{+2} , couleur grise). Les pseudo-gley les plus évolués et les plus différenciés se trouvent sur des sols acides, l'acidité favorisant la réduction du fer (Duchaufour, 1988).





(photo A. Dehez)

Par horizon réduit (anc. gley), on entend un horizon du sol qui est continuellement sous l'influence de la nappe phréatique. La réduction des sols est complète et l'horizon a la teinte uniforme grise à gris-bleue. (Hantiaux, 1992)

Dans les classes de drainage c et d, les taches d'oxydo-réduction apparaissent entre 60-80 cm respectivement 30-60 cm de profondeur dues à la présence d'un horizon peu ou moins perméable. Il peut s'agir d'un horizon illuvial d'argile (Bt) ou d'un horizon d'argile lourde provenant de l'altération de marnes qui créent des conditions de ralentissement de l'écoulement des eaux. Les taches d'oxydo-réduction - couleurs oxymorphiques au sein des agrégats et couleurs rédoxiques autour des chenaux racinaires et sur les faces des agrégats - correspondent à un horizon au suffixe **g⁴** ayant des propriétés stagniques (WRB, 2015). Dans le référentiel pédologique français, il s'agit d'un horizon rédoxique. Les classes c et d se rencontrent surtout sur les plateaux et les pentes.

Les classes de drainage h et i peuvent se trouver en situation de plateau ou dans les fonds

de vallées en conditions très hydromorphes mais en absence de nappes phréatiques permanentes à faible profondeur. Ils se forment essentiellement des taches d'oxydation de couleur brun vif (taches de rouilles) endéans l'horizon de surface (0-30cm). En position de fond de vallées, ces taches de couleurs oxymorphiques (WRB, 2015) correspondant à un horizon au suffixe **l⁵** (FAO, 2006) de la frange capillaire décrite par le critère diagnostique 2 des propriétés gleyiques (WRB, 2015) qui se retrouvent principalement concentrées autour des chenaux racinaires et sur les agrégats de sol. Les taches des classes de drainage h et i endéans les 0-30 cm, en position de fond de vallée ou dans les plaines alluviales, sont de type horizon l (gleyique), alors que les mêmes taches en position de plateaux sont soit de type l (gleyique), soit de type g (stagnique).

Les classes de drainage e et f se retrouvent exclusivement dans les fonds de vallées et les plaines alluviales où le niveau de la nappe permanente se situe entre 40 et 80 cm. Cet horizon réduit peut être attribué sans équivoque à un horizon au suffixe **r⁶** (FAO, 2006) et correspond aux couleurs réductimorphiques (WRB, 2015) de la 1^{ère} partie des critères diagnostiques des propriétés gleyiques (WRB, 2015). Dans le référentiel pédologique français, il s'agit d'un horizon réductique. Les taches se situant au-dessus de la nappe permanente (0-30cm) correspondent aux taches oxymorphiques (WRB, 2015) de la frange capillaire, horizon au suffixe **l⁷** (FAO, 2006) - critère diagnostique 2 des propriétés gleyiques (WRB, 2015).

Les classes de drainage e et f se retrouvent seulement en position de fond de vallée et dans les plaines alluviales et sont clairement la succession de la frange capillaire (horizon l), due au battement de la nappe, au-dessous d'un horizon réduit (horizon r) au niveau de la nappe souterraine.

Dans la classe de drainage g, la nappe souterraine arrive en permanence à proximité de la surface. Ces plages sont inexistantes au Luxembourg. Des points d'eau permanents en surface sont plutôt cartographiés par des zones de suintement (S) ou des mares et marées (M).

- 4 Suffix of a master horizon with stagnic conditions
- 5 Suffix of a master horizon with capillary fringe mottling (gleying)
- 6 Suffix of a master horizon with strong reduction
- 7 Suffix of a master horizon with capillary fringe mottling (gleying)



Figure 4. Illustrations de classes de drainage



Classe de drainage h - taches oxymorphiques (10-40 cm), fond de vallée Reckange/Mersch (photo A. Hagyo)





Classe de drainage i - taches oxymorphiques autour des racines (0-15 cm), fond de vallée Bascharage (photo A. Hagyo)

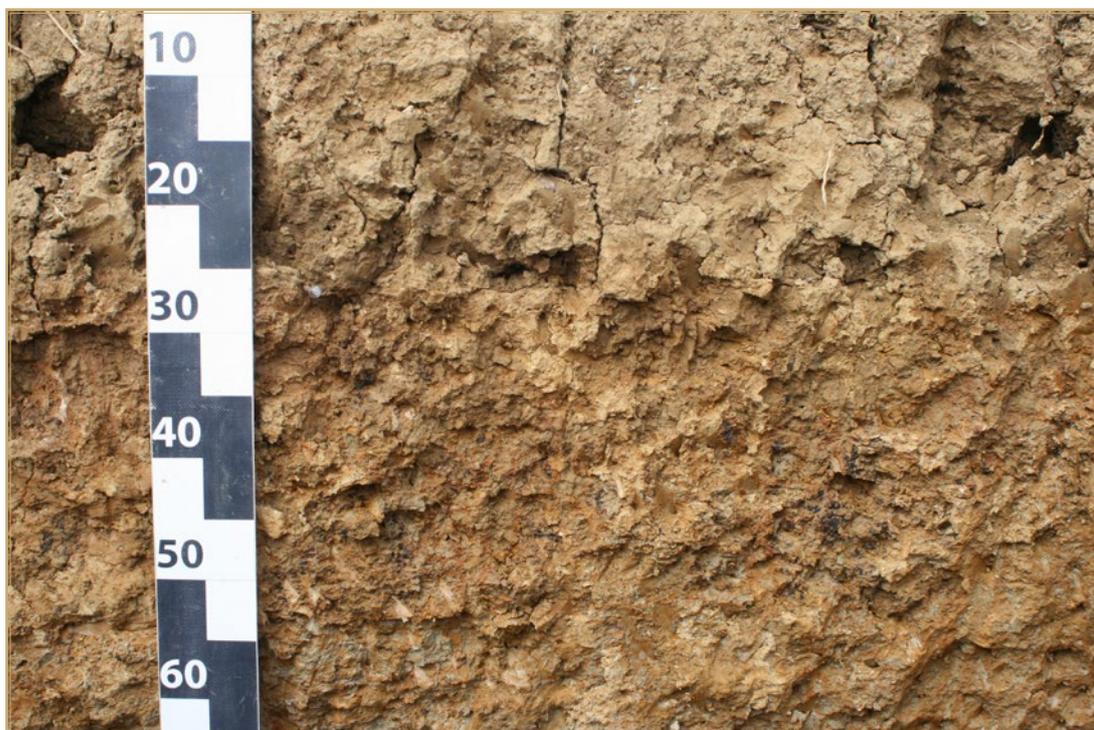


Classe de drainage d - taches redoxymorphiques de type stagnique (40-60cm), Pontpierre





Classe de drainage d - taches redoxymorphiques de type stagnique, Findelserhaff-Bertrange



Classe de drainage d - taches redoxymorphiques de type stagnique, Mondercange



1.3 Développement de profil

Les roches-mères subissent une altération sous l'influence des agents climatiques et biologiques. Un profil de sols s'y développe. La nature de cette altération, correspondant à une différenciation des couches superficielles en horizons diagnostiques, est en

outre déterminée par des caractéristiques morphologiques et topographiques ainsi que par la durée pendant laquelle ces phénomènes ont pu se produire.

Le développement de profil est indiqué par une lettre minuscule qui figure à droite en troisième position du sigle pédologique.

Tableau 4. Types de développement de profil

Type de profil	Horizon diagnostique	Types de sols	Attribut SIG
..a	Horizon B textural	Sols bruns lessivés	DEV_PROFIL
..b	Horizon B structural	Sols bruns	
..c	Horizon B textural fortement tacheté	Sols lessivés dégradés type Retisols (anc. Albeluvisols)	
..d	Horizon B textural jaune rougeâtre (origine argile de dissolution de calcaire)	Sols bruns méditerranéens, terra fusca	
..f	Horizon humique ou/et ferrique peu distinct	Sols bruns podzoliques	
..g	Horizon B humique ou/et ferrique distinct	Podzols	
..h	Horizon B humique ou/et ferrique morcelé	Postpodzols	
..m	Horizon A humifère anthropogène épais	Sols anthropiques	
..p	Sans développement de profil (sols récents)	Colluvions, alluvions	
..x	Développement de profil non-défini	Sols à développement de profil non-défini	

Les développements de profils h et m sont inexistantes sur la carte des sols du Luxembourg.



Figure 5.
Développement de profil de type c,
BDS15-64 Abweiler



Glosses albélviques, BDS15-64 Abweiler



Horizon enduré du type fragipan (m) avec Closed box system, BDS15-64 Abweiler





Figure 6. Sol sableux à développement podzolique en forêt, BDS19-87 Moesdorf (Zag1)



Nature de la charge en éléments grossiers

Une lettre minuscule, placée en suffixe en quatrième position de la série principale indique la nature des éléments grossiers (EG) de surface.

L'indication sur la nature de la charge en éléments grossiers va de pair avec la classe texturale G, regroupant les sols caillouteux dépassant une charge caillouteuse de 15% vol. (G..x). Notons également que les sols faiblement caillouteux, dont la charge oscille entre

5 et 15% vol., sont également symbolisés par la classe texturale G, mais sans indication de la nature de la charge (G..).

Lorsque le substrat est de même nature lithologique que la charge en éléments grossiers, il est considéré comme 'normal' et seul le symbole se rapportant à la charge en éléments grossiers est repris dans le sigle pédologique. Le substrat est seulement renseigné et placé en préfixe s'il diffère lithologiquement de la nature de la charge caillouteuse (ex. fGbbr).

Tableau 5. Nature de la charge en éléments grossiers

Type	Nature de la charge en EG	Assise géologique	Apparition régionale	Attribut SIG
G..f	Charge schisteuse (grèze litée)	Sg, E	Oesling	CHARGE
G..fi	Charge schisto-phylladeuse	Sg, E		
G..fia	Charge schisto-phylladeuse altérée	Sg, E		
G..r	Charge schisto-gréseuse	Sg, E		
G..rj	Charge argilo-schisto-gréseuse	Sg, E		
G..c	Charge conglomératique	so, mu, mm, mo, ku, km	Gutland	
G..d	Charge dolomitique	mu, mm, mo, ku, km		
G..k	Charge calcaire	li2, lo, do		
G..K	Charge argilo-calcaire	li3, li1		
G..m	Charge de macigno	lm3		

Au niveau de l'Oesling, les charges fia et rj représentent chaque fois un stade plus avancé de l'altération physico-chimique de la charge initiale (fi → fia et r → rj). En général, elles donnent lieu à des classes de drainage moins favorables.

Par convention, les sols caillouteux sont généralement dit de texture limoneuse (sols limono-caillouteux). En réalité tel n'est que ra-

rement le cas. Les sols ardennais par exemple sont plutôt des sols argilo-limono-caillouteux, étant donné que la texture est majoritairement une argile limoneuse.

La charge argilo-calcaire ...K sur les Marnes et Calcaires de Strassen (li3, li1) signifie expressément que l'horizon de surface est de texture argileuse.





Figure 7. Sol argilo-limono-caillouteux à charge schisto-phylladeuse, BDS14-54 Hoscheid (Gbbf4)





Figure 8. Sol sablo-limono-caillouteux à charge conglomératique, BDS12-41 Karelshaff (ruGbac4)



2 Séries complexes

Lors de l'édition des planchettes pédologiques à l'échelle 1:25.000 et pour simplifier la lecture des sigles pédologiques, des groupements de certaines caractéristiques du sol (texture, drainage, développement de profil) ont été opérés, surtout lorsque la variabilité spatiale de celles-ci était trop importante à cette échelle.

Dans ce cas, les lettres minuscules exprimant les classes de drainage ou les types de

développement de profil sont remplacées par une majuscule, traduisant le regroupement des symboles simples (Tableau 6 et 7). La **série** est dite alors **complexe**.

Les regroupements de plages cartographiques peuvent concerner la texture, le drainage et le développement de profil. Ces symboles sont alors indiqués par des majuscules.

2.1 Complexes de classes de drainage naturel

Tableau 6. Complexes de classes de drainage naturel

Classe de drainage complexe	Drainage naturel	Définition	Attribut SIG
.B. = .a. + .b.	Drainage excessif ou légèrement excessif (dans le cas des textures Z, S, P) ou favorable (dans le cas des textures L, A, E, U)	Sols très secs ou secs	DRAINAGE
.D. = .c. + .d.	Drainage modéré ou imparfait	Sols faiblement ou modérément gleyifiés	
.I. = .h. + .i.	Drainage assez pauvre ou pauvre (en principe à engorgement d'eau temporaire)	Sols fortement ou très fortement gleyifiés	
.F. = .e. + .f.	Drainage assez pauvre ou pauvre (en principe à engorgement d'eau permanent ... avec zone de battement)	Sols humides ou très humides, à horizon réduit	

Au Luxembourg, le regroupement des classes de drainage c et d par la lettre D est très fréquent sur les planchettes publiées dans le Gutland.

2.2 Complexes de développement de profil

Tableau 7. Complexes de développement de profil

Type de profil	Développement de profil	Attribut SIG
..B = a + b	Horizon B textural ou structural	DEV_PROFIL
..F = f + g	Horizon B humique et/ou ferrique distinct ou peu distinct	

Les séries complexes de développement de profils sont peu fréquents. Le regroupement de classes texturales est inexistant au Luxembourg.



8 Séries dérivées

Lorsqu'un matériau de nature lithologique différente de celle de la couche superficielle du sol apparaît dans le profil à moins de 80 cm de profondeur, une minuscule en préfixe renseigne sur la nature du substrat.

Ces séries sont dénommées séries dérivées.

3.1 Substrats

La présence dans les profils à moins de 80 cm d'un substrat dont la nature lithologique dif-

fère ou non de la couche superficielle, est indiquée par une lettre minuscule placée en préfixe, devant la lettre majuscule de la texture, indiquant la nature lithologique de ce substrat qui peut être assimilé, dans la majorité des cas, à un horizon C.

L'information sur l'apparition d'un substrat va généralement de pair avec une phase de profondeur en suffixe, indiquant par cela en principe la profondeur des horizons A et B.

Tableau 8. Substrats

Type de substrat	Définition	Assise géologique	Apparition régionale	Attribut SIG
f...	Substrat schisteux	Sg, E	Oesling	SUBSTRAT
fi...	Substrat schisto-phylladeux			
fu...	Substrat d'argile d'altération de schiste (Faulschiefer)			
r...	Substrat schisto-gréseux			
rj...	Substrat argilo-schisto-gréseux			
c	Conglomérat	so, m, km	Gutland	
ra-ru	Sustrat d'argile d'altération et de grès altéré du Buntsandstein, Muschelkalk, Keuper	so, mu, mm, mu, ku, km		
ra...	Substrat gréseux altéré du Buntsandstein, Muschelkalk, Keuper, Toarcien, Bajocien,	so, mu, mm, mu, ku, km, lo, dom		
ru...	Substrat d'argile d'altération du Buntsandstein, Muschelkalk, Keuper, Toarcien	so, mu, mm, mu, ku, km, lo		
d...	Substrat dolomitique du Muschelkalk, Keuper	mu, mm, mo, ku, km		
s...	Substrat sableux	li2		
j...	Substrat de grès calcaire			
j/	Substrat de grès calcaire discontinu			
j-w...	Substrat de grès calcaire, de sable et de sable argileux			
ju	Substrat d'argile d'altération de grès calcaire			
w...	Substrat argilo-sableux			
i...	Substrat marneux (encore carbonaté)	mu, mm, mo, ku, km, ko, li, lm, lo,		
iu...	Substrat d'argile d'altération et de marnes	mu, mm, mo, ku, km, ko, li, lm		
u...	Substrat argileux	ku, km, ko, li, lm, lo		
k/i... k/iu...	Substrat marneux ou d'argile d'altération de marnes reposant sur des bancs de calcaires discontinus	li3		
m...	Substrat de macigno	lm3		
mc...	Substrat de macigno non-altéré (calcaire)			
ma...	Substrat de macigno altéré			
mu...	Substrat d'argile d'altération de macigno			
k...	Substrat calcaire	li3, dom		
ku...	Substrat d'argile d'altération de calcaire	dom		
v...	Substrat tourbeux			



Le séparateur «-», placé entre deux symboles de substrat, est utilisé quand la variabilité des substrats est trop grande à courte distance. Il permet de rassembler des plages cartographiques pour augmenter la lisibilité de la carte. Des exemples récurrents sur Grès de Luxembourg sont les séries j-wSba2 ou j-wZbaP.

Le séparateur «/» est utilisé pour indiquer la présence d'un substrat discontinu latérale-

ment. Il est placé entre le symbole de substrat et celui de texture (ex. j/Sba2)

L'apparition du substrat marneux (i) est identifiée par le test d'effervescence à l'acide chlorhydrique (HCl 2M). Il renseigne sur la présence de carbonates, signe d'un horizon C marneux non complètement altéré et désaturé. Le symbole i est utilisé aussi bien pour les marnes carbonatées que pour les marnes dolomitiques.



Figure 9. Sol limono-sableux peu profond sur grès calcaire, BDS11-32 Ansembourg (jSba2)





Figure 10. Sol argileux peu profond sur argile d'altération du macigno, BDS16-71 Ehlinge (muEca2)





Figure 11. Sol argileux lourd peu profond sur marne keupérienne, BDS11-36 Mondorf (iUbb2)



4 Variantes

Des variantes 'de moindre importance' dans une même série principale conduisent à la définition d'une phase. On distingue deux types de phases. Les phases de profondeur, symbolisées par des chiffres en suffixe du sigle pédologique et combinées à un type de substrat renseigné en préfixe ; et les phases diverses, symbolisées par des chiffres et/ou des lettres également en suffixe de la série principale.

4.1 Phases de profondeur

Les phases de profondeur renseignent sur la profondeur d'apparition du substrat de la roche-mère pédologique et donc, sur l'épaisseur du sol. En simplifiant, on peut assimiler la profondeur d'un sol aux horizons diagnostiques A, E et B.

Les phases sont indiquées par des chiffres figurant en suffixe du sigle pédologique. Généralement, ces chiffres sont placés directement après le sigle renseignant sur le développement de profil (ex.jSba2). Dans les sols caillouteux, ils figurent après le sigle renseignant sur la nature de la charge caillouteuse (ex.Gbbf2).

Il est important de noter que les principes adoptés dans la définition des phases de profondeur diffèrent selon la pierrosité des sols. Ainsi, la phase de profondeur 3 est interprétée différemment selon qu'il s'agit d'un sol caillouteux (G..., 40-80 cm, > 50 % charge caillouteuse) ou non (Z, S, P, L, A, E, U, 20-40 cm).

Tableau 9. Phases de profondeur

Phase de profondeur	Textures Z,S,P,L,A,E,U (<5% éléments grossiers)			Texture G (> 5 % éléments grossiers)			
	Phase	Profondeur d'apparition du substrat (cm)	Attribut GIS	Phase	% Eléments grossiers	Profondeur d'apparition du substrat (cm)	Attribut SIG
...1	Phase profonde à moyennement profonde	> 80	PHASE_1	Phase profonde à moyennement profonde	5-15 et 15-50	> 80	PHASE_1
...2	Phase peu profonde	40-80		Phase peu profonde	5-15 et 15-50	40-80	
...3	Phase superficielle	20-40		Phase peu profonde très caillouteuse	>50	40-80	PHASE_2
...4	-	-	-	Phase superficielle	5-15 et 15-50	20-40	PHASE_1
...5	-	-	-	Phase superficielle très caillouteuse	>50	20-40	PHASE_2
...6	-	-	-	Phase très superficielle	15-50 et > 50	0-20	PHASE_1
...7	-	-	-	Substrat fortement altéré débutant entre 40 et 80 cm	5-15 et 15-50	40-80	



4.2 Phases diverses

Tableau 10. Phases diverses

Phases diverses	Exemple		Attribut SIG
Phases liées à la charge en éléments grossiers en surface			
...(c)	Phase à faible charge conglomératique	Lda(m)1(c)	PHASE_3
...(d)	Phase à faible charge dolomitique	iEba2(d)	
... (k)	Phase à charge calcaire (ex. calcaire marneux du li3, grès calcaire du li2)	jSba2(k) Lca1(k)	
...m	Phase à charge de grès ferrugineux (ex. li2)	Sba1m	
...(q)	Phase à charge quartzitique	fGbb4(q)	
...(r)	Phase à charge schisto-gréseuse	Gbbf2(r)	
Phases liées à l'altération			
... (a)	Phase à débris de roches fortement altérées	Gbbf2(a)	PHASE_3
Phases liées à la matière organique			
(v)	Phase à couverture tourbeuse de moins de 20 ou 40 cm d'épaisseur		PHASE_4
(v3)	Phase à couverture tourbeuse comprise entre 20-40 cm d'épaisseur		
(v4)	Phase à couverture tourbeuse de moins de 20 cm d'épaisseur		
Phases liées au relief			
...P	Phase de profondeur variable sur fortes pentes (> 20%)	jSbaP GbbfP	PHASE_5
...T	Phase de profondeur variable à fortes pentes (> 20%) en terrasses		

Les phases liées à la charge en éléments grossiers en surface correspondent à une faible charge en éléments grossiers en surface d'origine éventuellement allochtone. Par contre, dans les sols caillouteux G...x, la répartition des éléments grossiers est supposée être sur l'ensemble du profil et d'origine en principe autochtone.

L'emplacement du symbole de la phase en éléments grossiers en surface (PHASE_3) se fait en suffixe après le chiffre de la phase de profondeur (ex. Ada1m, Aday2m). A ne pas confondre avec la variante de profil (m) = horizon induré ou horizon du type fragipan qui est une variante du développement du profil (VAR_DEV_1) dont le symbole se place directement après la lettre du développement de profil (ex. Ada(m)1, Ada(m)y2).

Dans le mémoire sur les sols de la Lorraine belge, STEFFENS (1971) écrit sur les phases :

«Dans les sols non-caillouteux, une minuscule placée entre parenthèses en troisième position derrière le symbole de la roche-mère indique une variante dans le développement de profil; placée sans parenthèses, elle indique une variante de roche-mère»

Concernant le symbole m et (m), on constate que cette directive a été suivie. Tel n'est pas le cas pour tous les autres symboles comme (c), (d), (k) et (q).

...m: phase à charge de grès ferrugineux. Localement, on rencontre sur les plateaux du Grès de Luxembourg (li2), une charge faible de grès ferrugineux (Ø 0-10 cm) et/ou de grosses concrétions ferrugineuses de formation secondaire (plaquette de limonite) en surface (STEFFENS, 1971)

...P: phase liée à la pente forte (> 20%). Les séries pédologiques cartographiées dans les pentes fortes sont accolées d'un grand P en suffixe. Elles ne portent pas de phases de profondeur car il est impossible de déterminer une profondeur moyenne sur les versants, tellement elle varie. Pourtant, il est possible de symboliser l'apparition du substrat, mais sans phase de profondeur (ex. jSbaP). En zones de forte pente (> 20%), la variabilité de la profondeur des sols est telle qu'on ne peut plus la représenter sur carte. Les raisons en sont multiples : éboulis de pente, érosion, solifluxion... . Il a été donc décidé de faire abstraction de l'information de la profondeur du sol au-delà d'une pente de 20% et de ter-



miner le sigle par la lettre P. Tel est le cas sur les fortes pentes en Ardennes (GbbfiP) ou sur les versants du Grès de Luxembourg (jSbaP). Notons que l'information de la profondeur du sol est néanmoins une information importante pour les forestiers. Au besoin, il est laissé la liberté d'ajouter la phase de profondeur en complément à la phase liée au relief (ex. Gbbfi2P).

4.3 Variantes de développement de profil

Certaines variations de moindre importance dans une même série ont conduit à une subdivision en variantes : les variantes de développement de profil et les variantes du matériau parental.

Tableau 11. Variantes de développement de profil

Variante de développement de profil	Sols des plateaux et des pentes	Attribut SIG
...(m)	horizon induré, type 'fragipan'	Var_Dev_1
...(r)	Faible horizon B ferrique	
...(c)	Horizon B textural enfoui entre 40 et 80 cm	

Dans le cas de certaines variantes de développement de profil, un chiffre et/ou une lettre est accolé au sigle de la série principale, en quatrième ou cinquième position.

...(m) : Sur la carte des sols du Luxembourg, on rencontre essentiellement la variante de l'horizon endure (m), qualifié de fragipan, reliquat des phénomènes du périglaciaire. Elle se

rencontre essentiellement dans les textures dominées par la composante limoneuse sur les sols des plateaux et des pentes du Gutland (ex. LDa(m)1, Ada(m)1). Si le phénomène de fragipan s'accompagne également de propriétés rétiques (WRB, 2015) et éventuellement de gloses albélviques, le développement de profil est indiqué par la lettre c (ex. Adc(m)1).

4.4 Variantes du matériau parental meuble

Des variantes du matériau parental meuble sont reprises comme suit :

Tableau 12. Variantes de matériau parental

Variante de matériau parental	Sols des plateaux et des pentes	Exemple	Attribut SIG
...z	sédiments devenant plus légers (pour les textures L, A, E) ou plus grossiers (pour les textures Z, S) en profondeur		Var_Mat_2
...z2	sédiments devenant plus légers (pour les textures L, A, E) ou plus grossiers (pour les textures Z, S) entre 40 et 80 cm de profondeur	Sbaz2	
...y	sédiments devenant plus lourds (pour les textures L, A, E) ou plus fins (pour les textures Z, S) en profondeur	EDayP	
...y1	sols devenant plus fins (cas des textures Z, S) ou plus lourds (cas des textures L, A, E) au-delà de 80 cm de profondeur	EDpy1	
...y2	sols devenant plus fins (cas des textures Z, S) ou plus lourds (cas des textures L, A, E) entre 40-80 cm de profondeur	Adc(m)y2	
...y3	sols devenant plus fins (cas des textures Z, S) ou plus lourds (cas des textures L, A, E) entre 20-40 cm de profondeur	Eday3	

...y : sédiments devenant plus lourds (pour les textures L, A, E) ou plus fins (pour les textures Z, S) en profondeur. Dans les textures L, A et E, ceci signifie le changement d'une classe texturale au niveau du triangle textural à savoir E→U, A→E, L→E. En pratique, le symbole 'y' est essentiellement employé avec la texture E dans le contexte géologique des marnes du Jura inférieur pour renseigner que la texture

passé progressivement d'une argile en surface vers une argile lourde en profondeur. La phase de profondeur renseigne sur la profondeur d'apparition de ce changement textural (y2 = 40-80 cm, y3 = 20-40 cm). Sur substrat marneux, ce changement textural peut être dû à un horizon illuvial Bt et/ou un horizon d'altération Bw décarbonaté reposant sur la roche-mère marneuse (ex. i2Eday3).





Figure 12. Sol argileux superficiel devenant plus lourd entre 20 et 40 cm, BDS15-67 Hellange (Ecay3)



5 Séries spéciales

Tableau 13. Sols non-différenciés

Séries spéciales		Attribut SIG
S	Zones de sources et de suintement	SER_SPEC
St	Zones de sources et de suintement avec formation de tuf (Tuffquellen)	
M	Mares, marais, mardelles	
J (anc. K)	Affleurement rocheux	
I	Affleurement de marnolithes du Keuper (Steinmergelkeuper, km3)	
L	Fonds de vallons limoneux	
A	Fonds de vallons argileux	
R	Fonds de vallons rocailleux	
ZB (anc. OB)	Zones bâties	
OD	Zones décapées mécaniquement	
FE	Fosses d'extraction, carrière	
D (anc. ON)	Remblais, dépôts	
TR (anc. OT)	Terrains remaniés	
Gewässer	Lac artificiel, rivière (polygone suivant définition BDTPO2008)	



Figure 13. Affleurement de marnolithes (I) dans le Steinmergelkeuper (km3), Altlinster





Figure 14. Fond de vallon limoneux (L), Bavigne

Références cartographiques

Echelle 1:50.000

VERMEIRE, R., 1967. Oppervlaketeologie en bodemgesteldheid van het westelijk Gutland (Groot-Hertogdom Luxemburg), Thèse de doctorat, Rijksuniversiteit Gent, Faculteit der Wetenschappen

Echelle 1:100.000

WAGENER J.P., VERMEIRE R, SCHAACK A., 1969. **Carte des sols du Grand-Duché de Luxembourg, 1:100.000.** Ministère de l'Agriculture et de la Viticulture, Administration des Services Techniques de l'Agriculture, Service de Pédologie, Ettelbruck

Echelle 1:25.000

WAGENER J.P., SCHAACK A., 1971. **Carte des sols du Grand-Duché de Luxembourg, 1:25.000. Feuille 10 – Luxembourg.** Ministère de l'Agriculture et de la Viticulture, Administration des Services Techniques de l'Agriculture, Service de Pédologie, Ettelbruck

WAGENER J.P., SCHAACK A., 1972. **Carte des sols du Grand-Duché de Luxembourg,**

1:25.000. Feuille 1 – Troisvierges. Ministère de l'Agriculture et de la Viticulture, Administration des Services Techniques de l'Agriculture, Service de Pédologie, Ettelbruck

WAGENER J.P., SCHAACK A., FALTZ N. 1975. **Carte des sols du Grand-Duché de Luxembourg, 1:25.000. Feuille 12 – Esch-sur-Alzette.** Ministère de l'Agriculture et de la Viticulture, Administration des Services Techniques de l'Agriculture, Service de Pédologie, Ettelbruck

PURAYE A., SCHAACK A., FALTZ N. 1980. **Carte des sols du Grand-Duché de Luxembourg, 1:25.000. Feuille 4 – Esch-sur-Sûre.** Ministère de l'Agriculture, de la Viticulture et des Eaux et Forêts, Administration des Services Techniques de l'Agriculture, Service de Pédologie, Ettelbruck

PURAYE A., SCHAACK A., FALTZ N. 1988. **Carte des sols du Grand-Duché de Luxembourg, 1:25.000. Feuille 9 – Echternach.** Ministère de l'Agriculture et de la Viticulture, Administration des Services Techniques de l'Agriculture, Service de Pédologie, Ettelbruck



PURAYE A., SCHAACK A., FALTZ N. 1995. **Carte des sols du Grand-Duché de Luxembourg, 1:25.000. Feuille 6 – Beaufort.** Ministère de l'Agriculture et de la Viticulture, Administration des Services Techniques de l'Agriculture, Service de Pédologie, Ettelbruck

PURAYE A., SCHAACK A., FALTZ N. 1998. **Carte des sols du Grand-Duché de Luxembourg, 1:25.000. Feuille 13 – Remich.** Ministère de l'Agriculture et de la Viticulture, Administration des Services Techniques de l'Agriculture, Service de Pédologie, Ettelbruck

Références bibliographiques

BAH B., LEGRAIN X., COLINET G. (2015). Structuration d'une légende pédologique pour le Geoportail du Grand-Duché de Luxembourg. Rapport final. Axe Echanges Eau-Sol-Plante, Gembloux Agro-Bio Tech, Université de Liège. Expertise pour le Service de pédologie, Administration des services techniques de l'agriculture, Ministère de l'Agriculture, de la Viticulture et de la Protection des Consommateurs du Grand-Duché de Luxembourg, 35p.

BAIZE D. (2004). Petit lexique de pédologie. Paris, France, INRA Editions, 271p.

BOCK L., BAH B., ENGELS P., COLINET G., 2005. Légende de la Carte Numérique des Sols de Wallonie –version 1. Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux -Laboratoire de Géopédologie, en relation avec PCNSW (convention pour le compte de la Région-Wallonne-DGA), 53 p. + 2 annexes

BOCK L., BAH B., ENGELS P., COLINET G., 2007. Légende de la Carte Numérique des Sols de Wallonie –version 2. Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux -Laboratoire de Géopédologie, en relation avec PCNSW (convention pour le compte de la Région-Wallonne-DGA), 54 p. + 2 annexes

DOGAR M.A., 1966. Bodemkartering en –klassifikatie in the Streek van Junglinster. International Training Centre for Post-Graduate Soils Scientists, Gent

DUCHAUFOR PH, 1988. Abrégé de pédologie. Masson. Paris

FAO, 2006. Guidelines for soil description. Rome

HANOTIAUX G., 1992. Légende de la carte des sols de Belgique. Unité de la science du sol, Gembloux, 21 p.

LEGRAIN X., 2009. Communications personnelles, Service de géopédologie, Gembloux

Lexique de géologie sédimentaire : <http://www2.ulg.ac.be/geolsed/sedim/lexique.htm>

STEFFENS, R., 1971. Les sols de la Lorraine belge. Mémoire 4, Pédologie, 392 p.

TYTHERLEIGH P.R.L., 1966. Photo-interpretation applied to soil survey in west-central Luxembourg. M.Sc. Thesis, Delft, I.T.C.

USDA, 1951. Soil Survey Manual, Handbook No.18, USDA Washington, 503 p.

VERHOEF P., 1966. Geomorphological and pedological investigations in the Redange-sur-Attert area. M.Sc. Thesis. Univ. Amsterdam

VERHOEVEN H.J.M., 1963. Semi-detailed Soil Survey of the region between Ettelbruck and Mersch. M.Sc. Thesis, Delft, I.T.C.

VERHOEVEN M., 1965. Texte explicatif de la carte pédologique de la région de Kahler, Service de pédologie, Ettelbruck, 81 p.

VERMEIRE, R., 1967. Oppervlaktegeologie en bodemgesteldheid van het westelijk Gutland (Groot-Hertogdom Luxemburg), Thèse de doctorat, Rijksuniversiteit Gent, Faculteit der Wetenschappen, Deel 1, 108 p.

VERMEIRE, R., 1967. Oppervlaktegeologie en bodemgesteldheid van het westelijk Gutland (Groot-Hertogdom Luxemburg), Thèse de doctorat, Rijksuniversiteit Gent, Faculteit der Wetenschappen, Deel 2, 267 p.

VERMEIRE, R., 1967. Oppervlaktegeologie en Bodemgesteldheid van het westelijk Gutland (Groot-Hertogdom Luxemburg), Thèse de doctorat, Rijksuniversiteit Gent, Faculteit der Wetenschappen, Deel 3 (tabellen, figuren, kaarten), 38 p.

WAGENER J.P., 1967, Mémoire sur le service pédologique, Ministère de l'Agriculture de la Viticulture, Administration des Services Techniques de l'Agriculture, Service de Pédologie (non-publié), Ettelbruck, 6p.

WAGENER J.P., 1969. Carte des sols du Grand-Duché de Luxembourg. Echelle 1 :100.000. Texte explicatif. Ministère de l'Agriculture et de la Viticulture, Administration des Services Techniques de l'Agriculture, Service de Pédologie (non-publié), Ettelbruck, 44p.

WRB, 2015. World Reference Base for Soil Resources 2014 - Update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome



L'ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

Lionel Leydet – Chef du laboratoire des sols (2011-)

Les fractions granulométriques

En cartographie des sols, la détermination de la classe texturale d'un sol selon le triangle textural luxembourgeois se fait par test tactile lors des levés de terrain. Cette habileté du test tactile s'apprend à longueur de mois et d'années d'exercice pratique sur le terrain et en association avec des échantillons de référence analysés au laboratoire des sols. Lors de nouvelles campagnes cartographiques, abordant de nouvelles régions géologiques, des analyses granulométriques sont réalisées à partir de sondages de prospection ou en cours de processus. Des analyses granulométriques sont également réalisées sur tous les horizons décrits lors d'un profil pédologique. Ces données servent à alimenter la base de données BDSOL (Hissler et al., 2008-2017) des profils et sondages pédologiques de l'ASTA.

L'analyse granulométrique est réalisée en laboratoire sur un échantillon de sol et détermine



le pourcentage massique des trois fractions minérales - **sable, limon et argile** - séparées en fonction du diamètre de leurs particules. Pour cela, il faut au préalable détruire tous les ciments organiques et minéraux qui relient potentiellement entre eux les particules minérales. Il s'agit notamment de la matière organique et des minéraux carbonatés. Mais, il faut aussi défaire les micro-agrégats entre particules argileuses qui peuvent former un pseu-

do-limon dans certains types de sols. Après destruction des agrégats, les procédés utilisés pour séparer les fractions minérales selon leur diamètre sont successivement le tamisage par voie humide et la sédimentométrie.

Avant l'analyse granulométrique, l'échantillon de sol est séché à < 40°C et tamisé à 2 mm.

Au Grand-Duché du Luxembourg, la répartition de la terre fine (< 2 mm) en **3 fractions granulométriques** est alignée, depuis les années 60, sur la classification américaine du Soil Survey Manual de l'USDA (1951).

Tableau 1. Fractions granulométriques au Luxembourg

Fraction granulométrique			Diamètre	
FR	EN	DE		
Argile	Clay	Ton	0 – 2 µm	0 - 0,002 mm
Limon	Silt	Schluff	2 – 50 µm	0,002 - 0,050 mm
Sable	Sand	Sand	50 – 2000 µm	0,050 - 2mm

La répartition en trois fractions granulométriques (sable, limon et argile) est identique à celle de la Belgique et de la France avec la limite séparatrice entre limons et sables à 50 µm. En Allemagne par contre, cette séparation est placée à 63 µm. Il en est de même dans la description des sols selon la FAO (2006) et dans la WRB (2015). Au Luxembourg, la part des limons située entre 50 et 63 µm est infime et on peut passer facilement d'un système à l'autre sans transformation par une fonction de pédotransfert. Il est

également possible de subdiviser les sables et les limons de façon plus fine. Ainsi les limons peuvent être séparés en limons fins (2-20 µm) et limons grossiers (20-50 µm).

La texture

Les résultats analytiques des fractions sable, limon et argile (en % massique) sont introduits dans le triangle textural belgo-luxembourgeois¹ pour déterminer graphiquement la classe texturale.

1 Centre de Cartographie des Sols de Belgique, 1954



Le triangle textural comprend 7 classes texturales supérieures (U, E, A, L, P, S et Z) (Figure 1) et 16 sous-classes (Figure 2). La carte des sols travaille seulement avec les classes texturales supérieures.

Ainsi, un échantillon de sol composé de 19% sable, 26% limon et 55% argile a une texture correspondant à une argile lourde (U) ou plus précisément à une argile lourde sableuse (ALS).

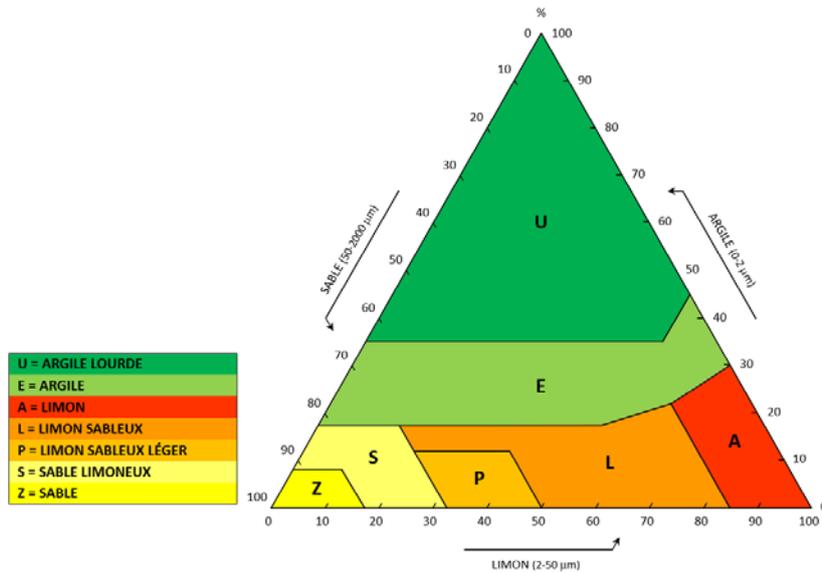


Figure 1. Diagramme des classes texturales de la carte des sols du Luxembourg (échelle 1:25.000)

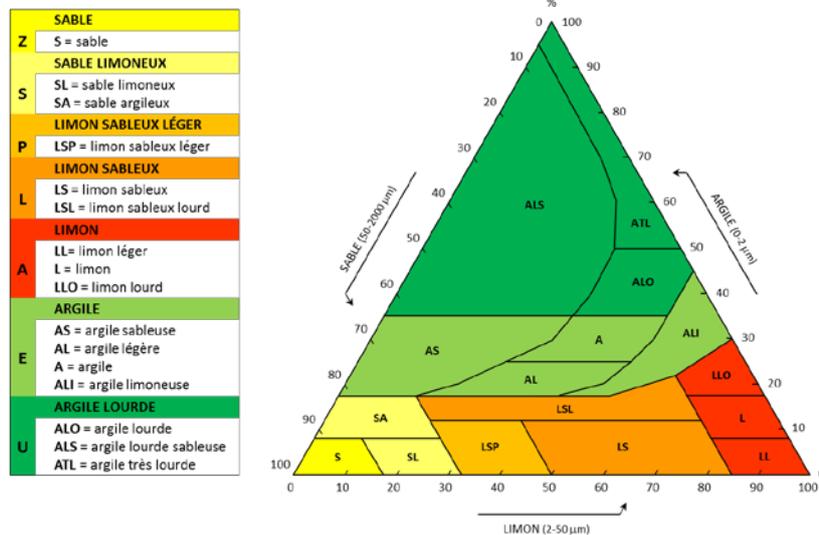


Figure 2. Triangle textural belgo-luxembourgeois avec ses 16 sous-classes inférieures

Historiquement

L'analyse granulométrique est réalisée au laboratoire des sols depuis les débuts de la cartographie. Le premier mode opératoire fut rédigé dans les années 1960 par le chimiste P. Gillen, responsable du laboratoire d'analyse des sols. Ainsi, durant la première décennie de cartographie, quelque 2400 analyses granu-

lométriques furent réalisées sur des profils et des sondages, données qui alimentent encore aujourd'hui la banque de données BDSOL (Hissler et al., 2008-2017) et qui sont le fondement de toute analyse géostatistique actuelle sur la texture des sols. De cette époque est également conservé une pédothèque de quelque millier d'échantillons de sols séchés et tamisés à 2mm.



Figure 3. Mode opératoire de l'analyse granulométrique des années 60

<u>ANALYSE GRANULOMETRIQUE</u>	
<u>Matériel de laboratoire:</u>	
verres coniques Pyrex de 800 cc	
plaques chauffantes réglables	
système de siphonnage avec trombe à eau	
capsules en Ni numérotées	
système de pipettage (bain-marie à température constante)	
plaque chauffante 48 places à 250 degrés Cels.	
tamis 50 mu	
cylindres de 1000 cc	
balance analytique à 4 décimales	
<u>Réactifs:</u>	
Perhydrol 30% H ₂ O ₂	
Acide chlorhydrique dilué: 204 cc HCl conc.	6000 cc
Acide chlorhydrique 1 N : 32 cc HCl conc.	1000 cc
Na ₄ P ₂ O ₇ ·10H ₂ O 0,12 mol. : 53,5332 gr	dans 1000 cc
<u>Principe:</u>	
Séparation des différentes classes granulométriques selon leur masse et leur diamètre.	
La répartition des grandeurs de fraction est celle prescrite par le Soil Survey Manual (syst.américain).	
Le matériel collant (humus, CaCO ₃ , électrolytes généraux) est détruit par le perhydrol et par le traitement avec l'acide chlorhydrique. Les sels dissous sont décantés.	
On peptise avec une solution de m-pyrophosphate.	
<u>Matériel d'analyse:</u>	
Sol tamisé à 2 mm	
<u>Procédure:</u>	
Peser 10 gr de sol séché à l'air dans un vase conique de 800 cc.	
+ quelques gouttes de H ₂ O ₂ jusqu'à formation d'une pâte.	
laisser pendant une nuit au maximum.	
+ 50 cc H ₂ O ₂ (le matin)	
+ 50 cc H ₂ O ₂ (le soir)	
le lendemain: faire bouillir jusqu'à ce que H ₂ O ₂ n'ait plus d'action (disparition de la mousse).	
+ 200 cc HCl dilué	
+ 8 cc HCl 1 N pour chaque % de CaCO ₃	
+ 25 cc HCl 1 N	
faire bouillir pendant 10' exactement	
+ eau de conduite ad 800 cc.	
laisser déposer jusqu'au lendemain.	
Siphonner les électrolytes et ré-ajouter de l'eau de conduite ad 800 cc	
laisser déposer jusqu'au lendemain.	
Siphonner	
Chauffer le restant.	
Porter le restant chauffé sur un tamis de 50 mu (tamisage à l'eau).	
A) Fraction sur le tamis (= plus grande que 50 mu)	
B) Fraction ayant passée le tamis (= plus petite que 50 mu)	
<u>Fraction B:</u> est portée à environ 400 cc (Eau dist.)	
+ 25 cc de peptisateur	
faire bouillir pendant 5' exactement	
faire refroidir	
introduire dans cylindres de 1000 cc	
ajuster par eau dist.	
mettre dans bain-marie à 20° Cels.exactement	



Pipettage:

Remuer vigoureusement la suspension dans les cylindres de 1000 cc.

fraction plus petite que 2 µ:

pipetter 10 cc après exactement 4 heures à une profondeur de 41 mm

fraction plus petite que 50 µ:

remuer vigoureusement le contenu du cylindre.
pipetter 10 cc après 45" à mi-hauteur de la suspension.

introduire chaque fois les 10 cc avec un peu d'eau de lavage dans les capsules en Ni tarées d'avance.

mettre les capsules sur plaque chauffante (48 places) à 250° évaporer à sec.

laisser encore 15' sur plaque chauffante.

mettre les capsules en Ni dans exsiccateur pendant 30' peser.

Fraction A: plus grande que 50 µ

Cette fraction (sable) est lavée avec eau chaude. Le résidu sur le tamis est transvasé dans des béchers. Après dépôt du sable, l'eau surnageante est siphonnée.

La fraction "sable" est introduite dans des capsules en Ni, tarées d'avance.

Evaporation sur plaque chauffante à 250°

Exsiccateur.

Peser: fraction totale plus grande que 50 µ

Cette fraction totale de sable est subdivisée par tamisage à sec sur la machine à tamiser EML Haver et Boeker, munie d'un set de tamis allant de

1 mm
0,5 mm
0,25 mm
0,10 mm
à 0,05 mm

Mettre l'appareil à la position 9 et tamiser pendant 10'.

Recueillir séparément les quantités restant sur les différents tamis. Les introduire quantitativement dans des capsules en Ni, tarées d'avance;

Peser.

Calcul:Fiche de calcul avec exemple:

voir annexes 1 et 2.

Courbe logarithmique des sommes des fractions:

voir annexe 3 (avec exemple)



No.ort : Fraktionen grösser als 50 u
 Profil :/.....
 Schale No.: E = 10 gr. V = %

$$E_{\text{abs. tr. Boden}} = \frac{100}{10} = \dots\dots\dots\text{gr}$$
 Schale + Fr. > 50 u :
 Schale leer :
 Gewicht Fr. > 50 u gr

$$\% \text{ fr. > 50 u} : \dots\dots\dots \times 100 = \dots\dots\dots \%$$
 =====
2 - 1 mm mit
 leer

$$\frac{(\text{x})}{\dots\dots\dots} \times 100 = \dots\dots\dots \% \text{ (C)}$$
1 - 0,5 mm mit
 leer

$$\frac{(\text{x})}{\dots\dots\dots} \times 100 = \dots\dots\dots \% \text{ (D)}$$
0,5 - 0,25 mm mit
 leer

$$\frac{(\text{x})}{\dots\dots\dots} \times 100 = \dots\dots\dots \% \text{ (E)}$$
0,25 - 0,10 mm mit
 leer

$$\frac{(\text{x})}{\dots\dots\dots} \times 100 = \dots\dots\dots \% \text{ (F)}$$
0,10 - 0,05 mm mit
 leer

$$\frac{(\text{x})}{\dots\dots\dots} \times 100 = \dots\dots\dots \% \text{ (G)}$$
 Summe Gewicht: C +
 D
 E
 F
 G
 (x)



No. crt.:

fr.gr.50 u -

(X) gr.50 u _____ : 2 = $\frac{x \ 100}{E.abs.} = (x')$

% fr.gr.50 u - (x') = % gr.50

Schale No :

fr.kl.50 u

leer _____ x 100 = $\frac{0,795}{(E.abs.)} \times 100 =$ %

% fr.kl.50 u + (x') = % kl.50

Schale No :

fr.kl.2 u

leer _____ x 100 = $\frac{0,795}{(E.abs.)} \times 100 =$ % kl. 2

(N) gr.50 u + (N) _____ x 100 = % N
 (O) kl.50 u (K) _____ x 100 = % O
 (K) _____ x 100 = % P

(N) _____ x (C) _____ = %
 100

(N) _____ x (D) _____ = %
 100

(N) _____ x (E) _____ = %
 100

(N) _____ x (F) _____ = %
 100

(N) _____ x (G) _____ = %
 100

(O) - (P) = % Lehm
 = % Ton
 100 - (% gravier) = %
 = % Sand



De 2008 à nos jours

Le mode opératoire fut revu avec des adaptations en 2008 selon la norme ISO 11277 et un remplacement de l'équipement de pipetage (pipette de Köhn - Eijkelkamp Pipette Apparatus, colonne de sédimentation classe A, centrifugeuse...) pour se mettre conforme

avec les exigences modernes de métrologie tel que maîtrise des poids, volumes et températures. Des tests statistiques réalisés sur les deux sets de données, historiques et actuels, montrent que la qualité analytique d'antan était d'un niveau très élevé.

En 2012, le traitement au bain à ultrasons fut ajouté en cours de traitement. Ce traitement

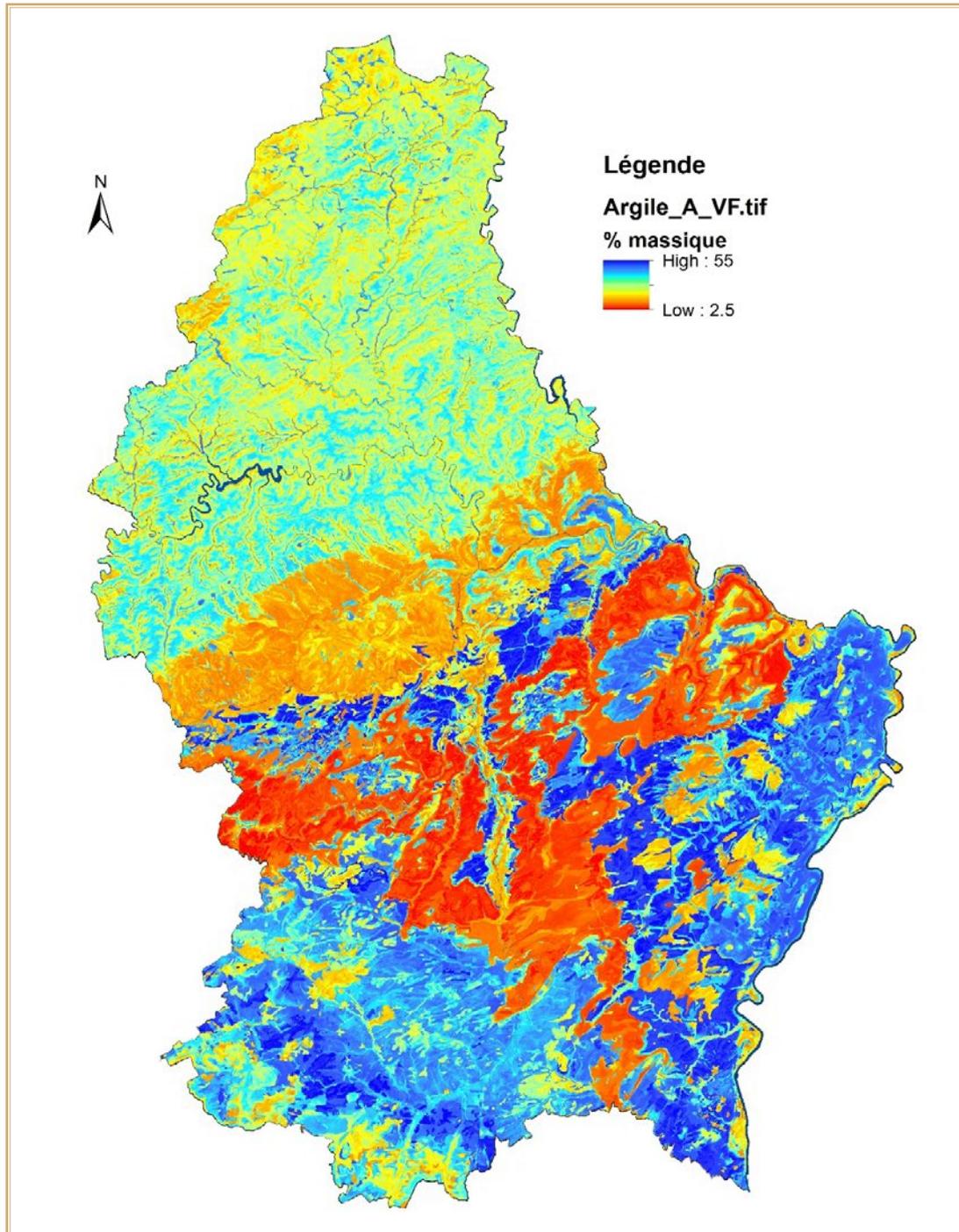


Figure 4. Teneur en argile de l'horizon de surface (Steffen et al., 2019)

supplémentaire permet une destruction des agrégats argileux (pseudo-limon) qui peuvent être abondants notamment dans certains sols argileux du Trias et faussaient les taux d'argile de certaines données historiques. Cette nécessité de traitement aux ultrasons sur marnes keupériennes du *Steinmergelkeuper* a été confirmée récemment par Cammeraat (2018).

Rétroactivement, tous les échantillons de sol prélevés depuis 2008 sur des profils pédologiques dans le cadre du projet BDSOL (Hissler et al., 2008-2017) ont été réanalysés avec un traitement systématique aux ultrasons. Plus de 1250 analyses granulométriques ont été réalisées depuis 2008.

Grâce à cette importante collection de données granulométriques, aux différentes cartes des sols (1:25.000, 1:50.000 et 1:100.000)

et à des covariables environnementales, il est aujourd'hui possible de spatialiser par différentes techniques statistiques les teneurs en argile, limon et sable pour les trois principaux horizons A, B et C. Ces différentes cartes ont été établies en interne (Steffen et al., 2019) et ont permis de déterminer les techniques les plus performantes. La figure 4 représente le pourcentage d'argile de l'horizon de surface obtenu par Random Forest. La carte des sols détaillée délivrant une information de nature essentiellement morphologique a été d'une grande aide pour la construction des modèles. Les covariables dérivées du sigle pédologique sont les prédicteurs les plus importants. Ces cartes de texture peuvent être utilisées notamment dans la détermination de la réserve utile des sols, le classement des terres agricoles et dans l'établissement de la carte d'érosion des sols.

Principe général de l'analyse granulométrique



Figure 5. Prise d'échantillon de sol séché et tamisé (photo A. Dehez)

L'analyse granulométrique s'étale sur 5 jours et comprend 4 étapes majeures : (1) préparation de l'échantillon de sol, (2) destruction des agrégats et ciments organiques et minéraux, (3) séparation de la fraction sableuse par tamisage humide, (4) séparation des fractions limoneuse et argileuse par sédimentation.

1. Avant toute analyse, l'échantillon de sol est séché à l'étuve à $< 40^{\circ}\text{C}$ ou à l'air libre et broyé à $< 2\text{ mm}$ selon la norme internationale DIN ISO 11464.
2. La destruction des agrégats et des ciments se fait par attaque successive au peroxyde d'hydrogène et à l'acide. La matière organique (carbone organique, humus) est éliminée par oxydation avec de l'eau oxygénée (H_2O_2) suivi par la destruction des minéraux carbonatés (calcite et dolomite) par l'acide chlorhydrique (HCl). Il s'ensuit l'élimination des sels solubles par lessivage successif à l'eau déminéralisée.
3. Les fractions minérales sont séparées en deux étapes consécutives. Les sables sont d'abord séparés par tamisage humide en passant la suspension sur un tamis à $50\ \mu\text{m}$. La fraction retenue sur le tamis est la fraction « sable » (fraction A $> 50\ \mu\text{m}$). Le filtrat récolté, ayant passé le tamis, passe à l'étape suivante : la sédimentation.
4. La fraction « limon et argile » (fraction B $< 50\ \mu\text{m}$), récoltée dans le filtrat, est mélangée à un agent peptisant (25 ml de $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ à $0.12\ \text{mol/l}$) pour disperser au maximum les particules. La suspension est ensuite traitée au bain à ultrasons pour casser des liens éventuels de pseudo-limons. La suspension est ensuite transvasée dans une colonne de sédimentation au volume d'un litre pour faire la séparation des fractions argileuses



et limoneuses. Celle-ci se fait par sédimentation selon la loi de Stokes. D'après celle-ci, plus une particule est grosse, plus elle se déplace vite dans l'eau sous l'action de la pesanteur, sachant que la température de l'eau influe sur cette vitesse. La loi permet donc de prédire la vitesse limite de chute d'une sphère soumise à la pesanteur dans un fluide dépendant de la température de la suspension et la profondeur de prélèvement. Cette opération se fait à l'aide d'une pipette de Köhn ou d'Andreasen dans un bain d'eau à une température ambiante constante surveillée. Un volume constant de 20 ml est pipeté à deux reprises à des temps et des profondeurs fixées à l'avance. Le premier pipetage renferme la fraction argileuse et limoneuse ; la deuxième seulement la fraction argileuse. La fraction limoneuse est déduite par différence.

Loi de Stokes :

$$t = \frac{18 \eta h}{[p_s - p_w] g d_p^2}$$

- t : temps (s) de décantation d'une particule de diamètre d_p ;
 η : viscosité dynamique de l'eau à la température d'essai (mPas) ;
 h : profondeur de prélèvement (cm) ;
 p_s : masse volumique moyenne des particules (mg/cm³) ;
 p_w : masse volumique du liquide contenant la suspension de sol (mg/cm³) ;
 g : accélération due à la pesanteur (981 cm/s²) ;
 d_p : diamètre sphérique équivalent de la particule concernée (mm).

Mode opératoire actuel

L'ensemble de la procédure s'étend sur 5 jours pour une série de 12 échantillons.

- Jour 1 : préparation et destruction de la matière organique à température ambiante
- Jour 2 : destruction de la matière organique à chaud et des carbonates à température ambiante et à chaud
- Jour 3 : lessivage, centrifugation et siphonage des sels
- Jour 4 : séparation de la fraction sableuse par voie de tamisage humide
- Jour 5 : pipetage de la fraction limoneuse et argileuse



Figure 6. Attaque au peroxyde d'hydrogène à chaud sous hotte





Figure 7. Eijkelkamp Pipette Apparatus et les colonnes de sédimentation dans un bain à eau à température constante



Figure 8. Fraction sableuse en cupule de nickel séchée sur plaque chauffante à 250 °C



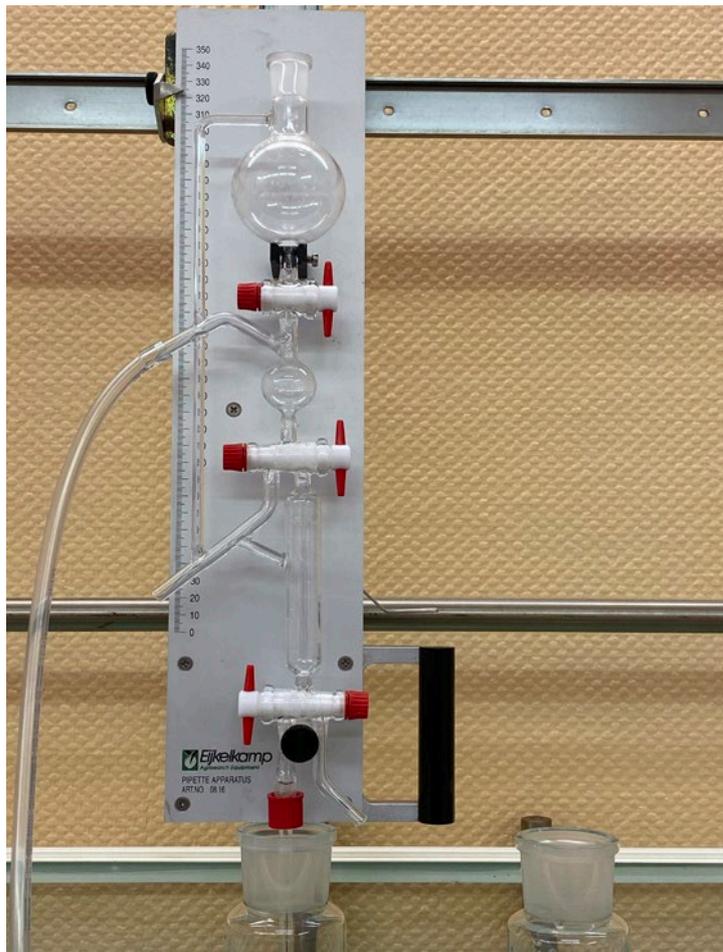


Figure 9. Pipette de Köhn pour le pipetage de la fraction limoneuse et argileuse

Procédure

10 g d'un échantillon séché en étuve (< 40°C) et tamisé à < 2 mm sont pesés sur une balance analytique (précision $\pm 0,1$ mg).

La matière organique est détruite au peroxyde d'hydrogène (100 ml H_2O_2 à 33%) à température ambiante pendant une nuit et le lendemain à chaud. Les minéraux carbonatés sont détruits à l'acide chlorhydrique (10 ml HCl 3N) à température ambiante et à chaud.

Les sels solubles sont lessivés et décantés à plusieurs reprises après centrifugation. Cette opération est répétée jusqu'à ce que la conductivité électrique du surnageant se situe < 0.4 dS/m.

Le fractionnement des trois fractions minérales est opéré en deux étapes consécutives. Les sables sont séparés des fractions plus fines par tamisage par voie humide sur un tamis 50 μm . La fraction récupérée sur le tamis

est séchée et pesée. Elle est celle à l'incertitude analytique la plus faible.

Les fractions argileuses et limoneuses sont récupérées dans un Erlenmeyer. 25 ml d'un agent de dispersion (tétra-sodiumdiphosphate, $Na_4P_2O_7 \cdot 10H_2O$, 26.763g dans 500 ml H_2O) sont ajoutés. La suspension est ensuite placée pendant 1 à 3 minutes dans un bain à ultra-sons. Ensuite, elle est transvasée dans une colonne de sédimentation et ajustée à un litre.

La séparation des fractions argileuses et limoneuses se fait par pipetage successif à l'aide d'une pipette Köhn (Eijkelkamp Pipette Apparatus).

La solution est agitée et pipetée (20 ml) suivant des temps de sédimentation calculés d'après la loi de Stokes dépendant de la température et de la grandeur des particules à une profondeur prédéfinie pour sortir la fraction argile-limon et celle refermant uniquement l'argile. Au bout d'un temps t , les



particules de grosseur x ont toutes passées une ligne à la profondeur p . On prélève une aliquote de la suspension à ce moment et à cette profondeur à l'aide d'une pipette de Köhn.

Le premier volume, pipeté à une profondeur de 10 cm immédiatement après agitation complète de la colonne de sédimentation, contient un mélange supposé homogène d'argile et de limon. Le deuxième volume l'est après 3 heures et 53 minutes (pour une température de 20 °C) à une profondeur 5 cm. La deuxième fraction est supposée contenir la fraction de l'argile.

Les fractions sont séchées dans des cupules en nickel, pesées et rapportées par calcul à un litre. La fraction limoneuse se déduit par différence entre les 2 masses calculées.

Les masses des trois fractions minérales pesées sont additionnées. Ensuite, chacune des fractions est rapportée à la somme de la masse retrouvée. A noter que le pourcentage de chacune des fractions exprime le rapport de la masse individuelle pesée par rapport à la masse réellement retrouvée au cours des opérations de tamisage et de pipetage et non la masse de 10 g initialement pesée.

Chaque série analytique comprend un échantillon de référence interne pour vérifier sa qualité analytique. L'incertitude analytique relative élargie, calculée à partir d'essais interlaboratoires, est de 25 % pour le limon, de 30 % pour l'argile et de 10 % pour le sable. L'incertitude élargie est obtenue en appliquant un facteur d'élargissement $k=2$. Cela correspond à un niveau de confiance de 95%.

Références bibliographiques

CAMMERAAT L.H., VAN DEN BROEK T.M.W, VERSTRAETEN J.M., 2018. Steinmergelkeuper forest soils in Luxembourg: properties and pedogenesis of soils with an abrupt textural contrast. In Kooijman A.M. et al. (eds.) The Luxembourg Gutland Landscape. Springer Verlag

DIN ISO 11464 Bodenbeschaffenheit - Probenvorbereitung für physikalisch-chemische Untersuchungen, ISO, 1994

FAO, 2006. Guidelines for soil description. Rome

HISSLER C., JUILLERET J., HITZELBERGER P., BARTOSZ D., DA SILVA CARVALHO P., 2008-2017. BDSOL - Convention de recherche sur l'établissement d'une banque de données sur les sols luxembourgeois. Centre de Recherche Public Gabriel Lippman - LIST. Ministère de l'Agriculture, de la Viticulture et du Développement rural

ISO 11277 Soil quality - Determination of particle size distribution in mineral soil material - Method by sieving and sedimentation, ISO, 2009

NFX31-107 Qualité du sol - Détermination de la distribution granulométrique des particules du sol - Méthode à la pipette, AFNOR, Edition Septembre 2003

STEFFEN M., MARX S., LEYDET L., 2019. Evaluation et comparaison de différentes techniques d'interpolation spatiale pour l'établissement de la carte des textures pour le Grand-Duché de Luxembourg. Ministère de l'Agriculture, de la Viticulture et du Développement rural, Administration des services techniques de l'agriculture - Service de pédologie, Grand-Duché de Luxembourg, 106 p.

USDA, 1951. Soil Survey Manual, Handbook No.18, United States Department of Agriculture Washington, 603p.

VDLUF A C2.2.1 Texturanalyse des Feinbodens - Kombination von Nasssiebung und Pipettmethode nach Köhn, VDLUF A Methodenbuch I, 6.Teillieferung 2012

WRB, 2015. World Reference Base for Soil Resources 2014 - Update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome





Cliant : ASTA - Service de pédologie
72, avenue Lucien Salentiny
L-9080 Ettelbruck

Probenahme
17/09/2018

Versand
28/09/2018

Nr. Bulletin
B2018-8

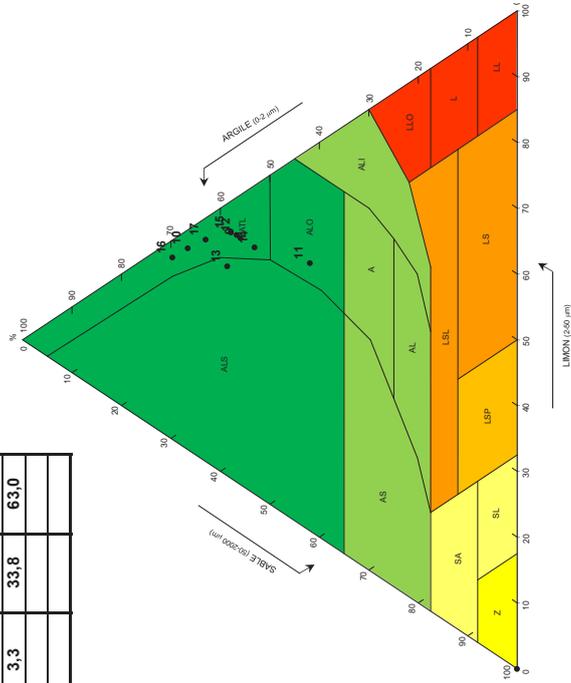
Projet : BDSOL

Analyse granulométrique

Untersuchungsberfund

Serie 8 / 2018

LAMS	N°	Echantillon	Prof.	Localité	CT ^{sup}	Définition	Sable	Limons	Argile
7651	9	Ap	0-30	BDS 17-73 Mondersge1 (lo1)	U	ARGILE LOURDE	6,5	37,5	55,9
7652	10	B	30-75	BDS 17-73 Mondersge1 (lo1)	U	ARGILE LOURDE	2,8	30,6	66,6
7653	11	C	75-110	BDS 17-73 Mondersge1 (lo1)	U	ARGILE LOURDE	17,4	40,7	41,9
7654	12	Ap	0-30	BDS 18-74 Mondersge2 (lm3b)	U	ARGILE LOURDE	5,7	37,6	56,7
7655	13	B	30-45	BDS 18-74 Mondersge2 (lm3b)	U	ARGILE LOURDE	9,5	31,9	58,6
7656	14	C	65-130	BDS 18-74 Mondersge2 (lm3b)	U	ARGILE LOURDE	9,4	37,5	53,1
7657	15	Ap1	0-20	BDS 18-75 Sanem (lo2)	U	ARGILE LOURDE	4,8	37,4	57,8
7658	16	B11	20-50	BDS 18-75 Sanem (lo2)	U	ARGILE LOURDE	2,7	27,7	69,7
7659	17	Ap2	0-20	Sanem sondage	U	ARGILE LOURDE	3,3	33,8	63,0



LIMON	LL = limon léger L = limon LLO = limon lourd
ARGILE	AS = argile sableuse AL = argile légère A = argile ALI = argile limoneuse
ARGILE LOURDE	ALO = argile lourde ALS = argile lourde-sableuse ATL = argile très lourde

SABLE	Z = sable
SABLE LIMONEUX	SL = sable limoneux SA = sable argileux
LIMON SABLEUX LÉGER	LSP = limon sableux léger
LIMON SABLEUX	LS = limon sableux LSL = limon sableux lourd

Lionel Leydier,
Dipl.-Minerologe

Simone Marx,
ing.-chef de service

Laboratoires de contrôle et d'essais - Service de pédologie 72, avenue Salentiny L-9080 Ettelbruck Adresse postale : B.P. 75 L-9001 Ettelbruck
Téléphone : (00352) 81 00 81 - 1. Téléfax : (00352) 81 00 81 - 333 e-mail : pedologie@asta.etat.lu www.asta.etat.lu TVA : LU11 39 82 62 IBAN LU29 1111 0009 4471 0000

SERVICE DE PÉDOLOGIE en 2020

Chef de service

Simone MARX

Cartographie des sols

Mathieu STEFFEN (*SIG, analyse spatiale*)

Frank FLAMMANG (*cartographe*)

Ben LEINER (*cartographe*)

Anja BRESER (*administration*)

Laboratoire d'analyse des sols

Lionel LEYDET (*responsable technique*)

Cédric RIES (*chimiste*)

Michèle MULLER (*laborantine*)

Joe MULBACH (*technicien chimiste*)

Sandra BECKIUS-BOUSSON (*secrétariat*)

Steve NIKELS (*réception échantillons de sol*)

Contacts

Administration des services techniques de l'agriculture

Division des laboratoires | Service de pédologie

72, avenue L. Salentiny
L-9080 Ettelbruck

Adresse postale:

BP 75
L-9001 Ettelbruck

Heures d'ouverture:

8h00-12h00 et 13h00-17h00

Tél: 81 00 81 – 1

81 00 81 – 235 (*chef de service*)

81 00 81 – 230 (*laboratoire*)

81 00 81 – 223 (*réception échantillons de sols*)

Fax: 81 00 81 – 333

pedologie@asta.etat.lu | agriculture.public.lu

SERVICE DE PÉDOLOGIE DEPUIS 1949

Chefs de service

Jean-Pierre WAGENER (*1964-1974*)

Aloyse PURAYE (*1974-2006*)

Cartographie des sols

H. J. M. VERHOEVEN (*1963-1965*)

Albert SCHAACK (*1964-2002*)

Marcel GOERES (*1964-1996*)

Paul KAYSER (*1965-1968*)

Jules KIEFFER (*1967-1973*)

Norbert FALTZ (*1968-2007*)

Serena RAUCH (*2009-2012*)

Laboratoire d'analyse des sols

Pierre GILLEN (*1949-1973*)

Henri WOLFF (*1964-2004*)

Ernest RENCKENS (*1964-2008*)

Jean MERSCH (*1974-1988*)

Paul EYSCHEN (*1987-2005*)

Marcel BERNARDY (*1991-2013*)

Thao NGUYEN (*1997-2000*)

Vincent KMEC (*1998-2013*)

Frédéric PEREIRA (*2004-2009*)

Paul THILL (*2005-2009*)

Daniel GONCALVES (*2008-2013*)

