Zeitschrift: Bulletin de la Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles
Herausgeber: Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles
Band: 134 (2014)

Artikel: Cartographie des sols des forêts périurbaines de la ville de Neuchâtel
Autor: Farine, Vanessa / Gobat, Jean-Michel
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-515563

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 14.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

CARTOGRAPHIE DES SOLS DES FORÊTS PÉRIURBAINES DE LA VILLE DE NEUCHÂTEL

VANESSA FARINE & JEAN-MICHEL GOBAT

Laboratoire sol et végétation, Institut de Biologie, Université de Neuchâtel. Rue Emile-Argand 11, 2000 Neuchâtel, Suisse.

Mots-clés : parc naturel périurbain, cartes pédologiques, typologie des sols, calcaire, moraine

Keywords : nature discovery park, soil maps, soil typology, limestone, moraine

Résumé

La ville de Neuchâtel a comme projet la mise en place d'un Parc naturel périurbain, dont le futur périmètre engloberait une partie des forêts sises en bordure nord de la ville. Ces forêts sont caractérisées par une diversité importante d'associations végétales, grâce à des conditions géologiques particulières et à une gestion forestière adéquate. La répartition des moraines du glacier du Rhône et des affleurements calcaires du Jurassique et du Crétacé a déjà été mise en évidence par une carte géologique, alors que la carte phytosociologique des forêts du canton de Neuchâtel a révélé la grande diversité phytosociologique régionale. En revanche, aucune carte pédologique n'existe encore pour illustrer la répartition fine des sols de la région, voire ailleurs au pied du Jura en milieu forestier. Deux secteurs du futur parc ont ainsi été cartographiés, ce qui a permis la mise en évidence d'une dizaine de types de sols. Ceux-ci sont répartis en deux grands groupes reflétant la moraine ou le calcaire, mais également la géomorphologie locale : affleurements, lapiaz, petites surfaces concaves, etc. Ces cartes constituent une base utile d'informations pédologiques en vue de la réalisation du futur parc et de sa gestion à long terme.

INTRODUCTION

Contexte de l'étude

Les sols périurbains de la ville de Neuchâtel sont assez bien connus du point de vue typologique, grâce à plusieurs travaux de phytosociologie et/ou de pédologie réalisés dans la région, publiés (par exemple Richard, 1961 ; Kissling, 1983 ; Delamadeleine, 1984) ou non, comme de nombreux rapports de travaux pratiques réalisés à l'université de Neuchâtel depuis une trentaine d'années). Il n'existe en revanche à ce jour aucune carte pédologique de la région, qui permettrait de comprendre la répartition spatiale de ces sols. L'intérêt d'un tel document pour la pratique, notamment pour la gestion forestière, est pourtant évident.

Pour commencer à combler ce manque, une étude cartographique a été initiée à l'occasion du travail de master en Biogéosciences du premier auteur. Cette recherche s'inscrit aussi dans le contexte de la proposition qu'a faite la ville de Neuchâtel de délimiter un parc naturel périurbain[1] dans la forêt de Chaumont, qui ferait de l'actuel Jardin botanique la porte d'entrée du parc. Comme le demande la législation suisse, ce parc devra comprendre une zone centrale[2] et une zone de transition[3] . Il existe actuellement un seul parc périurbain en Suisse, près de Zurich : le Wildnispark Zürich-Sihlwald.

Une forte valeur naturelle et paysagère est nécessaire pour obtenir le label «parc» et la forêt neuchâteloise possède de nombreux atouts à cet égard. En effet, les conditions géologiques particulières de la région ainsi qu'une gestion forestière adéquate offrent une diversité importante de milieux (Perdrizat & Voirol, 2011). De plus, les aménagements favorisant les activités touristiques (moyens de transport, Jardin botanique, musée, proximité de la ville) sont déjà présents.

Les partenaires directement impliqués sont les communes d'Hauterive et de Neuchâtel. Le périmètre du parc est d'environ 1000 hectares (fig. 1) et s'étend sur les deux communes (Ribaux & Voirol, 2011).

Objectifs de la cartographie

L'intérêt de ce travail est triple :

• Le premier objectif est d'ordre scientifique, et vise à comprendre la répartition spatiale des sols régionaux en fonction, notamment, de la topographie et du type de substrat, roche calcaire ou moraine. Une différenciation typologique assez fine permet d'autre part de bien mettre en évidence l'hétérogénéité souvent grande des sols, à de courtes distances.

• Un deuxième but, plus appliqué, veut fournir des informations à la ville et aux futurs gestionnaires du parc en ce qui concerne le système sol et sa relation avec la végétation, notamment dans le domaine de la sylviculture. La carte des sols permettra d'établir des plans d'intervention particulièrement ciblés, en accord avec les conditions du substrat.

• Enfin, le travail s'inscrit dans une démarche de vulgarisation, avec comme objectif de permettre à la population la découverte de ce compartiment si méconnu de l'écosystème, le sol. Un sentier didactique pourrait ainsi être aménagé à cette fin, avec quelques profils-types ouverts.[4]

Plus précisément, la recherche a consisté en l'établissement d'une typologie régionale précise et à la cartographie des sols d'une partie de la zone centrale du futur parc. Pour des raisons d'échelle de cartographie, d'hétérogénéité du site et de temps à disposition, deux cartes sectorielles ont été dessinées et sont présentées ici[5].

Le site d'étude

Le site d'étude (fig. 2) s'étage entre 600 et 750 mètres d'altitude et est exposé au sud-est. Bien que sa surface soit restreinte (inférieure à 1 km^2) par rapport à celle du parc (environ 1000 ha), il présente une forte

1) *«Un parc naturel périurbain est un territoire à proximité d'une région très urbanisée (dans un rayon de 20 km du centre d'une agglomération, à la même altitude que celle-ci et facilement accessible par les transports publics). Il doit être composé de zones quasi naturelles, se prêter à l'apprentissage de la nature et améliorer la qualité de vie des citadins.» (www.bafu.admin.ch).*

2) Zone centrale : celle-ci comprend une superficie d'au moins quatre kilomètres carrés. Elle préconise la protection de la nature et du paysage ainsi que le maintien de la biodiversité. L'accès au public est contrôlé et cette zone ne comprend pas d'intervention humaine (www.bafu.admin.ch).

3) Zone de transition : celle-ci constitue une zone tampon entre la zone centrale et la ville. Le but est de sensibiliser la population à la protection de l'environnement par des activités de découverte et notamment par un sentier didactique *(www.bafu.admin.ch).*

4) A cet effet, une carte simplifiée a été dessinée à partir de celles présentées ici, qui n'illustre que les unités cartographiques les plus représentées et qui occulte une partie de la diversité fine des sols. Elle est disponible *in* FARINE (2013).

5) Trois zones étaient prévues au départ, mais seules deux, les zones 1 et 3 ont été cartographiées. La zone 2 a uniquement fait l'objet de sondages et de présentation sous forme de transects, non publiés ici.

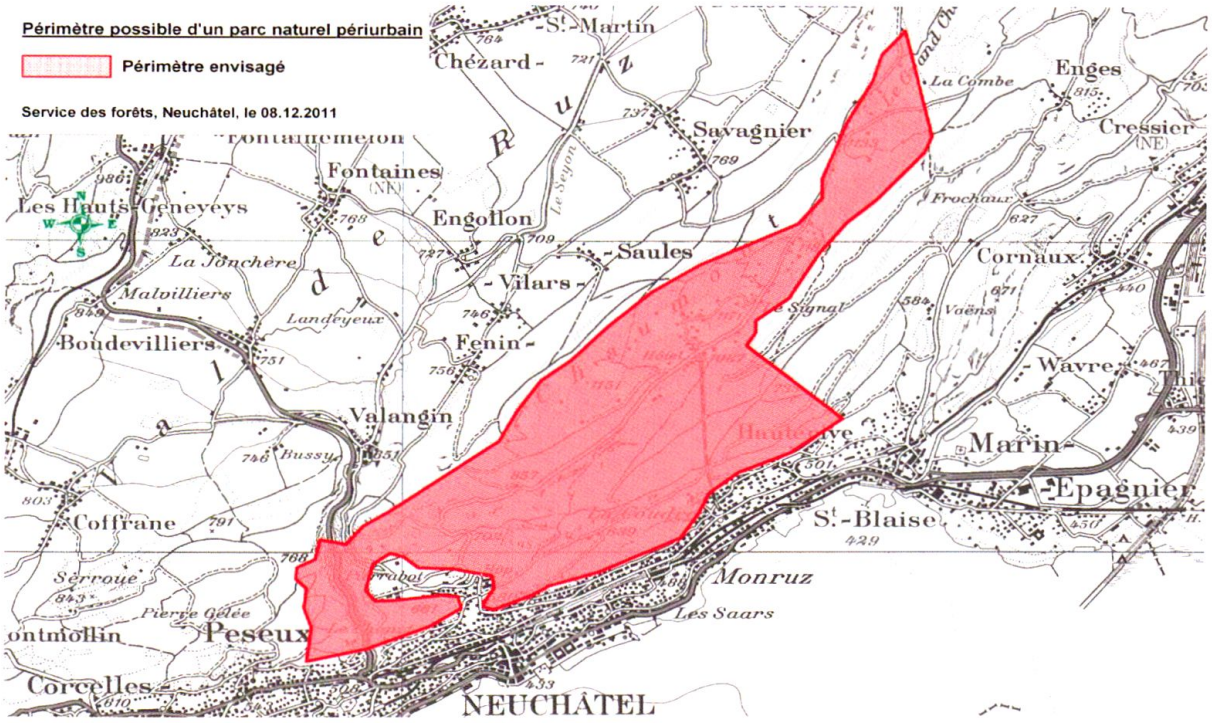


Figure 1 : Périmètre possible du projet de parc naturel périurbain au Pied du Jura, sur les communes d'Hauterive et de Neuchâtel (RIBAUX & VOIROL, 2011).

diversité en associations végétales (RICHARD, 1965), ce qui suggère une mosaïque de sols variée. En effet, la zone étudiée comprend, sur une surface restreinte, une bonne partie des associations végétales présentes dans le périmètre du parc[6]. D'après la carte phytosociologique de RICHARD (1965), quatre des sept associations décrites y sont en effet représentées. Le *Luzulo-Fagetum* et le *Lathyro-Quercetum* indiquent la présence de sols acides alors que le *Carici-Fagetum* et le *Coronillo-Quercetum* reflètent les sols calcaires (GALLANDAT *et al.*, 2009).

Les conditions géologiques de la région de Neuchâtel ainsi que le relief sont les facteurs prépondérants qui contrôlent la pédogenèse. Le site d'étude est situé au pied de l'anticlinal de Chaumont, entre le Rocher de l'Ermitage et Tête Plumée. La roche sous-jacente est plus précisément formée de calcaires lités et blancs du Portlandien (MEIA & BECKER, 1976), constitués de sédiments fins ayant été déposés dans des eaux peu profondes (SCHAER, *comm. pers.*). Toutefois, la campagne de terrain a permis de détecter également la présence de calcaires hauteriviens. Il y a 18'000 ans, lors de la glaciation du Würm, le glacier du Rhône a atteint, dans la région de Neuchâtel, une altitude de 1100 mètres ; il a déposé une moraine mixte, à la fois calcaire et cristalline, sur les flancs du Jura. Par la suite, la fonte des glaciers a engendré un remaniement des dépôts et par conséquent une accumulation ou une perte de matériel selon les endroits (SCHAER *et al.*, 1998). La présence ou l'absence de ces dépôts, ainsi que leur épaisseur, influencent de manière prépondérante le type de sol présent.

MÉTHODOLOGIE

Avant toute cartographie pédologique, il est indispensable de consulter les docu-

6) Associations végétales présentes dans la zone du parc : *Luzulo-Fagetum*, *Carici-Fagetum*, *Seslerio-Fagetum*, *Abieti-Fagetum*, *Lathyro-Quercetum*, *Coronillo-Quercetum* et *Cardamino-Fagetum* (RICHARD, 1965).

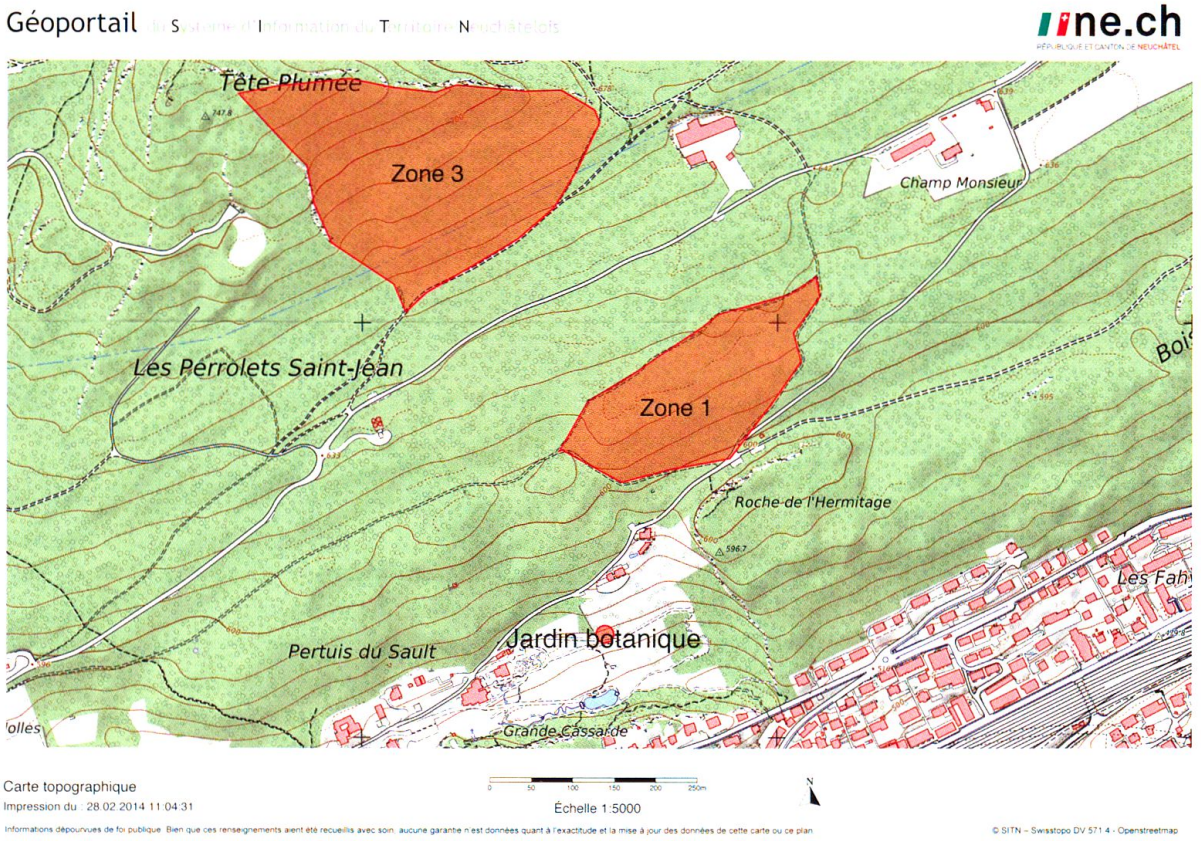


Figure 2 : Site d'étude (www.sitn.ne). Deux zones ont été cartographiées, la zone 1 et la zone 3. La zone 2, non figurée, a simplement fait l'objet d'observations.

ments à disposition (cartes phytosociologiques, géologiques, topographiques, etc.), qui fournissent des indications sur les types de sols potentiellement présents. Ces documents permettent d'effectuer un premier découpage de la zone avant la campagne de terrain, ce qu'on appelle le pré-zonage. Celui-ci s'effectue sur plans et sur photos aériennes. Puis, sur le terrain, trois étapes sont nécessaires avant la cartographie proprement dite.

La première consiste en la reconnaissance des types de sols préalablement mis en évidence par l'étude documentaire. Il s'agit notamment de reconnaître les sols au niveau de la Référence (niveau taxonomique de base), mais aussi de les regrouper en ensembles à cartographier, les unités de sol. De nombreux sondages préalables sont effectués à la tarière, de manière préférentielle selon la topographie et la végétation; ils permettent de choisir les emplacements précis où seront creusées les fosses pédologiques représentatives.

La deuxième étape consiste à faire un relevé phytosociologique (méthode de Braun-Blanquet, *in* Braun-Blanquet & Pavillard, 1928) à chaque emplacement sélectionné, de manière à comprendre la relation entre le sol et la végétation. Ces relevés permettront aussi une comparaison diachronique avec la carte des forêts levée par Richard (Richard, 1965).

La troisième étape préalable à la cartographie consiste en l'ouverture de fosses pédologiques de référence ainsi qu'à la description de sols modèles et, si nécessaire, à l'analyse de quelques descripteurs en laboratoire (selon Gobat *et al.*, 2007 et Baize *et al.*,2011). Cette étape est primordiale car elle permet au cartographe de nommer les sols présents et, par la suite, de rattacher les

sondages pédologiques qui seront effectués pour le levé de la carte à une nomenclature. C'est ici celle du Référentiel pédologique (AFES, 2009) qui a été retenue.

Une fois ces bases acquises, la cartographie proprement dite peut débuter. Elle consiste à délimiter les unités de sols sur le terrain, afin de les représenter sur une carte et d'illustrer leur distribution dans l'espace (LEGROS, 1996). La démarche consiste dans un premier temps à parcourir la zone d'étude afin de repérer les situations différentes des points de vue géomorphologique et floristique, et donc d'affiner le pré-zonage de la zone à cartographier. Dans chaque situation individualisée, un ou plusieurs sondages sont effectués et décrits pour une quinzaine de caractéristiques (texture, structure, épaisseur des horizons, couleur Munsell, pH Hellige, test à l'acide chlorhydrique, etc.). Un échantillonnage préférentiel a également été privilégié ici, bien qu'il existe d'autres méthodes, systématiques ou géostatistiques (LEGROS, 1996). En effet, cette approche est la plus pertinente dans la mesure où certaines surfaces sont plus complexes et nécessitent plus de points de sondages que d'autres. Les sondages sont ensuite rattachés aux types de sols modèles décrits dans les fosses de référence et, selon les cas, réunis dans des unités de sols.

Ces dernières rassemblent des sols plus ou moins différents du point de vue typologique mais toujours proches sur le terrain. On parle dès lors d'unités « complexes[7] » (OFEFP, 1996). En plus des unités de sol, la zone 3 comprend des surfaces individualisées non pédologiques, de par la présence de blocs calcaires éboulés et de lapiaz, qui sont des éléments géomorphologiques. Le terme d'«unité cartographique» permet de regrouper les unités de différentes natures (unités de sol, unités géomorphologiques) (OFEFP, 1996), c'est pourquoi il est privilégié dans ce travail.

La carte a été dessinée directement sur le terrain, puis les données récoltées, telles que les sondages pédologiques ainsi que leurs coordonnées GPS, ont été intégrées dans un SIG (Système d'Information Géographique, ArcGIS).

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Typologie des sols

Dans la région cartographiée, six types de sols illustrent chacun un ensemble de référence du Référentiel pédologique (AFES, 2009), correspondant à un processus majeur de la pédogenèse et aux principaux facteurs qui influencent leur formation. Sont ainsi présentés un LITHOSOL, un PEYROSOL-ORGANOSOL CALCAIRE, un CALCOSOL, un CALCISOL, un BRUNISOL EUTRIQUE et un LUVISOL TYPIQUE[8].

Dans le cadre de ce travail, deux grands groupes de sols ont pu être différenciés selon le matériel minéral parental, en accord avec les grandes structures géologiques régionales :

1. Les sols issus de roches calcaires

Ces sols suivent une pédogenèse « en milieu neutre ou légèrement alcalin » dans la mesure où ils sont sous l'influence de la roche calcaire qui apporte du calcium et des carbonates (GOBAT *et al.*, 2013). Ils contiennent une quantité importante de squelette calcaire (graviers et cailloux), mais inférieure à 60 %, et sont peu profonds (maximum 26 cm) par rapport aux sols issus de moraine dont l'épaisseur varie entre 40 et 80 cm.

Le LITHOSOL et le PEYROSOL-ORGANOSOL CALCAIRE sont très riches en matière organique. La perte au feu a permis de diagnostiquer la présence d'horizons hémiorganiques Aho car les valeurs de carbone organique sont comprises entre 8 et 30 g/100 g. Le LITHOSOL (fig. 3) est associé aux situations de lapiaz (dans la zone 3 principalement) alors que le PEYROSOL-ORGANOSOL CALCAIRE (fig. 4) est situé là où la dalle calcaire est plus altérée (dans la zone 1 uniquement,

7) D'après l'OFEFP (1996), il existe des unités pures et complexes. Une unité pure est constituée d'un seul type de sol alors qu'une unité complexe est constituée de plusieurs types de sols dans la mesure où il est parfois difficile de les délimiter.

8) La description complète de chaque sol ainsi que de leur forme d'humus, les relevés de végétation correspondants et les analyses pédologiques sont à consulter dans le travail de master du premier auteur (FARINE, 2013).

cartographié sous le nom de l'unité de sol RENDOSOL-PEYROSOL[9]). Ce profil de sol contient plus de 60 % de squelette calcaire. Le RENDOSOL et le RENDISOL, semblables mais à horizon A décarbonaté, ont aussi parfois été rencontrés.

Le CALCOSOL (fig. 5), épais de 17 cm, faiblement carbonaté (test HCl 1/4), présente un pH eau élevé, de 7,62, une structure polyédrique et une couleur brune (Munsell 7,5 YR 5/2). Ce type de sol est principalement présent dans la zone 1, les fréquentes situations de lapiaz de la zone 3 favorisant plutôt le LITHOSOL.

La principale difficulté a été de différencier le CALCISOL du BRUNISOL EUTRIQUE. D'après le Référentiel pédologique (Afes, 2009), la nature du matériel parental et le pH du sol permettent de séparer les BRUNISOLS des CALCISOLS. En forêt, le pH du sol est situé généralement entre 5,0 et 6,5 pour les BRUNISOLS (AFES, 2009). La réflexion sur l'évolution du profil étudié est également un élément à considérer pour le diagnostic. Le pHeau encore élevé du CALCISOL (7,52) (fig. 6) et la présence de squelette calcaire dans le profil de sol permettent de le différencier du BRUNISOL EUTRIQUE.

2. Les sols issus de moraine[10]

Ils suivent une pédogenèse « par voie acide » (GOBAT *et al.*, 2013). Ils sont plus épais que les sols issus de roches calcaires, sont plus évolués et ont un pH plus acide.

Le BRUNISOL EUTRIQUE (fig. 7) présente certes un pHeau de 6,61 à 7,00 mais le matériel parental permet de le diagnostiquer ainsi. En effet, l'existence d'une moraine mixte mais à dominance cristalline, sans importante réserve de calcaire à proximité du profil, exclut dans ce cas le CALCISOL, au profit du BRUNISOL EUTRIQUE. Les valeurs très élevées du taux de saturation en cations basiques permettent de diagnostiquer un BRUNISOL EUTRIQUE saturé. Le BRUNISOL DYSTRIQUE, non illustré ici, a également été rencontré. Il présente des pH et des taux de saturation plus bas mais reflète le même processus pédogénétique, la brunification sur matériel parental cristallin.

Le LUVISOL TYPIQUE (fig. 8) a été diagnostiqué par un Indice de différenciation texturale (IDT) de 2,48. D'après le Référentiel pédologique (AFES, 2009), une valeur supérieure à 1,8 range le sol dans les LUVISOLS TYPIQUES plutôt que dans les NÉOLUVISOLS, à lessivage des argiles moins intense. Une étude micromorphologique en lame mince a d'ailleurs prouvé l'argilluviation, avec des revêtements bien visibles au sein de l'horizon IIBT (fig. 9).

Cartes des sols

Afin de distinguer les deux grands groupes de sols et d'illustrer le lien entre le sol et la végétation, des couleurs chaudes ont été choisies pour les sols issus de roches calcaires, peu profonds, qui représentent les stations les plus sèches. Les couleurs froides, choisies pour les sols issus de moraine, plus acides et plus profonds, représentent des stations plus fraîches. La répartition des deux groupes est ainsi bien visible sur les cartes.

De manière générale, les unités cartographiques à BRUNISOL DYSTRIQUE et à LUVISOL TYPIQUE sont situées sur les replats, qui favorisent un dépôt morainique plus important. Ce dernier diminue l'influence du substrat calcaire sur le sol (stock de carbonates, Bruckert & Gaiffe, 1985) et la remontée du calcium par les racines (Havlicek & Gobat, 1996). Les unités à BRUNISOL EUTRIQUE se situent sur des pentes faibles (5-15°) et généralement en situation spatiale intermédiaire entre les sols issus de roches calcaires et ceux de l'unité à BRUNISOL DYSTRIQUE. En effet, malgré le dépôt de moraine, l'influence du cal-

9) Pour des raisons analytiques (taux de carbone organique), le nom « RENDOSOL-PEYROSOL » a été privilégié pour l'unité de sols rattachée au profil PEYROSOL-ORGANOSOL CALCAIRE (AFES, 2009).

10) La moraine observée dans la plupart des profils de sol décrits lors de ce travail est principalement constituée d'éléments cristallins.

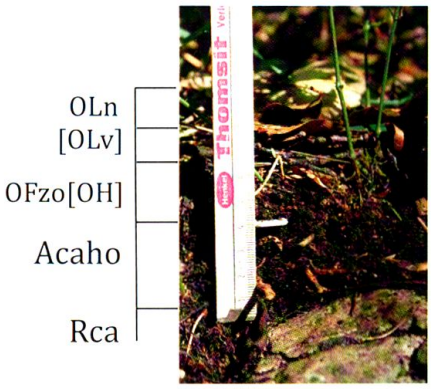


Figure 3 : LITHOSOL calcaire, à horizon hémiorganique, à Hémimoder (5,5 cm d'épaisseur).

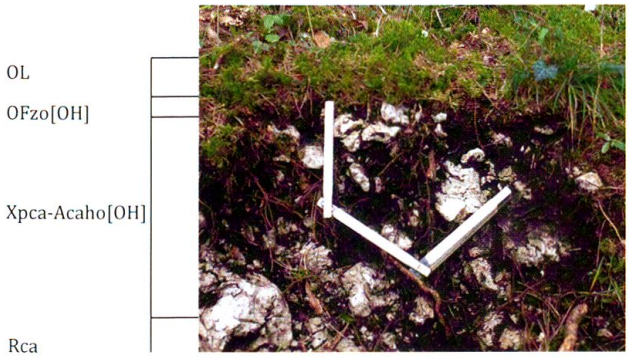


Figure 4 : PEYROSOL leptique, calcaire, pierreux et caillouteux – ORGANOSOL CALCAIRE, à Hémimoder (26 cm d'épaisseur).

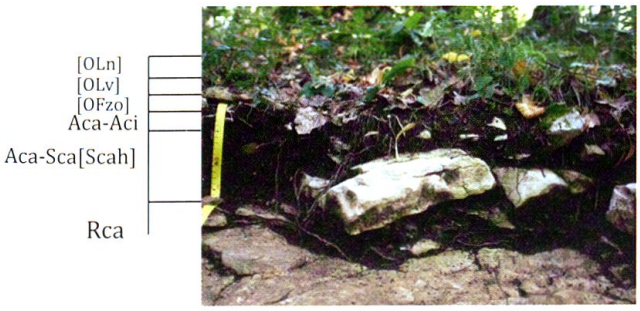


Figure 5 : CALCOSOL leptique, hypocalcaire, pierreux, à Oligomull (17 cm d'épaisseur).

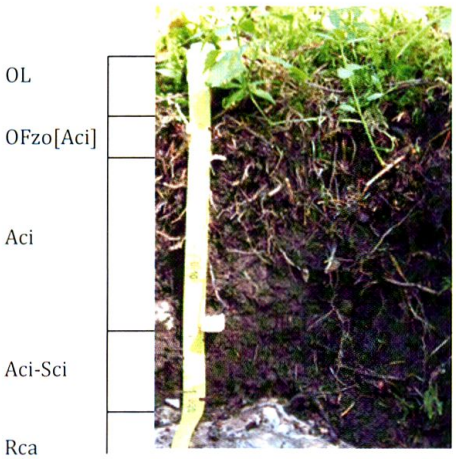


Figure 6 : CALCISOL leptique, caillouteux, à Dysmull (19 cm d'épaisseur).

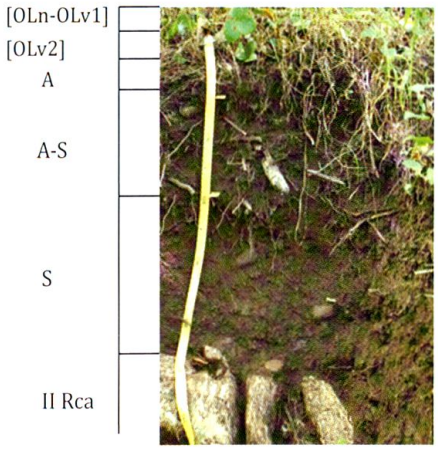


Figure 7 : BRUNISOL EUTRIQUE saturé, lithique, issu de moraine mixte, sur roche calcaire, à Mésomull (45 cm d'épaisseur).

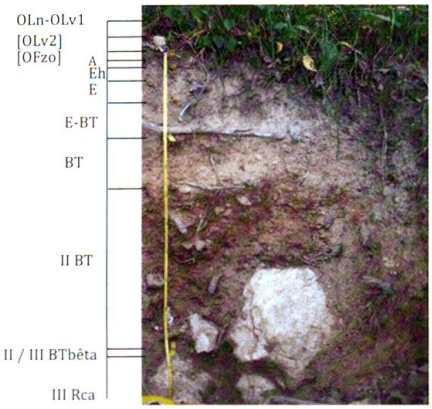


Figure 8 : paléoLUVISOL TYPIQUE, multiluvique, issu de moraine, sur roche calcaire, à Oligomull (104 cm d'épaisseur). Le préfixe « paléo-» et le qualificatif « multiluvique » ont été ajoutés en raison de la présence de plusieurs étapes de pédogenèse (cf. in FARINE, 2013).

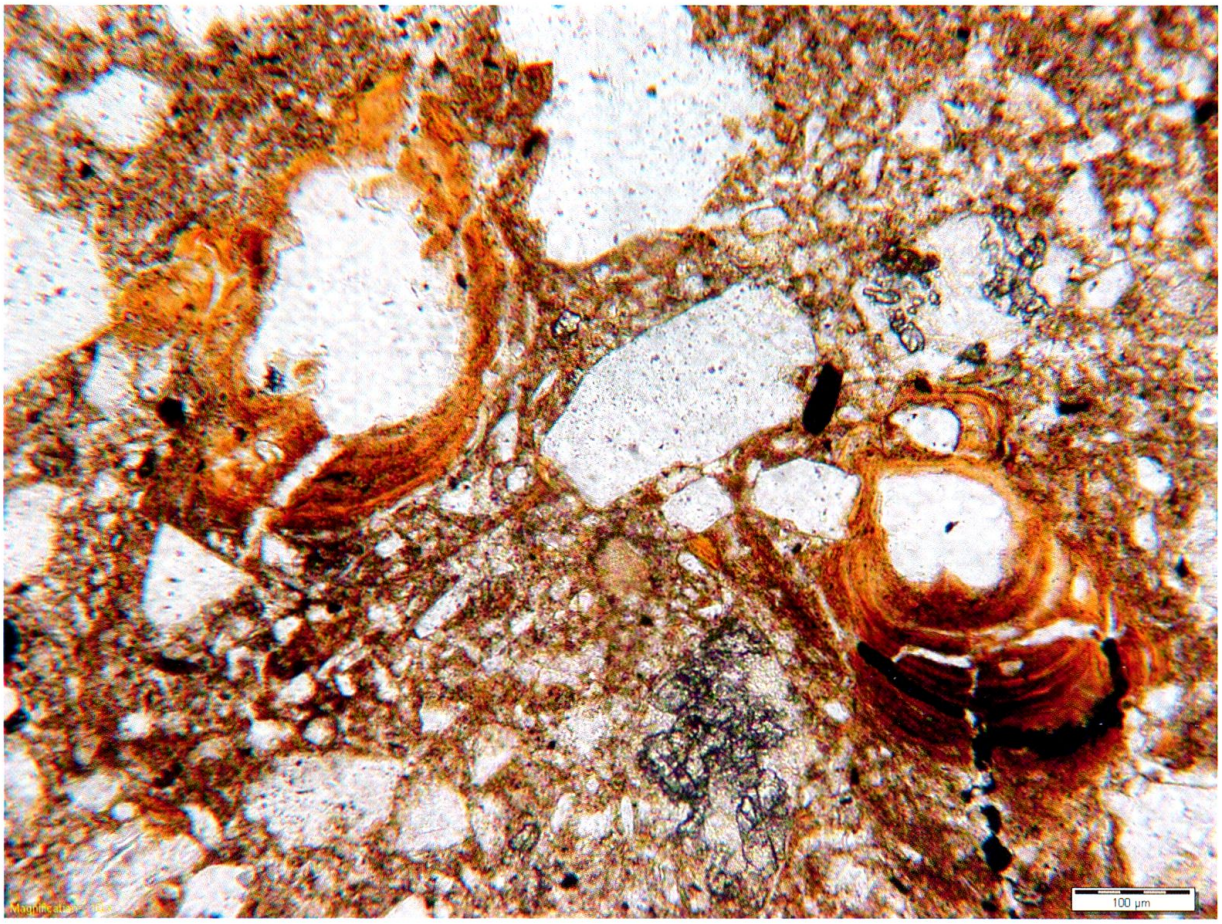


Figure 9 : En brun, feuilletés, revêtements d'argile orientés de l'horizon IIBT, preuve du lessivage des argiles ; lumière non polarisée, échelle 100 µm (photo E. Verrecchia).

caire peut être plus importante et le processus de lessivage n'est pas présent.

1. Carte des sols de la zone 1 (Annexe I)

La répartition des deux grands groupes de sols (sols issus de roches calcaires et sols issus de moraine) est bien corrélée à la topographie. En effet, les sols issus de moraine, l'unité n°10 BRUNISOL EUTRIQUE et l'unité n°12 BRUNISOL DYSTRIQUE, sont situés respectivement dans les situations de faibles pentes (10-15°) et de replats. L'unité n°10 fait la transition entre ces replats et les pentes plus fortes (15-20°), où se trouvent les sols calcaires des stations sèches à *Coronillo-Quercetum*.

De plus, d'après la carte topographique, deux situations convexes sont observées, correspondant à l'unité n°6 CALCOSOL, située sur de petites buttes. L'unité n°8 CALCISOL est, elle, localisée principalement en dessous des buttes calcaires, en situation de bas de pente, et constitue ainsi une situation intermédiaire entre les sols issus de roches calcaires et les sols issus de moraine.

Dans le bas de la zone 1, la distinction entre l'unité n°6 CALCOSOL et l'unité n°5 RENDOSOL-PEYROSOL/CALCOSOL (à dominance RENDOSOL-PEYROSOL) n'est pas observable sur le terrain. Le pendage du soubassement géologique peut en être la cause mais ceci ne peut pas être démontré dans le cadre de ce travail. Ces deux unités sont délimitées arbitrairement par un sentier, traversant la zone 1 en direction nord-sud.

Les nombreux sondages permettent de distinguer aussi des unités cartographiques complexes (unités n°1, 2, 3, 4, 7 et 11), sur des surfaces plus restreintes que les autres de la zone 1. Bien que petites, ces unités mettent en avant le caractère hétérogène de cette zone et sa grande diversité pédologique. Ces unités sont décrites dans FARINE (2013) et sont liées à des changements microtopographiques.

L'unité n°1 Dalle calcaire/LITHOSOL et l'unité n°2 LITHOSOL/Dalle calcaire correspondent à deux zones ouvertes par les forestiers afin de créer des conditions favorables à la garide. Le but est ici de créer des milieux plus pauvres et plus secs afin de favoriser la biodiversité (BONI, comm. pers.).

2. Carte des sols de la zone 3 (Annexe II)

La répartition des deux grands groupes de sols est plus hétérogène que dans la zone 1. En effet, dans cette dernière, les sols issus de moraine sont situés au nord et les sols issus de roches calcaires au sud, alors que la situation est moins tranchée dans la zone 3. Toutefois, malgré cette hétérogénéité, cette répartition reste fortement liée à la géomorphologie.

La particularité de cette zone est qu'elle présente de nombreuses situations concaves, en légère pente, où seuls les sols issus de moraine sont présents, alors que ceux issus des roches calcaires couvrent des affleurements, comme le montre la flèche orange de la figure 10. Les situations concaves, avec les sols issus de moraine, se trouvent en contrebas de ces affleurements.

Les unités cartographiques constituées de sols issus de moraine, telles que l'unité n°18 BRUNISOL DYSTRIQUE et l'unité n°19 LUVISOL TYPIQUE, sont situées dans les situations de replat ou en situation concave.

L'unité n°14 BRUNISOL EUTRIQUE correspond aux faibles pentes (5-15°), en situation concave, et aux transitions entre les lapiaz et l'unité n°18 BRUNISOL DYSTRIQUE.

En ce qui concerne les unités de sols issus de roches calcaires, trois situations ont été observées dans cette zone :

- en bordure des lapiaz, en rupture d'une pente abrupte. C'est le domaine de l'unité n°11 CALCOSOL, pourtant plus faiblement représentée ici que dans la zone 1 où elle fait partie des unités dominantes ;
- les lapiaz eux-mêmes (comme l'affleurement visible dans la figure 10), dont les rigoles sont plus ou moins développées selon les endroits ;
- les dalles calcaires plus ou moins altérées, couvertes par du sol, mais sans le symbole de « lapiaz » sur la carte. Ceci signifie que l'unité en question n'est plus constituée de rigoles visibles, ou alors qu'elles sont très rares et peu marquées. C'est le cas des unités n°4, 5 et 6. Les bryophytes, prépondérantes sur le lapiaz, sont remplacées par une végétation plus développée, où les herbacées et les arbustes du *Coronillo-Quercetum* dominent.

De manière générale, le LITHOSOL est largement majoritaire au sein des unités constituées de sols issus de roches calcaires. Le RENDOSOL et le RENDISOL de la zone 3 se trouvent dans les rigoles des lapiaz ou dans les interstices de la dalle calcaire, là où le sol ne repose pas directement sur cette dernière.

D'autres unités complexes, constituées de sols mixtes (sols issus de roches calcaires et issus de moraine), représentent des surfaces plus restreintes. Elles se trouvent dans des zones intermédiaires entre les lapiaz, comme l'unité n° 12, ou entre le bas des pentes calcaires et les sols issus de moraine (unités n° 13, 15, 16). Elles reflètent les transitions fines entre les sols issus de roches calcaires et ceux issus de moraine.

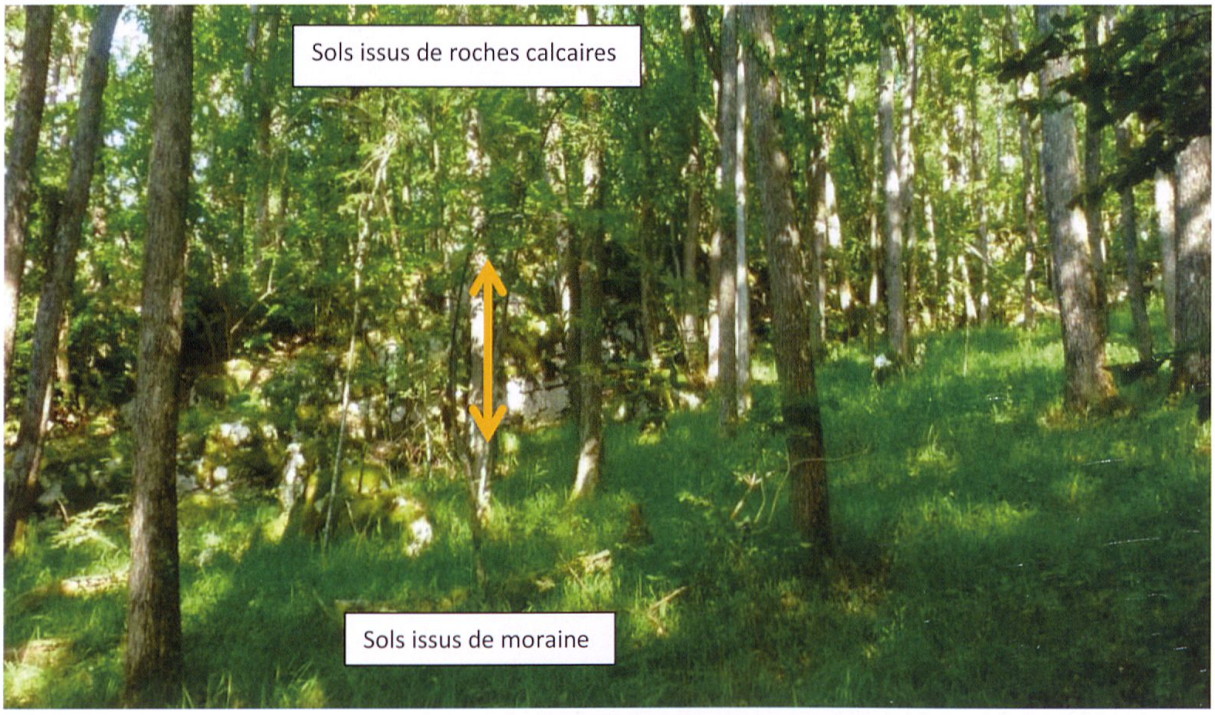


Figure 10 : Affleurement calcaire (flèche orange), sur lequel se trouvent les sols issus des roches calcaires. Entre les affleurements calcaires se trouvent des sols issus de moraine, dans les situations concaves (ici, un LUVISOL TYPIQUE sous un *Lathyro-Quercetum*).

Les apports généraux des cartes des sols

Les cartes pédologiques fournissent un état des lieux d'une partie de la zone centrale du futur parc périurbain, ce qui permet une meilleure compréhension du milieu et de sa mise en place.

Une approche multiscalaire est nécessaire pour bien comprendre un milieu. Faite à l'échelle de la station, la description du profil de sol permet de mieux expliquer l'écosystème à l'échelle du paysage et, inversement, la carte est très utile à la compréhension des profils décrits au préalable, notamment de leur répartition. Par exemple, dans le cadre de cette étude, la présence d'éléments cristallins à différents niveaux d'organisation (les quartz observés en lames minces, les galets notés lors de la description du sol ainsi que les blocs erratiques vus lors de la cartographie) permettent de déduire que ce dépôt hétérométrique (ou hétéro-granulaire) de moraine est d'origine glaciaire (Dewolf & Bourrie, 2008). Toutefois, la présence de galets arrondis dans les sols issus de moraine, et l'absence de moraine à certains endroits (illustrée par les unités de sols issus de roches calcaires) induisent que des processus postglaciaires ont eu lieu, comme le remaniement des dépôts par des processus fluvio-glaciaires (Schaer *et al.*, 1998). Des loess ont également été observés en lames minces, avec la présence de nombreux grains de quartz homométriques (Farine, 2013).

Les roches calcaires trouvées au fond des profils de sols issus de moraine ont été identifiées comme étant en place, grâce à l'observation du paysage ainsi que par les cartes géologiques de la zone d'étude. En effet, les situations de lapiaz ainsi que les surfaces ouvertes par les forestiers dans la zone 1 permettent de comprendre que le calcaire n'est pas un dépôt d'origine glaciaire mais qu'il est en situation, même dans ses faciès fragmentés. Aucun éboulis d'importance n'a ainsi été répertorié dans les trois zones étudiées, contrairement à d'autres surfaces du futur parc régional.

Les cartes pédologiques illustrent la diversité des sols ainsi que celle des unités cartographiques et de leur répartition spatiale.

Six types de sols de référence ont été présentés ici : LITHOSOL, PEYROSOL-ORGANOSOL CALCAIRE, CALCOSOL, CALCISOL, BRUNISOL EUTRIQUE, LUVISOL TYPIQUE. S'y ajoutent le RENDOSOL, le RENDISOL et le BRUNISOL DYSTRIQUE, non illustrés, mais attestés par les sondages ou par des travaux pratiques d'étudiants effectués en 2013 dans le site d'étude, toutefois hors des zones cartographiées. Seul semble manquer réellement dans le périmètre du site le NÉOLUVISOL, un sol moins lessivé que le LUVISOL TYPIQUE. Il existe pourtant à courte distance, à l'est ou au sud-ouest du site considéré ici mais toujours à l'intérieur du périmètre du parc périurbain, sous la hêtraie à luzules. On peut également trouver à l'intérieur de ce périmètre quelques sols à caractère rubéfié, témoins fossiles de périodes plus chaudes (Gobat, *inédit*), ainsi que de petites surfaces d'anthroposols à proximité des chemins et autres installations humaines. Le climat et les conditions stationnelles ne permettent pas la présence de types comme les sols hydromorphes.

La cartographie illustre la grande diversité des unités cartographiques et leur mosaïque fine.

En effet, la majorité des unités sont dites « complexes », ce qui signifie qu'elles sont composées de plusieurs types de sols (Ofefp, 1996), regroupés entre eux de multiples manières en fonction de la topographie, de la répartition entre le calcaire et la moraine, de l'épaisseur de cette dernière, voire des associations et peuplements végétaux. La carte de la zone 1 illustre une répartition claire entre les unités constituées de sols issus de moraine (couleurs froides, unités n°10 et n°12), situées au nord de la zone, et celles constituées de sols issus de roches calcaires (couleurs chaudes, unités n°5 et n°6 principalement), situées au sud. La carte de la zone 3 montre une répartition plus hétérogène que celle de la zone 1 mais, dans les deux, la répartition répond à une certaine logique car elle est bien corrélée à la géomorphologie. Les unités mixtes révèlent généralement des situations de transition entre les unités constituées de sols issus de roches calcaires et les unités constituées de sols issus de moraine. Elles mettent en avant le fait que le sol est un continuum, qui peut fortement varier même à de faibles distances.

En conclusion, la diversité et l'hétérogénéité des sols ne dépendent pas forcément de la surface à disposition, mais principalement du relief et du matériel parental. Ce sont les deux facteurs qui les influencent de manière prépondérante et qui déterminent en conséquence la diversité des unités cartographiées ainsi que leur répartition spatiale ; en effet, le relief contrôle directement le dépôt et l'érosion ultérieure ou non de la moraine, ce qui détermine ensuite la pédogenèse.

Les cartes pédologiques des zones 1 et 3 illustrent deux situations géomorphologiques différentes.

La zone 3 comprend des surfaces importantes de lapiaz. Logiquement, le LITHOSOL est le sol dominant, suivi du RENDOSOL et du BRUNISOL DYSTRIQUE. Elle offre plusieurs situations concaves alors que la zone 1 n'en a pas. Ces situations permettent une accumulation relativement épaisse de moraine et, par conséquent, la présence de sols très acides et évolués, BRUNISOL DYSTRIQUE et, plus encore, LUVISOL TYPIQUE. Dans le cas de la zone 1, ces sols se trouvent uniquement en situation de replat (unité n°12 BRUNISOL DYSTRIQUE) et en situation intermédiaire, au niveau de la rupture de pente (unité n°10 BRUNISOL EUTRIQUE).

En zone 1, le CALCOSOL est dominant, avec le RENDOSOL-PEYROSOL, le

BRUNISOL EUTRIQUE et le BRUNISOL DYSTRIQUE, contrairement à la zone 3 où il ne couvre qu'une faible partie de la zone. D'autre part, une roche plutôt « lisse » est observée dans la zone ouverte par les forestiers, plus jaune que les calcaires blancs du Portlandien présents dans la zone 3. L'origine du substrat, de l'hauterivien dans la zone 1, explique certainement l'absence de lapiaz. Le calcaire de l'hauterivien, globalement plus riche en argile et en oxydes de fer que celui du portlandien (Bichet & Campy, 2009), s'altère de manière différente et ne forme pas de lapiaz. Par conséquent, la zone 1 ne présente pas de LITHOSOL, à l'exception des zones récemment décapées par les forestiers. Comme l'hauterivien est plus facilement altérable, de nombreux éléments calcaires sont observés dans les sondages. Grâce à une surface spécifique plus grande que dans les situations des calcaires purs du portlandien, la libération du calcium et du fer est plus importante, ce qui permet une meilleure intégration de la matière organique. Ainsi, les sols de la zone 1 sont en moyenne plus profonds, à conditions topographiques semblables.

Dans un but de vulgarisation, ces deux zones offrent une comparaison intéressante de l'effet conjoint de caractères géologiques anciens, la roche calcaire jurassienne, et plus récents, la moraine mixte à dominance cristalline alpine, sur la formation des sols. Elles sont aussi particulièrement adéquates pour illustrer les effets du lapiaz. D'après Portmann (1995) en effet, « la constitution, la porosité des calcaires ainsi que leur perméabilité (orientation, densité et couverture des diaclases) jouent un rôle prédominant dans les processus de karstification ». De plus, la direction, le pendage et l'épaisseur des couches sont des facteurs également importants.

CONCLUSION

Les cartes pédologiques présentées ici sont les premières, à notre connaissance, qui illustrent la répartition fine des sols au pied du Jura, en milieu forestier. Leur intérêt dépasse donc largement celui du site étudié près de la ville de Neuchâtel. En effet, les surfaces de végétation thermophile correspondant à l'étage collinéen et au climat subméditerranéen sont très nombreuses entre Genève et Bienne. Couvertes de chênaies (*Coronillo-Quercetum, Rhamno-Quercetum, Latyhro-Quercetum, Luzulo-Quercetum*), de charmaies (*Galio-Carpinetum, Aceri-Carpinetum*), de hêtraies (*Carici-Fagetum, Luzulo-Fagetum*) ou encore de tiliaies (*Aceri-Tilietum*), pour parler des groupements les plus répandus, elles offrent une mosaïque végétale très diversifiée, reflet de ce jeu de correspondance étroit entre la topographie et la nature du matériel parental du sol, calcaire ou morainique à dominance cristalline.

Ces cartes pourront servir de base à d'autres études à mener sur les relations entre ces groupements végétaux, à biodiversité végétale et animale très élevée. On peut penser à des recherches à faire dans d'autres régions semblables ou concernant un processus pédogénétique particulier. Il serait également intéressant d'approfondir les connaissances sur les formes d'humus, la véritable charnière fonctionnelle entre le sol et la végétation, et de comparer le « grain » de leur répartition à celles de la végétation et des sols.

Plus localement, elles fournissent à la ville de Neuchâtel et aux gestionnaires du futur parc périurbain un état des lieux précis en pédologie, pour une partie de la zone centrale du parc. Elles mettent en évidence l'importance de la nature du matériel minéral parental (calcaire ou moraine) et du relief (zones concaves, convexes et replats) dans la répartition des sols. De plus, elles montrent que la nature du calcaire (portlandien ou hauterivien) influence fortement la pédogenèse. Tous ces renseignements sont fort utiles à l'établissement de plans de gestion forestière sur l'ensemble du périmètre prévu. Ces cartes pédologiques ajoutent

une valeur promotionnelle pour le parc en apportant une information originale sur le milieu, rarement présente au moment de l'élaboration des dossiers administratifs et des plans de gestion.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient chaleureusement toutes les personnes qui ont aidé le premier d'entre eux à l'élaboration des cartes et aux analyses des sols lors de son travail de master, sur le terrain ou au laboratoire. Il s'agit, pour le Laboratoire Sol et Végétation, de Andrej Al-Dourobi, Boris Droz, Roxane Kohler, Claire Le Bayon, Guy Rochat et Dylan Tatti, et, pour le Laboratoire de Biologie du sol, d'Edward Mitchell, Matthieu Mulot, Christophe Seppey et David Singer. Merci également, à des titres divers, à Olivier Arni, Jan Boni, Mahmoud Bouzelboudjen, Loraine Martignier, Blaise Mulhauser, Jean-Paul Schaer, André Villard et Eric Verrecchia.

BIBLIOGRAPHIE

AFES. 2009. Référentiel pédologique 2008. Coll. Savoir-Faire, *Editions Quae, Paris.*

BAIZE, D. et JABIOL, B. 2011. Guide pour la description des sols. *Editions Quae, Paris.*

BICHET, V. et CAMPY, M. 2009. Montagnes du Jura. Géologie et paysages. *NEO éditions, Besançon.*

BRAUN-BLANQUET, J. et PAVILLARD, J. 1928. Vocabulaire de sociologie végétale. *Montpellier, 2ème Edition.*

BRUCKERT, S. et GAIFFE, M. 1985. Les sols de Franche-Comté. *CUER, Université de Franche-Comté, Besançon.*

DELAMADELEINE, Y. 1984. Description de cinq parcelles d'observation des environs de Neuchâtel (Suisse). *Bull. Soc. neuchâtel. Sci. nat.* 107 : 63-74.

DEWOLF, Y. et BOURRIÉ, G. 2008. Les formations superficielles. Genèse, typologie, classification, paysages et environnements, ressources et risques. *Ellipses Edition, Paris.*

FARINE, V. 2013. Typologie et cartographie des sols du futur parc naturel périurbain dans la région de Neuchâtel. Etude indirecte du régime hydrique. *Travail de master en Biogéosciences. Universités de Neuchâtel et de Lausanne.*

GALLANDAT, J.-D., GOBAT, J.-M., et CLAVIEN, Y. 2009. Végétation de la Suisse. Guide syntaxonomique. *Laboratoire Sol et Végétation, Institut de biologie, Université de Neuchâtel.*

GOBAT, J.-M., VADI, G., BULLINGER-WEBER, G., AMSTUTZ, R. 2007. Protocole de description des sols. *Laboratoire Sol et Végétation, Institut de biologie, Université de Neuchâtel.*

GOBAT, J.-M., ARAGNO, M., MATTHEY, W. 2013. Le sol vivant. Bases de pédologie, biologie des sols. *Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne. 3ème Edition.*

HAVLICEK, E. et GOBAT, J.-M. 1996. Les apports éoliens dans les sols du Jura. Etat des connaissances et nouvelles données en pâturages boisés. *Etude et Gestion des Sols* 3, 3 : 167-178.

KISSLING, P. 1983. Les chênaies du Jura central suisse. *Mém. Inst. Rech. For.* Vol. 59, fasc. 3 : 215-438.

LEGROS, J.-P. 1996. Cartographies des sols : de l'analyse spatiale à la gestion des territoires. *Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne.*

MEIA, J. et BECKER, F. 1976. Atlas géologique de la Suisse, feuille 1164 Neuchâtel. *Commission géologique suisse, Bâle.*

OFEFP. 1996. Cartographie des sols forestiers. Manuel. *Office fédéral de l'environnement, Berne..*

PERDRIZAT, D. et VOIROL, R. 2011. Rapport d'information du Conseil communal au Conseil général concernant l'entretien multifonctionnel des forêts de la Ville de Neuchâtel. 23 mars 2011. *Neuchâtel.*

PORTMANN, J.-P. 1995. Paysages de Suisse : le Jura. Introduction à la géomorphologie. *Institut de géographie de l'Université de Berne.*

RIBAUX, A. et VOIROL, R. 2011. Rapport du Conseil communal au Conseil général concernant une demande de crédit relative à une étude de faisabilité pour un parc naturel périurbain au Pied du Jura. 5 décembre 2011. *Neuchâtel.*

RICHARD, J.-L. 1961. Les forêts acidophiles du Jura. *Mat. Levé géobot. Suisse*, Fasc. 38. H. Huber, *Berne.*

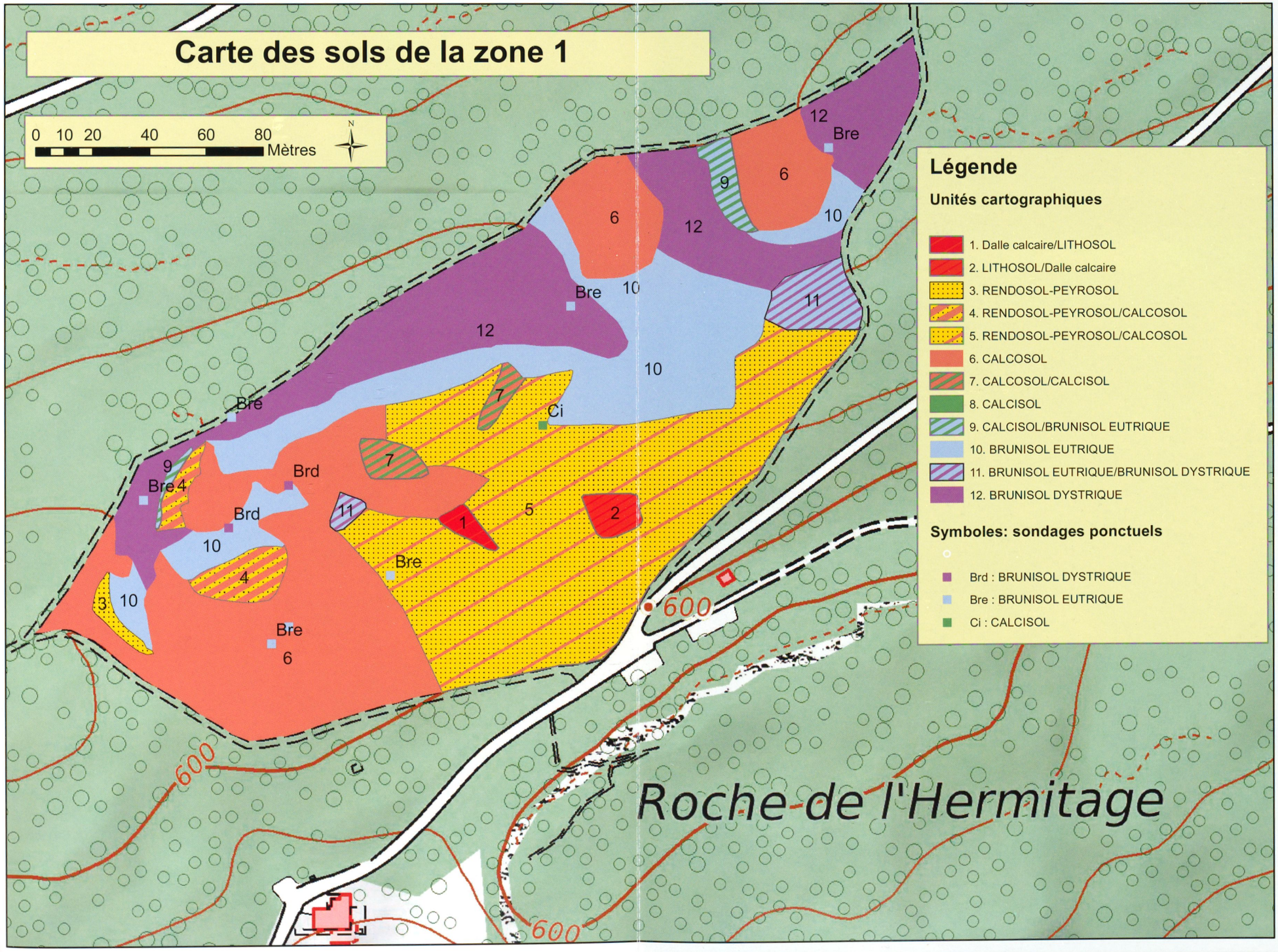
RICHARD, J.-L. 1965. Extraits de la carte phytosociologique des forêts du canton de Neuchâtel. *Mat. Levé géobot. Suisse*, Fasc. 47. H. Huber, *Berne.*

SCHAER, J.-P. et al. 1998. Le Jardin botanique du vallon de l'Ermitage. *Les Cahiers du jardin vol 1. Jardin botanique et ADAJE, Neuchâtel.*

Sites internet :

- OFEV : http://www.bafu.admin.ch. Parc naturel périurbain. Définition tirée de l'Ordonnance sur les parcs d'importance nationale. Art. 22 Superficie et emplacement. Etat au 1er janvier 2008, consulté en juin 2012.
- SITN : www.sitn.ne.
- http://www.parcssuisses.ch/fileadmin/sp/redaktion/Paerke/Karte_Paerke_Medienseite/Karte_Schweizer_Paerke-Stand-2013-08-20-fr.pdf). Consulté en juin 2012.

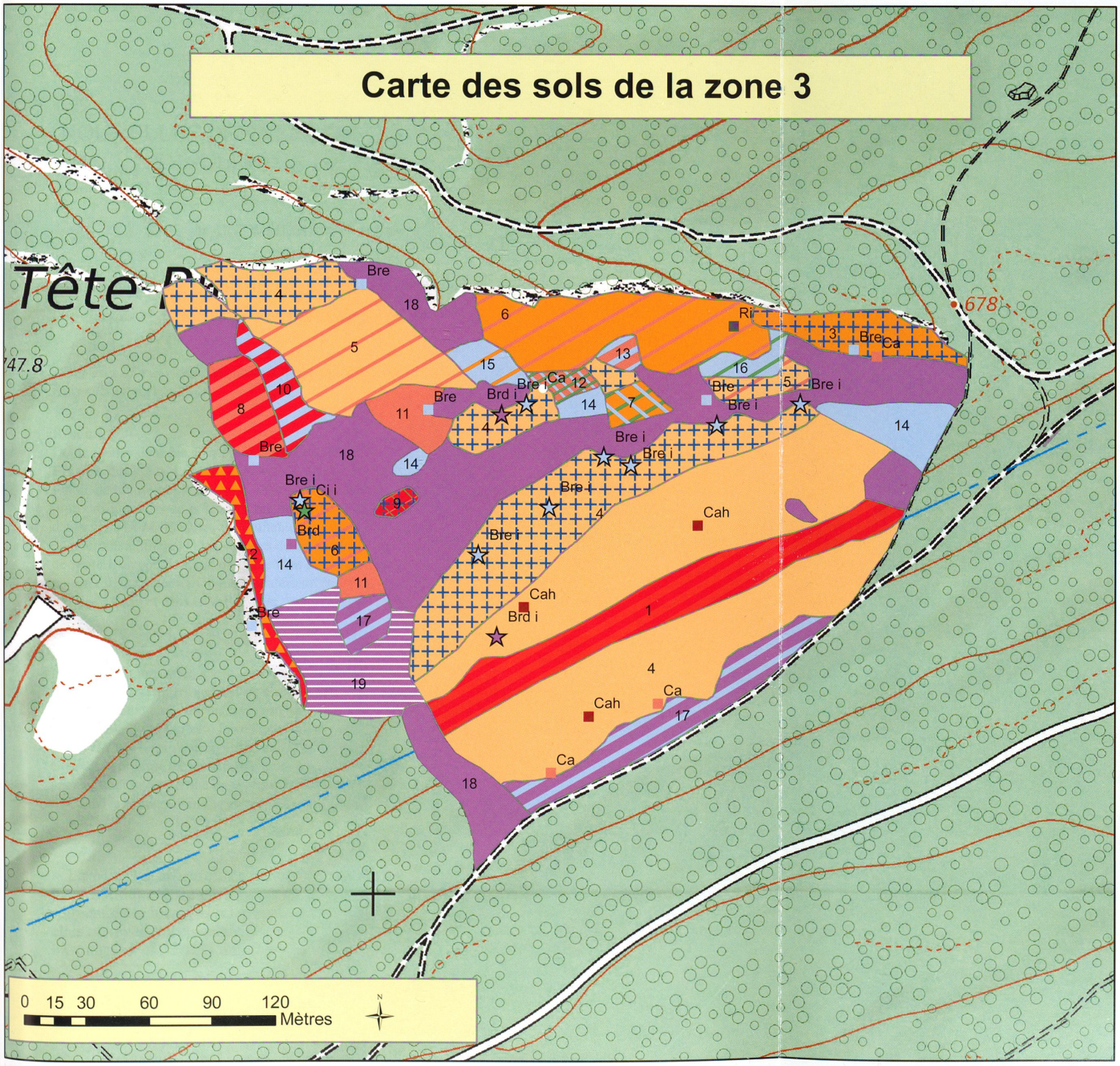
Carte des sols de la zone 1



Annexe I : Carte des sols de la zone 1

Avec l'aimable autorisation de Swisstopo

Carte des sols de la zone 3



Légende

Symboles: sondages ponctuels

- Brd : BRUNISOL DYSTRIQUE
- Brd i : BRUNISOL DYSTRIQUE (zone intermédiaire)
- Bre : BRUNISOL EUTRIQUE
- Bre i : BRUNISOL EUTRIQUE (zone intermédiaire)
- Ca : CALCOSOL
- Cah : CALCOSOL humique
- Ci : CALCISOL (zone intermédiaire)
- Ri : RENDISOL

Symboles géomorphologiques

- Blocs calcaires éboulés
- Lapiaz

Unités cartographiques

1. LITHOSOL/Dalle calcaire
2. LITHOSOL
3. LITHOSOL/RENDOSOL
4. LITHOSOL/RENDOSOL/RENDISOL
5. LITHOSOL/RENDOSOL/RENDISOL/CALCOSOL
6. LITHOSOL/RENDOSOL/CALCOSOL
7. LITHOSOL/RENDOSOL/CALCISOL/BRUNISOL EUTRIQUE
8. LITHOSOL/CALCOSOL
9. LITHOSOL/CALCOSOL/CALCISOL
10. LITHOSOL/BRUNISOL EUTRIQUE
11. CALCOSOL
12. CALCOSOL/CALCISOL/BRUNISOL EUTRIQUE
13. CALCOSOL/BRUNISOL EUTRIQUE
14. BRUNISOL EUTRIQUE
15. BRUNISOL EUTRIQUE/LITHOSOL/RENDOSOL
16. BRUNISOL EUTRIQUE/CALCISOL
17. BRUNISOL EUTRIQUE/BRUNISOL DYSTRIQUE
18. BRUNISOL DYSTRIQUE
19. LUVISOL TYPIQUE

Annexe II : Carte des sols de la zone 3

Avec l'aimable autorisation de Swisstopo