

# LES SOLS DES ALPAGES DU BEAUFORTIN (ALPES FRANÇAISES) CARTOGRAPHIE ET PARTICULARITÉS\*

Denis BAIZE & Jacques ROQUE

I.N.R.A. - Orléans - Science des Sols, F-45160 Ardon, France.  
(denis.baize@orleans.inra.fr)

## SUMMARY

(original scientific paper)

*THE SOILS OF HIGH PASTURES IN BEAUFORTIN (FRENCH ALPS). MAPPING AND PECULIARITIES.*

*A soil survey was carried out on the agricultural territory on the canton of Beaufort. The purpose was to understand the relationships between rocks/soils/geomorphology/vegetation/milk production. In addition to the usual pedological data collected on more than 700 sites, numerous additional information about vegetation, landforms, rock outcrops, etc. were noted. Since the mowed grasslands stand in tiers between 700 and 1500 m in elevation, especially over hard or loose crystalline rocks, the high pastures can be observed from 1500 m to more than 2200 m, most often over schists. The Beaufortin area is famous because of its cheese (origin labelled 'Beaufort') the high quality of which originate in the richness of its mountain pastures. This richness is linked with particular soils developed in calcareous jurassic shales widespread on large areas. In a very wet climate, these rocks were affected by a deep and strong weathering hence the formation of thick silty soils, acid or highly acid, influenced by waterlogging. On certain slopes, landslides occurred, totally disturbing and reworking the soil mantles. Due to their high content in calcium, these sites show the more diverse grass vegetation and the best fodder species. This is the reason why the surface soil pH was retained as a characteristic easy to determine and highly significant towards fodder quality.*

**KEY WORDS:** Soil - Calcschale - High pasture - Beaufortin - Alps.

## RÉSUMÉ

(article original)

*Une cartographie des sols a été réalisée sur le territoire agricole du canton de Beaufort afin de mieux comprendre les relations roches / sols / relief / végétation / production laitière. Outre les données pédologiques, ont également été recueillies en plus de 700 points des informations relatives à la végétation, aux formes du terrain, aux roches affleurantes... Alors que les prairies de fauche s'étagent entre 700 et 1500 m d'altitude, surtout sur des roches cristallines en place ou remaniées, les alpages s'échelonnent de 1500 m à plus de 2200 m, le plus souvent sur schistes. Le Beaufortin est particulièrement renommé pour son fromage (AOC de Beaufort), dont la qualité a pour origine la richesse de ses pâturages, elle-même due à l'existence, sur de grandes superficies, de calcschistes jurassiques. Sous un climat très humide, ces roches ont subi une altération intense et profonde d'où l'existence de sols limoneux, épais, acides ou très acides, marqués par des engorgements temporaires. Sur certains versants, des glissements en masse ont eu lieu, bouleversant complètement les couvertures pédologiques. Grâce à leur richesse en calcium, ces sites présentent la végétation herbeuse la plus variée et les meilleures espèces pastorales. C'est pourquoi le pH de surface des sols d'alpage a été retenu comme un caractère facile à mesurer et significatif quant à leur qualité fourragère.*

**MOTS CLÉS :** Sol - Calcschiste - Alpage - Beaufortin - Alpes.

## INTRODUCTION - OBJECTIFS - RECUEIL DES DONNÉES

Le Beaufortin est très réputé pour son fromage d'appellation contrôlée "Beaufort" dont le lait est produit par des vaches de races "Abondance" et "Tarentaise". Ces bovins montent en été dans les alpages pour brouter la végétation herbacée et consomment en hiver le foin des prairies de fauche. La montée progressive des troupeaux et des alpagistes qui les accompagnent est un processus traditionnel fort complexe réglé par la fonte des neiges et par la floraison graduelle de la végétation.

Il y a quelques années, une cartographie des sols a été réalisée sur le territoire à vocation agricole du canton de Beaufort afin de mieux comprendre les relations roches / formes du relief / sols / végétation herbacée, cette dernière présentant une grande importance pour la production laitière. La cartographie a donc été effectuée sur les sols de ces pâtures d'altitude en négligeant volontairement les forêts installées généralement sur des versants très pentus et les zones rocheuses que l'on observe aussi bien en basses altitudes (moins de 1 500 m) qu'en hautes altitudes (plus de 2 400 m).

Le but de l'étude était en effet à la fois de comprendre le rôle relatif des différents facteurs influant sur la qualité des pâturages et d'en réaliser une cartographie sur l'ensemble des surfaces agricoles.

Étant donné le relief très accusé de cette région et la rareté des chemins carrossables, une grande partie de la prospection a dû être faite à pied. Cette dernière a consisté en 740 sondages effectués à la tarière, complétés par des mesures systématiques de pH réalisées sur le terrain grâce à un réactif coloré (pHmètre Hellige). Outre les informations pédologiques collectées ponctuellement (description des horizons : texture, couleurs, taches, épaisseurs), les prospecteurs ont recueilli de nombreuses informations complémentaires (indications sur la végétation, formes du terrain à l'échelle hectométrique,affleurements des roches, présence de zones humides ou tourbières...).

Faute de moyens (manque de temps et absence de crédits), aucune analyse n'a pu être réalisée dans le cadre de cette cartographie. C'est pourquoi une grande part des connaissances relatives aux facteurs du milieu et aux processus pédogénétiques provient de travaux plus détaillés réalisés sur plusieurs secteurs du Beaufortin, publiés (DAMBRINE, 1981; REYDET, 1983; VAN OORT, 1984) ou non publiés. Nous avons également bénéficié de nombreuses informations communiquées oralement par J.-M. DORIOZ.

## RÉSULTATS

### LE MILIEU : ALTITUDE - CLIMAT - ROCHES

En Beaufortin, les prairies de fauche s'étagent entre 700 et 1 500 m d'altitude, aux étages de végétation colli-

néen et montagnard, surtout sur des terrains cristallins (granites, micaschistes, éboulis, moraines, alluvions). Les alpages, eux, s'échelonnent de 1 500 m à plus de 2 200 m d'altitude donc aux étages de végétation subalpin et alpin, le plus souvent sur schistes calcaires. Les altitudes sont, pour 63 % de la superficie totale, supérieures à 1 500 m, offrant donc une forte proportion d'alpages.

Le climat général est froid et très humide. À Arèches (1 050 m), la T° moyenne annuelle est de 7 °C et les précipitations moyennes de 1 400 mm avec une répartition régulière de ces précipitations tout au long de l'année. Cependant, la fonte des neiges au printemps libère une quantité importante d'eau sur une assez courte période, occasionnant un intense engorgement des sols situés en situations relativement planes.

La géologie régionale est complexe. Diverses roches cristallines affleurent : des granites, des micaschistes, des schistes, sans oublier des moraines issues de ces roches. Localement affleurent également des calcaires durs (Roc du Biolley et Rocher du vent) ou du Trias gypseux.

Mais l'essentiel des alpages est lié aux sols développés à partir des calcschistes du Jurassique inférieur et moyen (calcschales). Deux grands ensembles peuvent être distingués : un au nord, situé entre l'Aiguille Croche, l'Aiguille de Roselette, Hauteluze et le col des Saisies, l'autre, au sud, constitué essentiellement par les deux grands versants situés entre Arèches, le lac de St Guérin et le lac-réservoir de Roselend (cf. carte).

Dans cet article, nous nous limiterons à l'étude de ces secteurs où les sols sont limoneux ou limono-argileux, épais ou très épais, en général acides ou très acides, plus ou moins marqués par des excès d'eau temporaires.

### LES SOLS ISSUS DES CALCSCHISTES

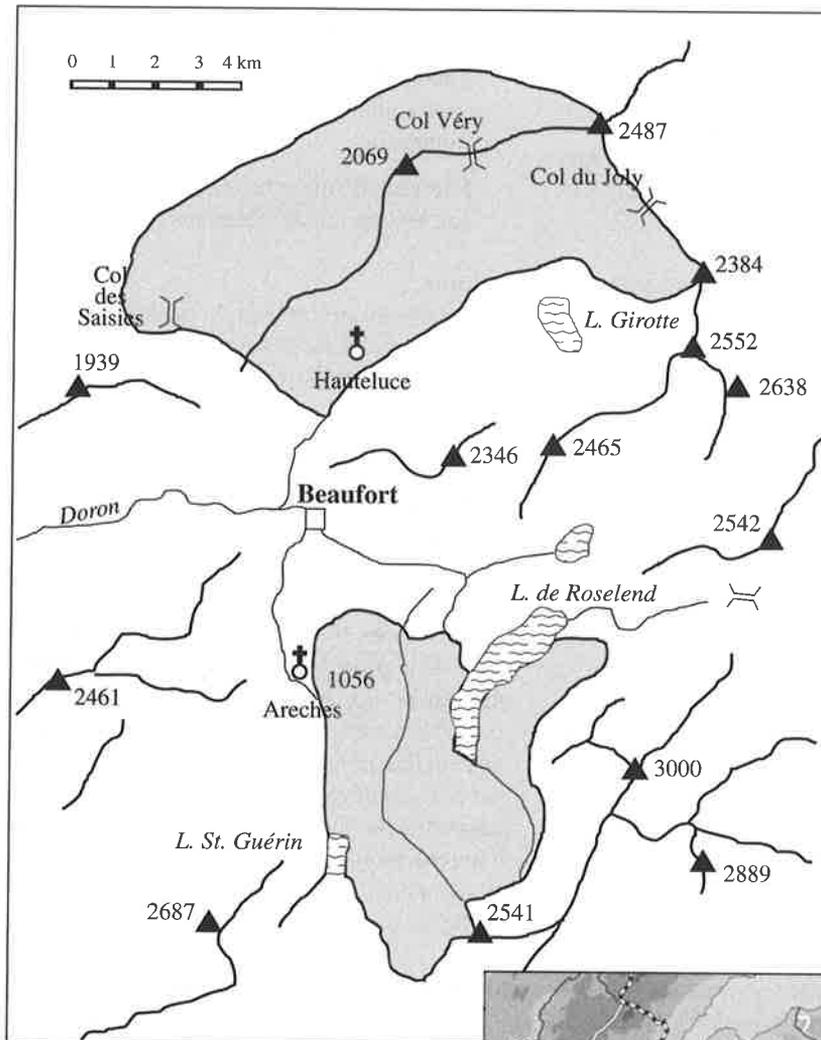
Les roches-mères sont des schistes formés aux dépens de roches sédimentaires argileuses faiblement et irrégulièrement carbonatées, de couleur gris foncé. Nous les appellerons ci-dessous "calcschistes". Très nettement feuilletées, ces formations ont été en outre fortement tectonisées et plissées.

#### En paysage stable

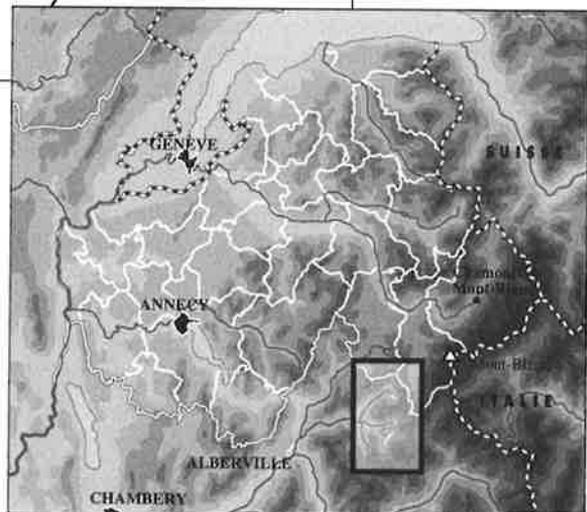
Positions de plateau, certaines pentes ; l'évolution de la couverture pédologique est caractérisée par quatre grands traits :

- Une décarbonatation profonde du sol mais aussi de la roche, sur plusieurs mètres d'épaisseur (en relation avec le climat pluvieux).

- Une altération intense des schistes et la production progressive de particules très fines, surtout de la taille des limons fins par un phénomène de microdivision. Si cette altération



**FIG. 1.**— Localisation du Beaufortin et des deux principaux secteurs d'alpage.  
*The site of Beaufortin and both main areas with high pastures.*



fournit très peu de sables, elle peut libérer des particules inférieures à 2 µm rigides (micromicas) ou non phylliteuses (quartz), d'autant plus abondantes que l'on se trouve proche de la surface du solum. Les sols (au sens large, altérite incluse) qui en résultent sont profonds, excédant souvent un mètre d'épaisseur, même sur des pentes fortes. Ces couvertures pédologiques limoneuses présentent à la fois une grande capacité de stockage pour l'eau et une bonne conductivité hydraulique latérale (circulations hypodermiques).

En revanche, ce type de matériau, capable de se gorger d'eau au moment de la fonte des neiges, est sensible aux phénomènes de solifluxion.

- Une décalcification puis une désaturation prononcée amenant le plus souvent à des pH très bas inférieurs à 5 et parfois même à 4,5. Les taux de saturation du complexe d'échange sont alors souvent inférieurs à 20 %, les cations alcalins et alcalino-terreux étant remplacés par  $Al^{3+}$  et  $H^+$ .

- Des engorgements et les traits d'hydromorphie qui en résultent. Ceux-ci varient largement, en fonction de la position topographique de détail.

C'est pourquoi la plupart de ces sols seraient désignés, selon le Référentiel Pédologique 1995, comme des **Alocrisols Typiques** (anciennement "sols bruns acides"), **rédoxiques** (existence d'engorgements temporaires), **limoneux** (dominance des fractions granulométriques 2-50 µm), **pachiques** (particulièrement épais).

### Évolution sur versants "glissés"

Sur certains versants où le plan général de schistosité se rapproche de la pente du terrain, de vastes glissements en masse ou des loupes de solifluxion plus limitées ont eu lieu, bouleversant complètement les couvertures pédologiques acides et la succession des horizons. En particulier, du carbonate de calcium est ramené à la surface des sols. Grâce à leur richesse en calcium, ces sites présentent la végétation herbeuse la plus variée et les meilleures espèces pastorales (il en va de même sur certains cônes de déjection contenant des fragments calcaires).

Dans ces secteurs glissés et au relief bosselé, les régimes hydriques sont très contrastés d'un point à un autre, à l'échelle décimétrique (LEGROS *et al.*, 1980; DORIOZ *et al.*, 1983; Van OORT, 1984). Ces grandes différences de degré d'engorgement et de fonctionnement hydrique se marquent par des différences de végétation et, dans le paysage estival, par des nuances variées de vert.

### ÉLÉMENTS DU MILIEU ET MISE EN VALEUR AGRICOLE

Dans ce contexte de production laitière de qualité en haute montagne, les facteurs du milieu ont été analysés et

classés selon l'importance de leur rôle dans la production de fourrages de composition floristique variée et de bonne valeur nutritive (DORIOZ, communication orale).

**Facteurs de première importance.**— Altitude, régime hydrique du sol, pH du sol.

**Facteurs d'importance secondaire.**— Exposition du versant, pente, accessibilité aux véhicules et aux troupeaux.

**Facteurs d'importance mineure.**— Profondeur du sol, texture du sol, éléments grossiers.

### Altitude

Au-dessus de 2000 m, la pousse de l'herbe est tardive, la neige survient tôt à la fin de l'automne, l'accessibilité est difficile, les troupeaux ne peuvent effectuer qu'un seul passage. Entre 1500 et 2000 m (étage subalpin), les alpages voient passer deux fois les animaux. 1700 m constituent la limite supérieure des prairies de fauche. Entre 1000 et 1500 m (étage montagnard) les prairies peuvent être fauchées 2 ou 3 fois.

### Régime hydrique du sol

Les zones très engorgées et les tourbières (replats ou dépressions) présentent des potentialités fourragères très inférieures aux zones mieux drainées. À l'autre extrême (pentes fortes en exposition sud), un pédoclimat relativement sec peut limiter la production herbacée. On notera que la plupart des sols développés sur calcschistes, profonds et de granulométrie limoneuse ou limono-argileuse, présentent un très grand réservoir en eau. Sous un climat général fort arrosé, les sols sont donc capables d'assurer une bonne alimentation en eau de la végétation, même au plus fort de l'été.

### pH du sol à 10 cm de profondeur

Cette donnée chiffrée quantifie la qualité chimique du sol et révèle ainsi les potentialités agro-pastorales. En dessous de pH 4,5, il y a une véritable difficulté pour l'exploitation. Les pH compris entre 4,5 et 5,5 correspondent souvent à une nardaaie, donc à une végétation herbacée de faible valeur alimentaire. C'est au-delà de pH 5,5 que l'on trouve les alpages les plus fertiles. Dans ce dernier cas, l'exploitation elle-même contribue à maintenir le caractère favorable du milieu grâce à la recharge organique laissée par les troupeaux.

### Exposition du versant

Ce facteur prend son maximum d'importance en dessous de 1500 m car les vallées du Beaufortin sont relativement étroites et encaissées (opposition adret / ubac).

### Pente et accessibilité

La pente excessive, l'éloignement, le manque de chemin carrossable, la présence de blocs (moraines), le terrain

trop bosselé sont autant d'obstacles au travail des hommes qu'au bien-être des troupeaux.

### Épaisseur du sol

L'épaisseur du sol ne joue un rôle direct sur la qualité de la végétation pastorale que lorsqu'elle est inférieure à 20 cm. Un tel cas défavorable n'existe pratiquement jamais sur calcschistes et n'est observé que sur roches cristallines dures.

### Texture du sol

Les textures limoneuses et limono-argileuses, typiques du domaine d'affleurement des calcschistes, sont nettement plus favorables que les granulométries sableuses qui caractérisent certains matériaux morainiques et les sols de granite.

### Éléments grossiers

Les blocs en surface jouent seulement un rôle d'obstacle (physique) à la mécanisation tandis que la présence de cailloux calcaires dans le sol constitue une source (chimique) de calcium non négligeable, tout-à-fait bénéfique pour la végétation herbacée.

## EXPRESSION CARTOGRAPHIQUE DES TRAVAUX

Finalement, nous avons réalisé trois documents cartographiques à l'échelle du 1/25 000 mais pas de carte pédologique proprement dite.

Carte n° 1 : "**roches-mères**". Nous avons opté pour ce mode d'expression car il permet d'intégrer des données lithologiques (caractère acide, neutre ou calcaire, schistosité initiale, dureté et altérabilité de la roche); granulométriques (chaque roche induit un type textural selon son grain, son mode de dépôt et son type d'altération); géomorphologiques (certaines formations superficielles correspondent à des positions précises dans le paysage) et pédologiques (épaisseur du sol, comportement hydrique de la roche sous-jacente). Une quarantaine de roches-mères distinctes a ainsi été répertoriée. Un regroupement en trois grandes catégories a été réalisé selon le caractère potentiellement acide, neutre ou calcaire des roches-mères. Les zones de calcschistes "glissés" ont été cartographiées séparément.

Carte n° 2 : **pH des horizons de surface**. En ce qui concerne les sols d'alpage, ce critère a été retenu comme un caractère facile à mesurer systématiquement et hautement significatif quant à leur qualité fourragère. Cinq classes ont été distinguées et spatialisées : pH < 4,5 - pH compris entre 4,5 et 5,5 - pH d'environ 5,5 - pH supérieur à 5,5 - et sols calcaires. L'importance des surfaces de sols acides et très acides doit être soulignée.

Carte n° 3 : **grandes zones de végétation**. Ont été différenciés :

- les alpages exploités, non colonisés par les ligneux ;
- les alpages colonisés par l'aulne vert ;
- les zones colonisées par les rhododendrons ;
- les tourbières (nombreuses, de toutes dimensions, parfois très vastes) ;
- les pelouses herbeuses pierreuses et pentues utilisées comme parcours à moutons (non situées sur calcschistes)
- les forêts et zones boisées.

## CONCLUSIONS

Dans un tel paysage de haute montagne, la cartographie des sols rencontre des difficultés spécifiques liées aux problèmes d'accès ainsi qu'à l'hétérogénéité du milieu, à l'échelle décimétrique, en ce qui concerne le régime hydrique, l'épaisseur des sols, la présence de cailloux...

Pour le rendu cartographique final, nous n'avons pas cherché à élaborer une carte pédogénétique mais avons préféré utiliser deux indicateurs synthétiques globaux, plus fiables et facilement spatialisables : les roches-mères et les pH. En effet, dans ce contexte de hauts alpages, le pH est non seulement la résultante significative des éléments du milieu naturel (interaction roche-climat-sol) mais il résulte aussi du mode d'exploitation humaine, par la circulation des troupeaux.

La pédogenèse sur calcschistes est acide mais elle est également très profonde. Malgré leur situation en hautes altitudes, les sols issus de l'altération des calcschistes atteignent très souvent un mètre d'épaisseur, même sur des pentes fortes. Au vu des particularités granulométriques et minéralogiques du matériau d'altération, ils doivent être plutôt à rattacher aux Alocrisols Typiques plus ou moins rédoxiques (anciennement "sols bruns acides").

En ce qui concerne la végétation, il semble que les alpages se maintiennent en bon équilibre lorsqu'ils sont broutés régulièrement par les troupeaux et qu'ils reçoivent leurs restitutions organiques ; en revanche, ils se dégradent dès qu'ils sont abandonnés (DORIOZ, comm. orale). Soit la prédominance du nard strict détermine des alpages de pauvre valeur, soit l'envahissement par les ligneux, notamment par les aulnes verts, les rhododendrons, les genévriers, les myrtilles entrave la pâture. C'est l'aulne qui engage cet envahissement en partant de petites incisions linéaires plus humides.

La dégradation de la végétation, notamment l'envahissement par les rhododendrons, combinée à des situations topographiques favorisant les pertes de matières (pentes fortes), peut affecter les sols issus de calcschistes où une podzolisation est susceptible de s'amorcer (plusieurs cas ont été observés par Van OORT).

Néanmoins, la renommée du Beaufortin, liée à la richesse de ses pâturages, a bien pour origine l'existence, sur de grandes superficies, des sols limoneux profonds issus de l'altération des calcschistes. Renommée et pâturages à ne pas abandonner.

#### REMERCIEMENTS

Collaboration technique pour les prospections : D. CHESNEAU, H. GAILLARD & G. YART.

#### BIBLIOGRAPHIE

DAMBRINE, E., 1981.- Répartition des phénomènes pédologiques sur le plateau des Saisies (Beaufortin, Savoie). Approche morphologique. DEA. Paris : 121 p.

DORIOZ, J.M., Van OORT, F. & DAMBRINE E., 1983.- Principaux facteurs de répartition des sols sur calcschistes dans les alpages du Beaufortin. 108<sup>e</sup> cong. Soc. Sav. Grenoble, sciences, 1 : 115-126.

LEGROS, J.-P., ROBERT M. & Van OORT, F., 1980.- Caractères principaux de la pédogenèse sur calcschistes en montagne. *Science du Sol*, 4 : 297-312.

Van OORT, F., 1984.- *Géométrie de l'espace poral, comportement hydrique et pédogenèse. Application à des sols sous prairie et alpage, issus de l'altération des calcschistes en Beaufortin.* Thèse, Paris-Grignon : 281 p.

REYDET, V., 1983.- *Étude écologique du fonctionnement de deux secteurs d'alpage du Beaufortin.* DEA Écologie appliquée. Grenoble : 42 p.