

Zeitschrift: Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der Eidg. Tech. Hochschule, Stiftung Rübel, in Zürich
Herausgeber: Geobotanisches Institut, Stiftung Rübel (Zürich)
Band: 117 (1994)

Artikel: Végétation et stations alpines sur serpentine près de Davos
Autor: Egger, Brigitte
Kapitel: 2: Domaine étudié
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-308981>

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: 11.01.2026

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

2 DOMAINE ETUDIE

2.1 Cadre géographique de Davos

Vallée haute de l'ouest des Alpes centrales, au fond dépassant les 1500 m, la région de Davos (canton des Grisons, Suisse) jouit déjà d'un climat à tendances continentales. Elle a été fortement marquée par les glaciations. La zone alpine étudiée, la Totalp, au nord de Davos, comprend 3.5 km² de serpentine pure, affleurant le long d'une chaîne de crêtes voisines des 2500 m. Elle est limitée par la géologie d'une part et par l'étage alpin d'autre part, au-dessus de la limite supérieure de la forêt vers 2200 m sur serpentine. Pour certaines comparaisons on a prélevé des données également sur roches carbonatées et silicatées voisines, surtout au sud de la serpentine. Ces substrats ont fait l'objet d'études phytosociologiques détaillées de la part de VETTERLI 1981, 1982. Leurs sols sont résumés p. 122. Voir cartes 6 à 10 p. 22sq.

2.1.1 Influences humaines

La vallée de Davos et l'importante voie de communication vers le SE passant par le col de la Fluela semblent avoir été parcourues dès l'âge du bronze. On suppose que les rhétiens puis les romains qui y circulaient aient quelque peu colonisé la vallée. Selon la chronique, la région aurait été christianisée dès le 2e s. de notre ère.

Depuis 700 ans, la vallée de Davos est peuplée par les Walser qui l'ont intensément cultivée et pâturée. Pour leurs alpages ils ont évidemment choisi les terrains les plus favorables, laissant les éboulis et champs de pierres de la serpentine de Totalp à leur solitude.

Une malédiction pèse sur cette montagne selon la légende de la Totalp, dont il existe plusieurs versions, également en d'autres lieux. "A l'origine la serpentine était l'alpe la plus fertile, si fertile qu'il fallait traire les vaches trois fois par jour. La pâtre était une femme belle et forte, qui adorait aller danser (il était tout à fait courant chez les Walser qu'une femme seule gouverne le bétail et fasse le fromage sur l'alpe, les hommes s'occupant des travaux les plus lourds, tels les foin, dans les régions inférieures). Lors d'une grande fête à Davos, la pâtre, qui aurait bientôt dû retourner traire ses vaches, se fit railler à ce sujet et envoya son alpe au diable :

"Verfluacht siiand Mutterna, Zyprian und Ritz"

"Verfluacht übar alli Bärga n und Spitz".

(Maudites soient Ligusticum Mutellina, Poa alpina, Plantago alpina, maudites soient-elles au-delà de toutes les montagnes et de tous les pics; parfois maudite soit "d'Masseggä", Cetraria islandica, qui dès ce jour est restée brune et sèche). Sur quoi un terrible tonnerre retentit et toute la montagne se précipita dans la vallée, ne laissant qu'un désert de rochers et de pierres qu'on nomma dès lors Totalp, c.-à-d. l'Alpe-Morte. La pâtre fut bannie dans le petit lac de Totalp et devint sorcière. Par mauvais temps elle tente de sortir du lac." (BUECHLI 1958:290,28, 246,287; JECKLIN 1876:41; CAFLISCH 1974:6sq, CAMINADA 1961:273).

Les activités des Walser ont fortement marqué la région. Ainsi la limite de la forêt a été refoulée par place jusqu'à 300 m plus bas, surtout sur les silicates qui sont particulièrement fertiles. En s'orientant aux rhododendrons on estime la limite naturelle ou potentielle de la forêt au nord de la vallée à 2100-2200 m et plus sur silicates; à 2000-2200 sur dolomite; la limite actuelle de 2000 à quasi 2200 m sur serpentine étant vraisemblablement naturelle.

A l'étage alpin, malgré le pâturage jadis intense et généralisé qui n'excluait guère que la serpentine et les zones accidentées, les influences humaines sur la végétation sont toujours restées secondaires face aux rigueurs du climat qui y

règne : on ne distingue pour ainsi dire pas de groupements anthropogènes. Néanmoins, le pâturage a laissé des guirlandes de terrasses créées par le bétail dans toutes les prairies sur silice dès qu'elles sont inclinées, avec des signes d'érosion locale; un appauvrissement des pentes en éléments nutritifs retirés par le broutement; sans parler de l'eutrophisation très localisée vers les repaires à bétail (LANDOLT e.a. 1976; VETTERLI 1982:12sq).

Encore aujourd'hui l'impact des animaux domestiques, vaches, moutons, chèvres, dépasse, dans toute la zone alpine envisagée, celui des animaux sauvages tels les chamois et depuis quelque temps à nouveau les bouquetins dont les populations ne cessent de croître. Seul par places les marmottes forment de grandes colonies. Mais tous ces animaux semblent éviter la serpentine et ses rares et maigres plaques d'herbes : je n'y ai rencontré qu'un trou de marmotte et à peu près aucune fumée. Il faut dire que la serpentine, avec ses larges vallées et simples crêtes, n'offre guère de refuge ni de couvert au gibier.

*

Davos est devenu une station climatique et touristique il y a plus de 100 ans et s'est gonflée en un centre international de sport alpin et de congrès, parallèlement à un recul de l'agriculture surtout dans les étages supérieurs. Dans les montagnes cela a d'abord signifié la construction d'une infrastructure plutôt localisée. Mais depuis 20 ans l'aménagement et le nivellement des pistes de ski, la construction d'innombrables remonte-pente, le passage des machines lourdes, le plasticage de rochers qui dépassent, la pose de câbles et de conduites déficient toujours plus d'hectares (voir aussi MEISTERHANS 1988), d'autant plus sur serpentine où la modestie, si ce n'est la quasi absence de végétation, semble n'encourager à aucune retenue.

Sur la serpentine, les interventions les plus massives se concentrent autour du sommet du Weissfluhjoch, avec les stations de funiculaire et de téléphériques, ainsi que l'Institut de recherches sur la neige et les avalanches. Le haut du Dorftälli n'a plus rien de naturel presque jusqu'aux baraquements des machines, 500 m sous le sommet. Le Meierhofertälli est également très touché : c'est d'autant plus triste que cette large vallée abrite une grande partie des plantes de serpentine alpine, et les seuls rares m² de végétation humide. Il n'y a guère que le triangle du Totalhorn qui soit épargné, et tout son flanc est, quasi impénétrable à sa base accidentée et envahie de pins rampants.

2.1.2 Climat

La vallée de Davos doit à son orientation NE-SW et à sa situation entre de grands massifs montagneux la tendance continentale de son climat (LANDOLT e.a. 1976:6). La station météorologique du Weissfluhjoch vers 2600 m, elle-même sur serpentine, livre des données largement valables pour la zone étudiée. Les traits dominants du climat alpin régnant sur le flanc nord de la vallée de Davos sont :

- une température annuelle moyenne d'environ -2°C et pour les 4 mois de juin à septembre de 3.6°C;
 - des précipitations annuelles moyennes d'environ 1200 mm, avec un maximum en été, la moitié des précipitations survenant de juin à septembre; la rareté des sécheresses;
 - la possibilité de gels et de chutes de neige tout au long de l'année;
 - un enneigement durant bien plus de la moitié de l'année.
- (FOEHN e.a. 1981a et b; ANNALEN 1975-1980; GENSLER 1978:114).

La température annuelle moyenne augmente en gros de .5°C/100 m de dénivellation. Quant à la période à température moyenne >5°C (voir p. 51), estimée d'après les diagrammes des climats de WALTER e.a. 1960/1967, elle comporte 40 j à 2600 m et

| station météorologique | alti- tude [m] | tempé- rature [°C]* | précipi- tations [mm/an] | ennei- gement | source |
|---------------------------|----------------------|---------------------------|--------------------------------|------------------|------------------------------|
| Weissfluhjoch sommet | 2672 | -1.8 | 1169 | 9 mois | ANNALEN 1980;FOEHNe.a.81b:29 |
| " cuvette km SE | 2540 | -2.5 | 1224 | 9 mois | LANDOLT e.a. 1976:6 |
| Schatzalp | 1868 | 2.4 | 1075 | | WALTER e.a. 1960/67 |
| Davos | 1561 | 2.8 | 1018 | | GENSLER 1968 |
| meteorological station | eleva- tion | tempe- rature | precipi- tations | snow cover | source |

* à 2 m au-dessus du sol

* at 2 m above ground

Fig. 3

Données climatiques annuelles moyennes de la région de Davos (v. carte p. 26).

Yearly mean climatic data for the region of Davos (see map p. 26).

| Weissfluhj. 2672 m | température à 2 m [°C] | | | | | précipitations [mm] | | | | | neige j/snow d | | | |
|-----------------------|------------------------|------|------|------|------|---------------------|------|------|------|------|----------------|-----|-----|-----|
| | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | moy | 75 | 76 | 77 | 78 | moy | 75 | 76 | 77 | 78 |
| juin | 1.3 | 4.3 | 2.2 | 1.4 | 2.2 | 140 | 66 | 108 | 111 | 131 | 12 | 4 | 11 | 13 |
| juillet | 5.2 | 5.5 | 4.5 | 3.6 | 4.6 | 161 | 164 | 159 | 126 | 166 | 7 | 9 | 5 | 12 |
| août | 5.4 | 2.7 | 3.4 | 3.9 | 4.8 | 180 | 105 | 189 | 95 | 156 | 9 | 9 | 10 | 9 |
| septembre | 5.4 | .5 | 1.5 | 1.9 | 2.7 | 87 | 167 | 37 | 122 | 98 | 4 | 12 | 10 | 12 |
| octobre | -.8 | .8 | 2.0 | .6 | -.9 | 28 | 91 | 25 | 58 | 72 | 7 | 14 | 7 | 9 |
| année | -1.8 | -2.8 | -2.3 | -2.8 | -1.8 | 1000 | 1014 | 1128 | 1137 | 1160 | 126 | 130 | 150 | 157 |

Fig. 4

Données climatiques mensuelles du Weissfluhjoch (pour p. 84).

Monthly climatic data for Weissfluhoch.

125 j à 2000 m (c.-à-d. augmente de 14j/100m de dénivellation).

Les précipitations annuelles moyennes diminuent de 35 mm/100 m à Davos (plus du double dans les vallées franchement continentales). L'épaisseur de la neige atteint un maximum annuel de 2.30 m au Weissfluhjoch, contre 1.20 m à Davos (SCHUEPP e.a. 1965, feuillet 11). En période estivale, des sécheresses de plus de 10 jours sont rares (GENSLER 1978:49sq). Le sol ne se dessèche pour ainsi dire qu'exceptionnellement jusqu'au niveau des racines des plantes adultes, même en terrain ouvert. La sécheresse semble affecter plus rapidement les plantes sur carbonates que sur serpentine et silicates. Je n'ai guère observé qu'une fois des plantes entières se faner, sur un dos de terre fine de serpentine très peu colonisée.

Les vents assez faibles, <10 km/h, exercent leur fréquence maximale dans la direction SW-NE, le long de la vallée principale (SCHUEPP e.a. 1965 feuillet 13).

A l'étage alpin l'enneigement prolongé définit des périodes de végétation de 1 1/2 à 5 mois, en moyenne de quelques 4 mois vers 2400 m, augmentant à raison de 5 j/100 m de dénivellation (propres estimations; 10-15j/100m selon LANDOLT 1977:31). La durée de l'enneigement dépend évidemment beaucoup du relief et de l'exposition. Elle s'avère en corrélation étroite avec la composition de la végétation à l'étage alpin et susceptible d'entraîner des inversions dans la zonation altitudinale de la végétation (voir VETTERLI 1982:47sq; ELLENBERG 1978:530). La durée d'enneigement semble par ailleurs avoir certains liens avec le micro-climat estival (voir CAFLISCH 1974:36).

Les moyennes des températures des stations météorologiques, mesurées à 2 m au-dessus du sol et à l'ombre, ne donnent guère qu'une idée très générale de la température dont jouissent les plantes. La serpentine au soleil, ou toute autre surface foncée, peuvent accumuler une chaleur impressionnante, et certaines végétations renvoyer des souffles de chaleur bien supérieures à la température de l'air. Or les processus physiologiques décisifs pour les plantes dépendent exponentiellement de la température : les maximums et écarts journaliers autant que les moyennes au niveau du sol sont donc instructifs.

La température du sol à l'étage alpin tend à être plus élevée que celle de l'air d'autant plus que le sol est foncé et dépourvu de végétation. A une profondeur d'1.20 m dans le sol, à 2500 m, elle compterait déjà 2°C de plus sur la moyenne annuelle (ELLENBERG 1977:516).

A la surface du sol par un jour ensoleillé, les températures maximales mesurées par GIGON 1971:60 sur silicates et carbonates alpins à Davos atteignent entre 38 et 54°C pour une température de l'air de quelque 25 à 30°C à 10 cm du sol; avec le maximum absolu sur sol carbonaté dépourvu de végétation. Pour le Pic du Midi, 2877 m, sur moder noir en septembre, DIRMHIRN 1952:45 nomme un maximum de 52.3°C; et LARCHER 1977b:354 des valeurs jusqu'à 50°C sur terre nue entre buissons nains.

Quant à la surface des roches, toujours lors de jours ensoleillés en haute montagne, en fonction de leur dureté et de leur couleur, les températures maximales s'élèvent pour les diabases (aux qualités proches de la serpentine) à 3 fois la température de l'air; pour le calcaire et le marbre à 2 fois selon JAAG 1945:58; et selon MATHYS 1974 jusqu'à 4 fois la température de l'air.

Alors qu'au Weissfluhjoch, selon JAAG 1945:49sq, l'échauffement maximal d'une pierre de serpentine est de 30.3°C à la mi-avril, soit de -16°C la nuit à 14.3°C le jour, un écart de 20°C représentant une valeur courante des jours ensoleillés d'été (mesures comparables chez DIRMHIRN 1952).

Pour situer les valeurs par rapport aux plantes citons les températures de -20°C à même -40°C auxquelles peuvent résister les buissons nains en hiver (LARCHER 1977a:360); et d'autre part les quelque 40°C auxquelles les feuilles et les buissons nains peuvent s'échauffer (o.c. 320sq,354), jusqu'à plus de 50°C pour les feuilles des plantes sur roches exposées au rayonnement (à 2200 m, o.c. 1977b:379). La limite que les plantes semblent supporter sans dégâts se situerait vers 65°C, au niveau du sol, à l'étage alpin, selon KRONFUSS 1972 ex ELLENBERG 1978:529).

En général la végétation, d'autant plus si elle est fermée, tend à se créer un microclimat modéré à son avantage (CERNUSCA 1976 ex LARCHER 1977a:324, végétations subalpines à buissons nains). On peut se demander le rôle que jouent les températures, qui semblent pouvoir être extrêmes sur serpentine, lors de la colonisation d'espaces ouverts si typiques sur ce substrat, quand on songe à la sensibilité des jeunes plantules.

2.1.3 Glaciations et flore

La région de Davos a subi intensément les diverses vagues des glaciations du pléistocène qui ont recouvert le nord de l'Europe environ jusqu'au 52e parallèle et tout l'arc alpin. La dernière et la plus importante a tout englouti jusque vers 2600 m d'altitude; elle a pris fin il n'y a guère que 15'000 ans, en plusieurs étapes, laissant d'innombrables moraines.

La surface étudiée a été entièrement immergée par les glaciers, épais de 150 m. Les rares nunataks proches, telle la Weissfluh, ont été à maintes reprises envahis de névés ou de glaciers locaux. Sur les affleurements de serpentine, les mouvements des glaciers remontaient semble-t-il vers le NW, ce qui a sans doute préservé cette zone d'apports importants de moraines carbonatées. (JAECKLI e.a. 1970; HANTKE 1980:225,263; 1983:667).

On admet ainsi que seules peu d'espèces ont survécu sur place aux glaciations et que la grande majorité des espèces de la flore actuelle de Davos a immigré après le retrait des glaciers.

Les nunataks les plus proches et d'une certaine importance sont quelques rares hauts sommets entre Davos et le Rhin, et plus au nord encore, les avant-postes moins envahis par les glaciations des Alpes septentrionales : ce sont avant tout des sites calcaires très hauts, encore aujourd'hui plus riches en espèces. Or les Alpes centrales et le nord des Alpes méridionales sont pauvres en roches carbonatées, mais avec un peu partout des roches marneuses. Enfin les contreforts du sud des Alpes, à carbonates et silicates, y compris l'Engadine et ses nombreux hauts sommets, ont offert des refuges encore plus favorables aux plantes, mais en partie très éloignés de Davos.

Ainsi les espèces des carbonates ont surtout recolonisé la région à partir du nord, celles du sud étant en grande partie entravées par les grandes masses silicatées à traverser. Alors que les espèces des silicates sont venues par le sud, par l'Engadine, et n'ont, elles aussi, de loin pas toutes réussi à atteindre Davos. Aussi Davos compte-t-elle aujourd'hui une flore des carbonates plus pauvre que celle des Alpes septentrionales et une flore des silicates plus pauvre que celle des Alpes plus méridionales, les silicates abritant plus d'espèces que les carbonates. (HESS e.a. 1976,1:24sq,40sq; LANDOLT e.a. 1976:7sq; SCHIBLER 1929 (in 1937:X).) Quant à la flore sur serpentine, elle est entièrement constituée d'espèces empruntées aux environs, à l'exception d'une seule espèce strictement restreinte à la serpentine, l'*Asplenium serpentini*, dont les spores ont manifestement réussi à essaimer jusqu'à Davos, cf p. 164. La situation de la flore sur serpentine par rapport à celle sur silicates et carbonates est discutée p. 207sq.

2.1.4 Géomorphologie

La géomorphologie sur la serpentine de Totalp suit un schéma relativement simple : des crêtes de roche affleurante aigües et prolongées, avec de vastes éboulis sur les flancs, entrecoupées de larges vallées arrondies peu accidentées, au fond tapissé de champs de pierres. Par exemple :

- l'arête N-S du Weissfluhjoch
- l'arête NW-SE du Mittelgrat
- l'arête W-E du Totalphorn
- les arêtes W-E et N-S du Schwarzhorn, à serpentine veinée de calcite et à ophicalcites

Un quart de la surface est de la roche affleurante, le reste se répartit entre éboulis, moraines et fonds de vallée. Les pentes N sont plus raides que les S (N 65° W - S 65° E) car les couches plongent vers le sud. Sous les affleurements des crêtes, les éboulis débutent gravillonneux, bleu-gris et peu altérés, jusqu'à devenir au pied des pentes des amoncellements de blocs atteignant le 1/4 de m³, stables, à écorce d'altération rousse, tranchant sur le fond de la vallée. Celui-ci présente par contre toutes les classes granulométriques jusqu'aux plus fines trahissant une moraine de fond. Les massifs de serpentine-augite sont roux, beiges et bleutés, alors que l'ophicalcite du Schwarzhorn est plus sombre, noire, bleutée et les caillasses plus rouillées.

Sur silicates et carbonates la géomorphologie apparaît plus diverse et plus complexe : pics plus escarpés, accidentés, moins d'éboulis que sur serpentine. Une colonisation bien plus intensive les stabilise et freine fortement une érosion physique à grande échelle.

Eboulement de Totalp. L'arête du Totalphorn se casse le nez à l'est et bée sur la vaste niche d'ablation d'un éboulement tardi-glaciaire qui s'est répandu sur 6.6 km jusqu'à Selfranga près de Klosters (CADISCH 1921:90; FRUEH 1938:III 511sq; GUTERSOHN 1964:326). Certaines parties de ce flanc semblent plus instables à en juger les grands cônes d'éboulis gris non altérés, où l'érosion physique tend à prédominer. A moins que l'on puisse expliquer les différences d'alté-

ration tant physique que chimique déjà par des différences de texture ou de constitution de la roche (cf p. 102, 113sq). La masse de cet éboulement impressionnant, estimée à un 1/2 km³ (CADISCH 1921:67 ex MAISCH 1981:59), soit un des plus importants des Alpes, s'est répandue surtout sous la forêt de Drusatscha, créant le seuil de Wolfgang, et verrouillant la vallée vers Klosters, imposant une inversion du cours de la Landwasser qui s'écoulait jadis dans le Prättigau. Ces événements eurent lieu il y a 13'000 à 12'000 années, après le stade du Gschnitz. HANTKE (1978:111) s'explique cet éboulement par l'imbibition d'humidité accrue lors de la fonte des glaciers, associée à des dérangements tectoniques. MAISCH 1981:21,58sq démontre qu'il s'agirait d'une série d'éboulements en 3 phases principales, et que le lac de Davos, que l'on pensait né de ces événements, aurait primairement été endigué par des progressions glaciaires.

| | | |
|------------------|-------|---|
| serpentine | s.s.: | au sens strict : famille de minéraux de structure $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$ avec plus ou moins de Fe. |
| serpentine | s.l.: | anciennement : ensemble assez élastique de divers types d'ultramafites, plus ou moins serpentinisées en une grande variété de produits, et de roches qui sur le terrain leur sont le plus souvent associées. |
| | : | en géobotanique : serpentinites, péridotites et pyroxénites, soit en gros ultramafites (sans amphibolites), c.-à-d. des roches unilatéralement ferromagnésiennes et pauvres en Ca, Al, K, P. |
| serpentinite | : | roche constituée des minéraux serpentines, issue de la serpentinisation des minéraux olivine et pyroxènes. |
| serpentinisation | : | métamorphisation par altération hydrothermale de péridotites, aboutissant à de la serpentinite et à une part changeante de composés plus ou moins libres de Fe, Ca, Al. |
| péridotites | : | roches constituées principalement du minéral olivine et secondairement de minéraux pyroxènes. |
| pyroxénites | : | roches constituées principalement de minéraux pyroxènes. |
| mafique | : | ferromagnésien, riche en magnésium (ma) et fer (fe), sans quartz, de couleur sombre, soit mélanocrate (par opposition à leucocrate ou sialique). Sont mafiques les minéraux serpentines, grenat, olivine, pyroxènes, amphiboles, biotite. |
| ultramafique | : | contenant 70% (ou plus) de minéraux mafiques, sans quartz ni feldspath. Comprend les "serpentines s.l." et amphibolites; est plus ou moins synonyme de ferromagnésien. |
| ultramafite | : | roche ultramafique. |
| basique | : | pauvre en SiO ₂ . |
| ultrabasique | : | contenant 45% (ou moins) de SiO ₂ . Les roches ultrabasiques réunissent encore plus de roches que les ultramafiques. Peut prêter à confusion si employé en parlant de serpentine s.l. |
| ophiolite | : | association génétique distincte de roches à prédominance mafique à ultramafique. |
| | : | à l'origine : synonyme de serpentinit(e). |
| ophicalcite | : | (ophiolite, ophite) : serpentinite mélangée à des minéraux carbonatés. |
| roches vertes | : | synonyme de basites et ultrabasites. |

Fig. 5

Serpentine et nomenclature géologique associée. Complété par fig. 13, 14 p. 32. (COLEMAN 1977:1-7; BROOKS 1987:8sq; PETERS 1963:534; BACH 1976:161; GANSSE 1973).

Serpentine associated geological nomenclature.

2.2 Géologie de la serpentine

L'affleurement de la verte serpentine de Totalp, au nord de Davos, se situe au carrefour de plusieurs nappes géologiques, riches de leurs différentes couches, appartenant en particulier à la zone des écaillés d'Arosa. Les roches voisines de la serpentine alternent ainsi, sur un espace restreint, entre silicates acides et carbonates.

- "Silicates" dans ce travail résume les roches cristallines acides, soit : avant tout des paragneiss et schistes micacés, au Salezerhorn (NW), au Grüenturm et au Strela; des gabbros au Salezerhorn (SE); ainsi que quelques radiolarites crétaciques, p.ex. au Gotschna au N de Parsenn, et au N du Schwarzhorn.
- "Carbonates" résume les roches sédimentaires basiques, soit : des dolomies triassiques et quelques autres calcaires, au Schiahorn et au Gotschna; des dolomies crétaciques au Weissfluh.

Voir Totalp fig. 9 à 11 p. 27sq; carte géologique de la Suisse 1972 1:50'000; et pour Davos CADISCH e.a. 1929; 1953:389-390; 1963, etc.; (nouvelle version de la carte géologique de Davos en préparation).

*

La géologie de la serpentine et de ses proches parents, particulièrement compliquée, n'est guère mieux comprise et discutée au niveau international que depuis une quinzaine d'années. Il a régné jusque là une abondance de termes à usage limité et changeant à propos de ces roches, véritable jungle pour les biologistes. Il est ainsi bon de garder à l'esprit de quelle époque datent les travaux cités. Ce chapitre a pour but de cerner géologiquement ce que l'on entend par serpentine et de situer l'usage qui en est fait en géobotanique.

2.2.1 Tectonique

Du point de vue tectonique, la serpentine de Davos et les roches voisines qui serviront de termes de comparaison - et avec elle quasi toutes les serpentines alpines - se logent sur l'importante démarcation orogénique qui sépare les masses (au N et W) principalement sédimentaires de la nappe pennique, plongeant ses racines vers le SE, des masses (au S et E) avant tout cristallines de la nappe austro-alpine, superposées sur les premières (cf fig. 7 et 12 p. 24sq). Cette zone intermédiaire correspond à une nappe d'ophiolites alpines mésozoïque (DIETRICH e.a. 1974:304).

*

L'originalité des serpentines commence ainsi déjà par leur tectonique particulière qu'elles partagent plus généralement avec quelques autres roches associées sous le terme d'ophiolites. Selon COLEMAN (1977:7-14, 145, 57) les ophiolites correspondent en général à de la croûte océanique ancienne et à des fragments relictuels du manteau supérieur (ou Sima à caractère basique). Cette lithosphère océanique est elle-même générée à partir du manteau supérieur, dans les sillons dorsaux océaniques où il y a déjà métamorphose (primaire). Le passage dans l'océan jusque vers les marges continentales s'accompagne de modifications et d'associations d'autres éléments. Vers la jonction avec les plateaux continentaux, la croûte océanique s'enfonce dans ou sous les marges continentales. Ces lignes de suture sont aussi des zones séismiques et orogéniques remarquables. Une infime partie de cette croûte océanique échappe à cette subduction et émerge dans la croûte terrestre (ou Sial, le plus souvent acide) en parcelles isolées dans des paysages géologiques très différents. Ces fragments subissent alors souvent de fortes métamorphoses. Or les péridotites serpentinisées lors de ces mouvements tectoniques initiaux offrent des qualités physiques qui rappellent le sel. Elles forment un milieu plastique, moins dense que les roches adjacentes, et peuvent ainsi incorporer des fragments d'ophiolites, de sédiments associés, etc., jusqu'à créer des mélanges à structure interne encore compliquée par les

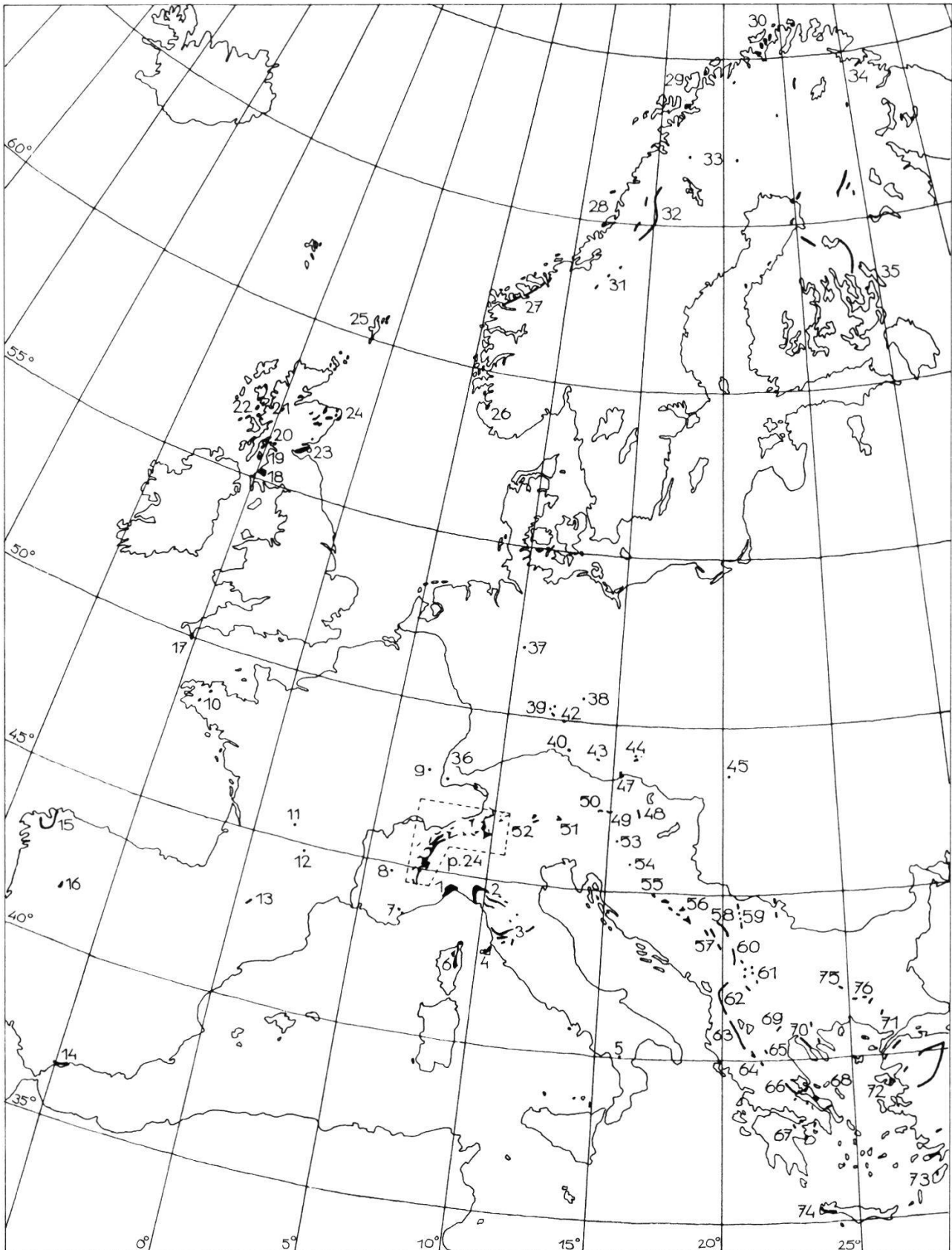


Fig. 6

Serpentines de l'Europe de l'Ouest (parfois non distinguées des autres ultramafites; principalement d'après IRWIN e.a. 1972; littérature géobotanique cf vue d'ensemble chez BROOKS 1987).

Serpentines of Western Europe (sometimes not distinguished from other ultramafites; mainly according to IRWIN e.a. 1972; geobotanical literature see general view in BROOKS 1987).

SERPENTINES DE L'EUROPE DE L'OUEST

Italie

- 1 Genova NW; Framura, Camporgiano / Spezia NW-E (Liguria)
- 2 Bobbio, Piacenza S, Bologna W (Emilia-Romagna)
- 3 M. Ferrato, Impruneta, Alta Val Tiberina, Murlo, Val di Cecina / Firenze, Siena, Livorno (Toscana)
- 4 Isola d'Elba
- 5 Latronico (Potenza)

France

- 6 Cap Corse - Nonza - Corte - St Antoine (Hte Corse)
- 7 Fréjus E, Draguignan E (Var, Côte d'Azur)
- 8 Laval dens NW / Grenoble SE (Isère, Alpes)
- 9 Gougeaux / Eloyes / Epinal S (Vosges)
- 10 Massif armoricain (Finistère, Bretagne)
- 11 La Flotte, La Roche l'Abeille, St Germain les Belles / Limoges S (Hte-Vienne, Limousin)
- 12 Puy de Voll, Massif de la Cau / Firmi/ Figeac E (Aveyron, Midi)
- 13 St Béat, Bagnère de Luchon, lac de Lherz (Hte Garonne, Pyrénées) (d'où lherzolite)

Espagne

- 14 Sierra Bermeja / Ronda S (Málaga)
- 15 Santiago de Compostela - Mellid - Cape Ortegal (La Coruña)

Portugal

- 16 Bragança - Vinhais, Rio Sabor (Trás-os-Montes) (d'où bragançaite)

Grande-Bretagne

- 17 Lizard Point (Cornwall) (d'où lizardite)
- 18 Balmahie Hill, Grey Hill (Ayr, Scotland)
- 19 I. of Arran (Scotland)
- 20 Loch Lomond, Glendaruel (Stirling, Argyll, Scotland)
- 21 Glen Urquart / Loch Ness, Arnamurchan Point (Inverness, Scotland)
- 22 I. of Skye, I. of Rhum (Scotland)
- 23 région de Fife (Scotland)
- 24 Meikle Kilrannoch, Coyles of Muick, H. of Towanreef, Glenkindie, etc. (Aberdeen, Scotland)
- 25 Shetland, Fetlar, Keen of Hamar en Unst

Norvège

- 26 Høle (Rogaland)
- 27 Sunnmøre (Romsdale, More W)
- 28 Leka, Rødøen (Nord Trondelag N, Nordland S)
- 29 Rana / Narvik W, Tromsø S (Troms)
- 30 Stjernøy, Seiland (Finnmark)

Suède

- 31 Handöl, Kall (Jämtland W)
- 32 Muruhatten - Ammarfjällen (Västerbotten NW, Jämtland N)
- 33 Kvikkjokk, Gällivare (Norrbotten)

Carélie (incomplet)

- 34 Petschenga

Finlande (incomplet)

- 35 Juuka, Kaavi, Outokumpu (Kuopio)

Allemagne

- 36 Vosges
- 37 Clausthal (Harz, Niedersachsen) (d'où harzburgite)
- 38 Zöblitz (Erzgebirge, Sachsen)
- 39 Wurlitz, Grötschenreuth (Fichtelgebirge, Bayern NE), Frankenwald (Bayern), Vogtland (Sachsen)
- 40 Furth im Wald SE (Böhmerwald, Bayern E)

Pologne

- 41 Zabkowicz, Szklana Gora (Silésie polonaise)

Tchécoslovaquie

- 42 Mariánské Lázně (Bohème W)
- Einsiedel, Berounka, Nikles (Moravie N)
- 43 Krems / Čes. Budějovice SW (Bohème S)
- 44 Mohelno / Mor. Budějovice - Mor. Krumlov; Náměšt S, SE (Moravie SW); V. Meziříčí E - Tischnowitz (Moravie)
- 45 Dobšiná (Basses Tatras)
- 46 Raskov (?)

Autriche

- 47 Gurhofgraben / Aggsbach / Melk, Dunkelsteinerwald, Krems (Nieder Oesterreich)
- 48 Bernstein, Erdödy Graben / Güns, Kohfidisch / Eisenberg (Burgenland)
- 49 Kraubath, Speik-Kogel, Kirchdorf / Pernegg (Glein-Alpen, Steiermark)
- 50 Oppenberg, Trieben / Rottenmann (Rottenmanner Tauern, Steiermark)
- 51 Heiligenblut, Stubach-Tal, Tauern-K. (Hohe Tauern), Gross-Glockner, Lasörling (Ost-Tirol)
- 52 Zillertaler Alpen, Ahrntal (Tirol: A, I)

Yougoslavie

- 53 Maribor, Celje / Slovenska Bistrica (Slovénie)
- 54 Zagreb N (Slovénie)
- 55 Kozarac (Prijedor, Kozara) (Bosnie-Herzégovine)
- 56 Ozren : Banjaluka - Dobož - Žepče; Velež : Banovici - Olovo (Bosnie-Herzégovine)
- 57 Rudo - Drinsko (Bosnie-Herzégovine)
- 58 Vajevo S - Čačak NW (Serbie)
- 59 Beograd - Kragujevac (Serbie)
- 60 Raska / Ibar (Serbie)
- 61 Kos. Mitrovica - Skopje (Kosovo)

Albanie

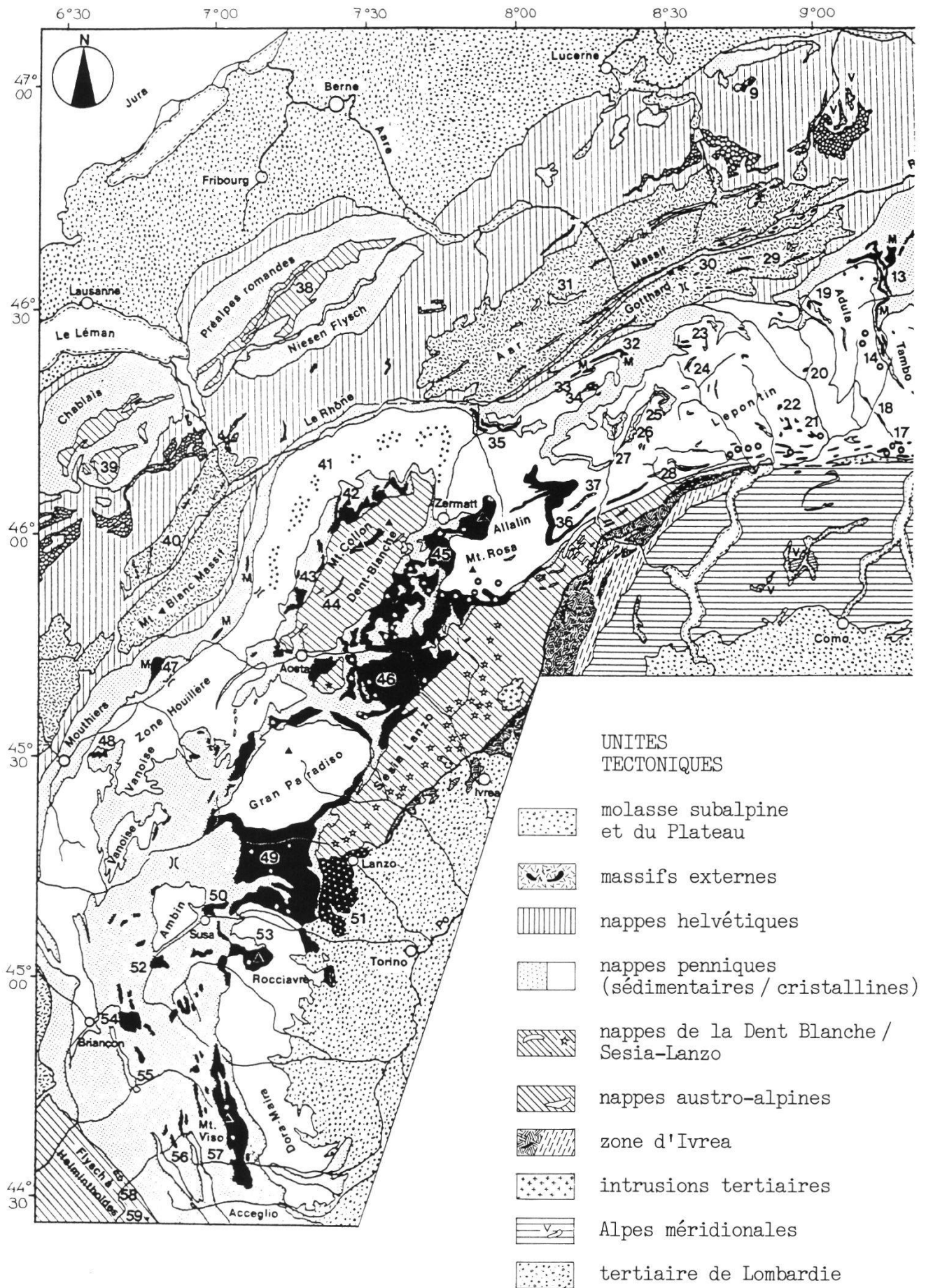
- 62 Kukës - Tropojë - Pukë - Burrel
- 63 Korëë - Qukës - Leskovik (- Mt Smólikas)

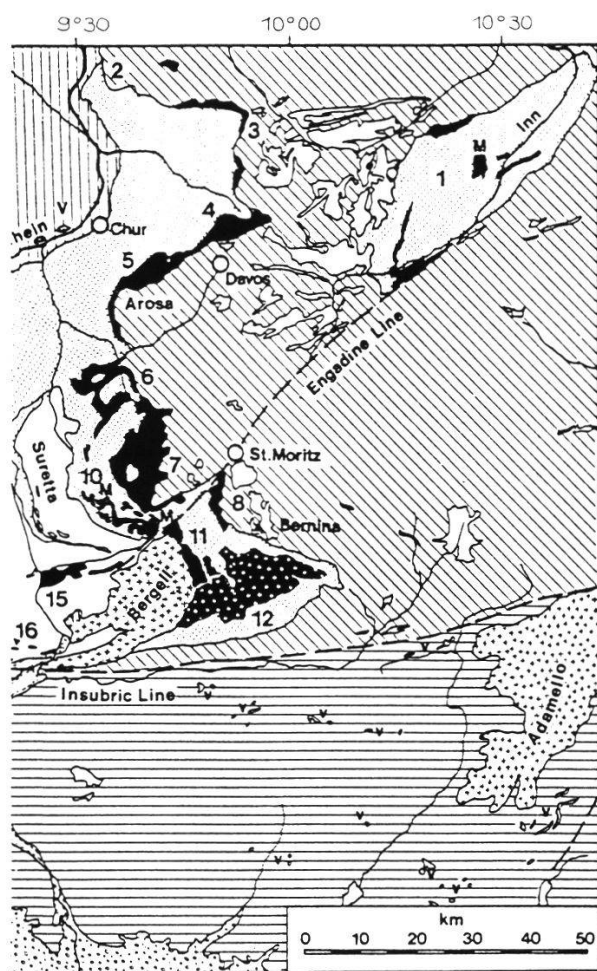
Grèce

- 64 Mt Smólikas, Chromion, Mt Grammos, Col de Katara (Ioannina)
- 65 Kteni, Mt Vourinos, Pr. Servia (Olympos N) (Kozánē)
- 66 Domokos (Óthrys)
- 67 Argolís, Kórinthos N (Pelóponnēsos)
- 68 Mantúdition, Évboia)
- 69 Mt Voras (Pélla)
- 70 Vavdos / Thessalonikē S, Ormiglia / Athōs NW, Nigrita (Chalkidikē, Thessalonikē)
- 71 Suflíon (Thrakē)
- 72 Mytilene (Lésbos)
- 73 Ródos NW
- 74 Crète SWW

Bulgarie

- 75 Ferdinandovo / Plovdiv S (Plovdiv)
- 76 Kirkovo, Gol. Kameniane, Sinikli / Momčilgrad S (Haskovo)





MAFITES ET ULTRAMAFITES
DU METAMORPHISME ALPIN

| | |
|--|---------------------------|
| | ophiolites |
| | ultramafites |
| | éclogites, schistes bleus |
| | amphibolites |
| | mafites volcaniques |
| | sédiments mafiques |

LOCALITES A SERPENTINE

| | km ² ophiolites:serpentes |
|--|--------------------------------------|
| 1 Basse Engadine : Samnaun N+E, Tarasp-Scuols N+S | 23: |
| 2 Liechtenstein E | 8: |
| 3 Rätikon | 4: |
| 4 Klosters-Davos-Totalp | 20:6 |
| 5 Arosa | 33: |
| 6 Oberhalbstein N : Tiefencastel | 35: |
| 7 Oberhalbstein S : Lac de Marmorera | 77:14 |
| 8 Haute Engadine : Val Fex | 5:1 |
| 10 Val Bregaglia : Piz Duan N | 16: |
| 12 Val Malenco | :100 |
| 13 Vals-Safien | 27: |
| 15 Chiavenna, Val Bondasca | 13: |
| 19 Adula, V. Carassina, Cima Giù | |
| 21 Arbedo W : Alpe Arami, Alpe Alai | 1: |
| 27 Agaro, Valle del Isorno | 1: |
| 28 Valle Vigezzo, Centovalli | 4: |
| 34 V. Conches S : Geisspfad | 5: |
| 35 Viège | 4: |
| 36 Domodossola SW : Antrona - Val Laona | 55:4 |
| 37 Domodossola W : Moncucco | 4: |
| 42 Dent Blanche : Zinal - Mauvoisin | 33: |
| 43 Aosta : Val d'Ollomont | 11: |
| 45 Zermatt - Saas Fee - Aosta NE | 80:9 |
| 46 V.d'Aosta : Châtillon S | 119: |
| 48 Moutiers SE : Mt-Jovet | 3: |
| 49 Grand Paradis : Stura d'Ala - Stura di Viù | 110: |
| 51 Lanzo S | 136: |
| 53 M.Rocciavré, Fenestrelle | 15: |
| 54 Briançon E : Montgenèvre | 20: |
| 55 Briançon SE : Queyras | 3: |
| 56 M. Viso W : Haute Ubaye | 16: |
| 57 Monte Viso | 47: |

Fig. 7

Ophiolites Alpines, avec 32 localités présentant soit des serpentinites, péridotites ou pyroxénites, selon DIETRICH e.a. 1974, et ordre de grandeur des affleurements selon les cartes géologiques de la Suisse et de l'Italie.

Alpine ophiolites, with 32 localities presenting either serpentinites, peridotites or pyroxenites, according to DIETRICH e.a. 1974, and an approximation of the outcrop surfaces according to the geological maps of Switzerland and Italy.



Fig. 8
Géographie de Davos (extrait de la carte nationale 1:25000 feuillet 1197 de 1985
reproduit avec l'autorisation du service topographique fédéral).
Topographic map of Davos.

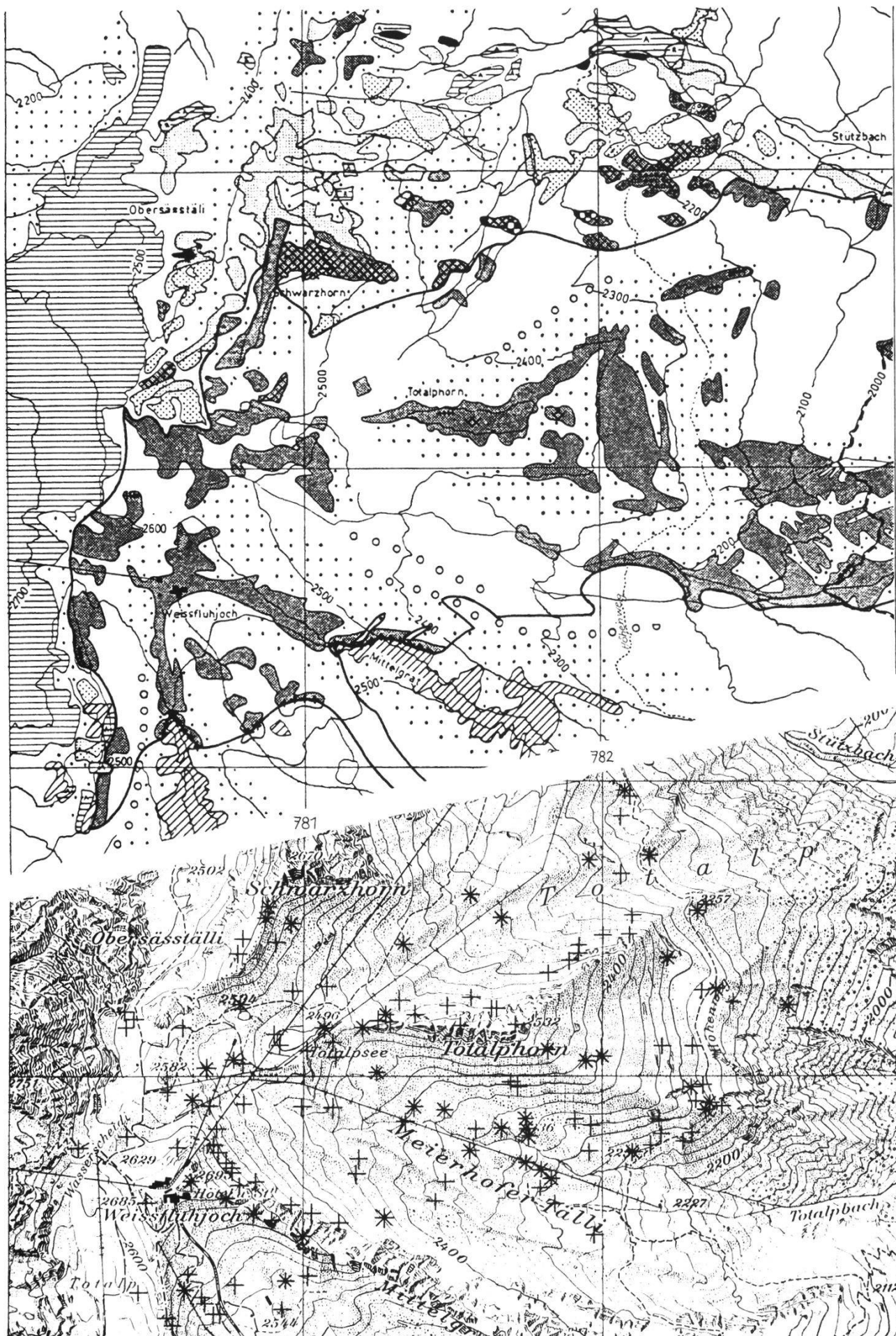


Fig. 12 (données annexe 4)
 Emplacements des relevés de la végétation + et du sol X sur serpentine.
 Situation of the vegetation + and soil X relevés on serpentine.

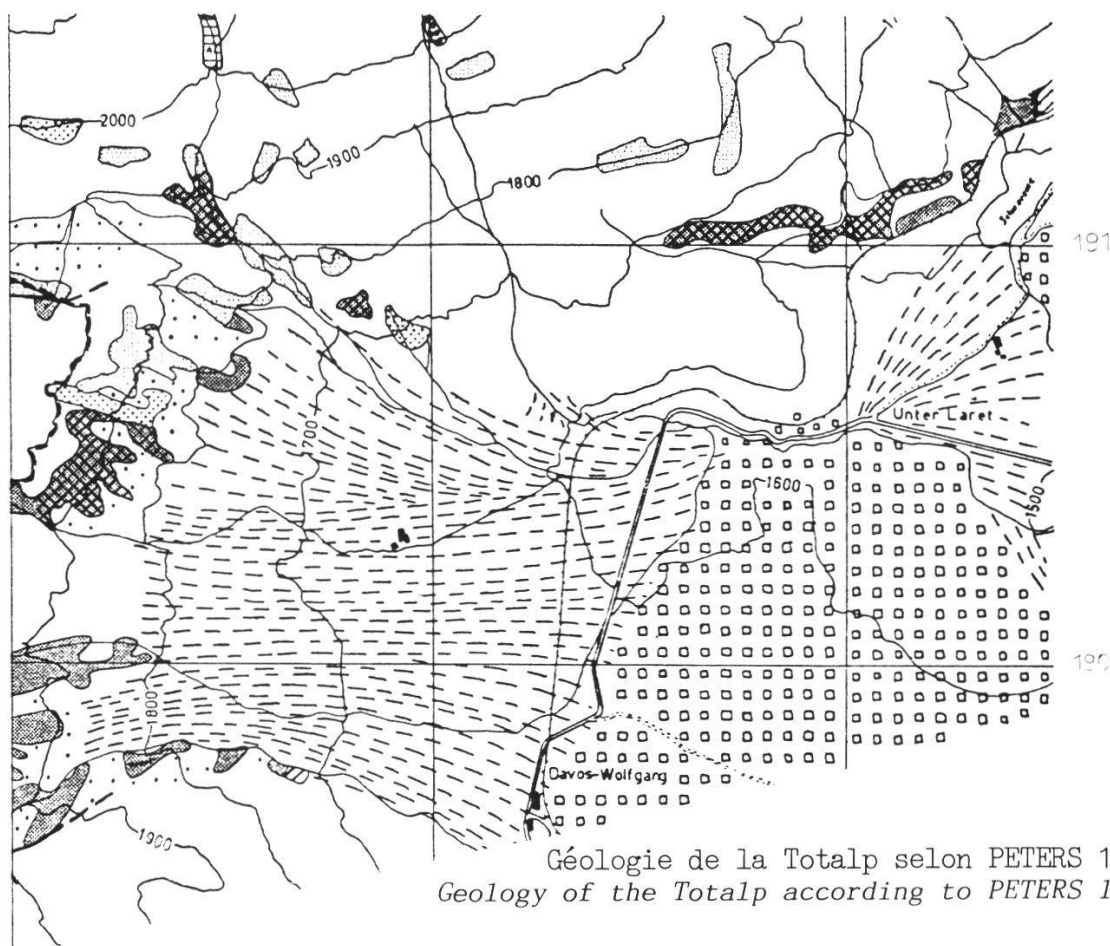


Fig. 10
Géologie de la Totalp selon PETERS 1963:tab.I.
Geology of the Totalp according to PETERS 1963:tab.I.

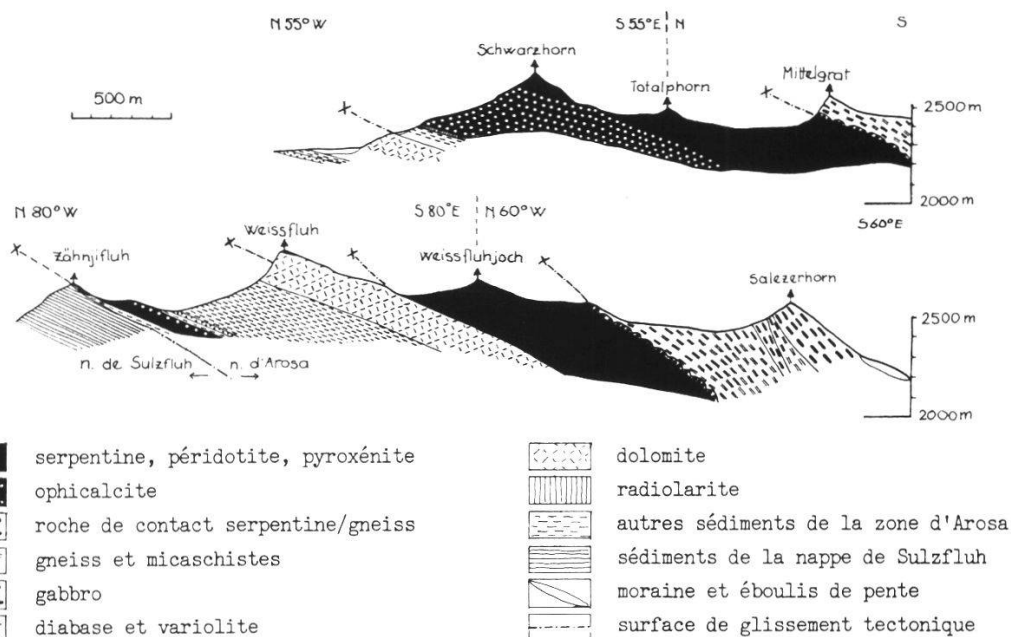
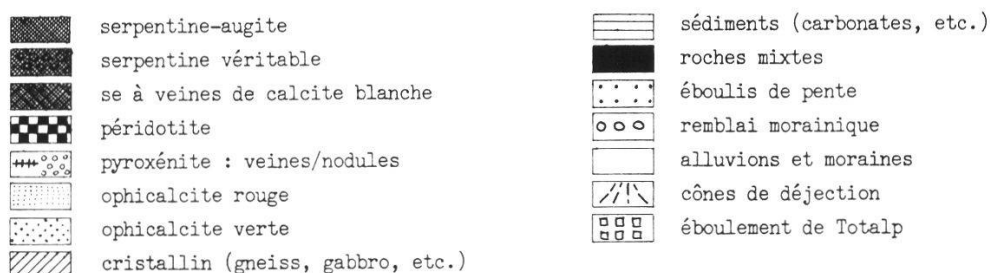


Fig. 11
Profils à travers la serpentinite de Totalp selon PETERS 1963:tab.II.
Profiles through the serpentinite of Totalp according to PETERS 1963:tab.II.

tectonismes ultérieurs. Ces protrusions vers le haut conduisent ainsi souvent au démembrement des ophiolites. Cela explique les affleurements complexes de ces roches qui ne constituent que <1% de la surface émergée de la terre (BROOKS 1987:5). Voir distribution mondiale des ceintures ophiolitiques chez COLEMAN 1977:96,103,141, étroitement liées aux bordures des plaques tectoniques.

Les associations de roches des ophiolites comprennent en principe, de la base au sommet :

- des ultramafites, prédominantes, principalement des péridotites métamorphiques, constituées au départ de proportions variables en dunite, harzburgite, lherzolite, et plus ou moins serpentinisées par la suite;
- des mafites gabbroïques (pouvant dériver en amphibolites, telles prasinites, etc.);
- des mafites basaltiques, diabases, etc. (généralement absentes des Alpes);
- des mafites volcaniques, telles pillow lava, auxquels peuvent s'associer des sédiments pélagiques (radiolarites, etc.) et des précipités métallifères. (COLEMAN 1977:6,17,22; DIETRICH e.a. 1974:292; fig. 13).

*

En Europe, les roches ultramafiques affleurent dans deux zones principales (fig. 6) :

- au bord NW de la plaque tectonique eurasiennne, dans la vieille ceinture ophiolitique calédonienne, datant surtout du précambrien et paléozoïque, s'étendant de l'Ecosse à la Scandinavie;
- au bord S de la plaque eurasiennne, dans la jeune ceinture ophiolitique méditerranéenne (continuant jusqu'à l'Himalaya), datant surtout du crétacé au mi-tertiaire, à savoir dans les plissements alpins causés par la pression de la part de la plaque tectonique africaine (voir schéma évocateur du développement ophiolitique alpin chez DIETRICH e.a. 1974:307). (BROOKS 1987:170, 208sq).

La nappe alpine d'ophiolites fig. 7 comprend en particulier les ophiolites d'Arosa, avec la zone de Totalp et des écaillés d'Arosa, les ophiolites de la nappe de la Platta et celles d'Oberhalbstein. Bien plus, elle commence très mince déjà dans le Lichtenstein et le Rätikon et émerge en quelques points autour de la fenêtre de l'Engadine, en Basse-Engadine et, au-delà de la ligne tectonique de l'Engadine, dans le vaste affleurement du Val Malenco. Elle s'éclipse ensuite en Haute-Engadine pour réapparaître en surfaces importantes dans les Alpes occidentales, bordant les massifs du Monte Rosa et de la Dent Blanche, la moitié E du Val d'Aoste dans les Alpes Pennines puis Graies, ainsi que le S du Gran Paradiso, complexe d'ophiolites schistes lustrés dans les Alpes Graies. Elle continue par morceaux dans les Alpes Cottiennes, Monte Viso, etc., jusqu'à l'extrémité S de l'arc alpin.

*

Dans la région de la Totalp de Davos, la nappe d'ophiolites compte, à côté des roches plus ou moins serpentinisées, d'importants affleurements d'ophicalcites rouges et vertes (voir fig. 10). Ces ophicalcites sont des mélanges de matériaux calcitiques et péridotitiques fortement serpentinisés (PETERS 1963: 531), mélanges liés en particulier aux phénomènes de subduction au début de l'orogénèse alpine au crétacé (voir fig. 12). Alors que vers Arosa les affleurements de la nappe d'ophiolites comptent surtout des diabases et des mafites volcaniques (pillow lava).

Le métamorphisme ultérieur subi à divers degrés par ces masses pendant l'orogénèse alpine est plutôt modéré à Davos et plus prononcé vers le S (DIETRICH e.a. 1974:306; TROMMSDORF e.a. 1974:338). Il s'exprime par exemple par différents degrés de serpentinsation, de mélange et de refonte avec les roches de contact, etc., résultant en une diversification minéralogique.

*

2.2.2 Pétrographie

La serpentine est une roche à cassure tantôt vert sombre, noire ou bleue, polycristalline compacte, de texture massive à feuilletée, parfois traversée de filons fibreux ou à structure maillée. Serpentine et ophiolite tirent leur étymologie de serpent, la première du latin, la seconde du grec, vraisemblablement à cause de leur couleur verte plus ou moins chinée, si ce n'est inconsciemment à cause de leur rareté, de leur étrangeté teintée de monstrueux et de leur origine des couches profondes du monde, tous des attributs que symbolise le serpent (JUNG 1950:373). La serpentine peut être très fissurée, souvent à cause de l'augmentation du volume due à la serpentinitisation. Ces fissures sont parfois remplies de calcite (PUTNAM 1969:136). Les serpentines forment souvent, et dans toutes les parties du globe, des éboulis de petits blocs (DE QUERVAIN e.a. 1963:57) et les sols squelettiques et peu profonds y sont très typiques et répandus (voir p. 113). L'altération chimique externe, si elle a lieu, se traduit souvent par une croûte rousse, très rugueuse, les différentes composantes minéralogiques s'altérant différentiellement (PETERS 1963:619,672sq et p. 117).

*

En Suisse on exploite la serpentine comme pierre de taille et de décoration à Selva (Poschiavo), Kämmleten (Hospental), Pontresina, etc. (DE QUERVAIN e.a. 1949:150-152). Quant à la pierre ollaire (de olla, latin, signifiant le pot) - communément appelée serpentine - il s'agit d'une variété compacte de serpentine quasi réfractaire à l'eau, à teneur variable en talc, serpentine, magnésite, etc., mais où le talc prédomine. Elle peut être polie ou façonnée au tour, utilisée dans la confection de fourneaux et de récipients, la pierre durcissant au feu. Elle est d'autant plus dure et difficile à sculpter que la teneur en olivine et diallage p.ex. s'accroît (DE QUERVAIN e.a. 1949:150).

Les massifs de serpentine peuvent renfermer des gisements exploitables de Cr et Ni, voire de Co et Cu, en particulier là où des phénomènes latéritiques conduisent à une concentration de ces éléments : Nouvelle Calédonie, Grandes Antilles, Oregon (PEDRO e.a. 1966:613 et LACROIX 1943 ex BERRE 1974:146). La chromite a été exploitée à partir du 19^e siècle à Unst (Shetland; SPENCE 1957:923). Associées aux ophiolites elles peuvent encore accompagner d'autres minerais (cf p.ex. carte des minerais de l'Oberhalbstein, DIETRICH 1972).

2.2.3 Minéralogie

Les roches ultramafiques sont essentiellement composées des minéraux mafiques serpentines, olivines, pyroxènes, amphiboles, biotite, fig. 5 p. 20 et fig. 13; parmi les minéraux accessoires on compte des oxydes de métaux, tels magnétite Fe_3O_4 , chromite, spinelles (oxydes XY_2O_4 de divers métaux), ainsi que des grenats, biotite et talc (voir aussi PROCTOR e.a. 1975:257).

Comme en écologie, peut-être plus encore qu'en géologie, on réserve le terme de roche "serpentine s.l." à des silicates unilatéralement ferromagnésiens, pauvres en Ca, Al, K, P, on ne compte généralement sous ce terme que les ultramafites pauvres en amphiboles et sans biotite, par contre souvent des roches riches en talc. En effet, les minéraux les plus exclusivement magnésiens sont les serpentines, olivine (forstérite Mg_2SiO_4), enstatite et talc; alors que les minéraux clinopyroxènes, et plus encore les amphiboles, sont des ferromagnésiens déjà plus riches en Ca et Al; et les biotites en K, fig. 13.

Les minéraux serpentines, s'ils sont majoritaires, constituent les roches serpentinites. Alors que les minéraux olivines avec les nombreux pyroxènes constituent une multitude de roches, selon leurs proportions relatives, les conditions de genèse et l'intensité de la métamorphisation : à savoir principalement des péridotites, fig. 13 et 14.

| | |
|--------------|--|
| serpentinite | : roche constituée en prédominance des minéraux serpentine lizardite, clinochrysotile et antigorite, avec des teneurs mineures en talc, brucite $Mg(OH)_2$, magnétite Fe_3O_4 et carbonates. |
| dunite | : péridotite constituée à plus de 90% d'olivine et de très peu de pyroxènes. |
| harzburgite | : péridotite constituée surtout d'olivine, puis d'orthopyroxènes, avec du spinelle chromifère. Prédomine dans quasi toutes les ophiolites. |
| lherzolite | : péridotite constituée surtout d'olivine, plus riche en pyroxènes, tant ortho- que clino-, et en Al_2O_3 , CaO et alcalis que l'harzburgite, avec du spinelle chromifère. Considérée comme péridotite des zones racinaires; non accompagnée des roches habituellement associées aux ophiolites. |
| wehrlite | : péridotite constituée surtout d'olivine, puis de clinopyroxènes. |
| webstérite | : pyroxénite constituée surtout de pyroxènes, puis d'olivine. |

Fig. 14

Serpentine et nomenclature des roches associées. Complète fig. 5 p. 20 et fig. 13. (COLEMAN 1977:21sq,98,158; BROOKS 1987:13sq.)

Serpentine and nomenclature of associated rocks.

| | | | |
|-------------------------|--|-------------------------|--|
| composantes principales | augite (diallage) $CaMg(Si,Al)_2O_6$ | composantes secondaires | olivine $(Fe,Mg,Mn)_2SiO_2$ |
| | enstatite $(Mg,Fe)_2SiO_6$ | | surtout forstérite Mg_2SiO_4 |
| | chrysotile $(Mg,Fe)_3(Si,Al)_2O_5(OH)_4$ | | magnétite Fe_3O_4 |
| | lizardite " | | pentlandite $(Fe,Ni)_9S_8$ |
| | | | grenat $Ca_3(Fe,Al,Cr)_2(SiO_4)_3$ |
| | | | picotite (spinelle) $(Fe,Mg,Ni)(Al,Cr)_2O_4$ |
| | | | rutile TiO_2 |
| | | | titanite $CaTiSiO_5$ etc. |

Fig. 15

Composantes minéralogiques de la roche serpentine augite de Davos, selon PETERS 1963:620.

Mineralogical components of the augite serpentine rock from Davos.

| | minéral augite | minéral enstatite | minéral chrysotile massif | minéral grenat (déma- toïde) | roche augite | minéral anti- gorite | minéral olivine | minéral ortho- pyroxène | minéral diopside | minéral chlorite | minéral talc |
|--------------------------------|-------------------|--------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|-----------------|----------------------------|--------------------|-------------------------------|---------------------|---------------------|-----------------|
| % | | | | | | | | | | | |
| SiO ₂ | 49.0 | 57.2 | 38. | 36. | 39.3 | 42.5 | 40.8 | 57.8 | 55.1 | 33.9 | 62.1 |
| Al ₂ O ₃ | 8.0 | 2.2 | 3.6 | 4.6 | 3.3 | 2.1 | <.02 | .02 | <.03 | 12.2 | <.02 |
| Fe ₂ O ₃ | 2.7 | 5.3 | 4.8 | 28.0 | 8.4 | 3.21 | 8.85 | 6.18 | .91 | 2.80 | 1.29 |
| FeO | 18.0 | 33.0 | 40.0 | 1.25 | 34.2 | 39.9 | 49.5 | 35.5 | 18.2 | 35.3 | 31.5 |
| MgO | 18.0 | 1.6 | .3 | 30. | 2.8 | <.02 | .01 | .08 | 25.7 | .01 | .02 |
| CaO | 2.4 | .43 | .03 | .01 | .24 | | | | | | |
| Na ₂ O | .02 | .01 | | | .08 | <.01 | | | <.02 | | |
| K ₂ O | .025 | .08 | .016 | .0006 | .08 | .22 | .40 | .07 | .05 | .23 | .27 |
| NiO | .90 | .4 | .004 | .024 | .09 | .25 | | <.01 | .02 | 3.07 | .01 |
| Cr ₂ O ₃ | .10 | .11 | .052 | .013 | .21 | .04 | .18 | .23 | .02 | .02 | .01 |
| MnO | .80 | .02 | .002 | .007 | .15 | | | | | | |
| TiO ₂ | | | | | | | | | | | |
| tiré de la roche | serpentine augite | pyroxénite sans spinelle | serpentine à veines de calcite | serpentine augite | | péridotites alpines | | | | | |

Fig. 16

Composition chimique des principaux minéraux de la roche serpentine de Davos selon PETERS 1963:593,589,600,564,624,625.
Chemical composition of the principal minerals of the serpentine rock from Davos.

Fig. 17

Composition chimique des principaux minéraux des péridotites alpines selon TROMMSDORF e.a. 1974:347.
Chemical composition of the principal min. of the alpine peridotites.

La serpentinisation est l'altération plus ou moins intense des minéraux olivines et pyroxènes aboutissant en définitive au minéral serpentine, soit un silicate de Mg, et à de la magnétite Fe₃O₄. Une part d'Al et Ca peut être incorporée dans les structures cristallines de la serpentine (PETERS 1963:667sq); et des quantités significatives d'éléments peuvent en substituer d'autres, p.ex. Ni, Cr, Co, Fe substituer Mg (PROCTOR e.a. 1975:259; BROOKS 1987:15), en particulier Ni substituer Mg dans le minéral serpentine, Cr substituer Fe dans les pyroxènes et spinelles et autres minéraux accessoires (RABENHORST e.a. 1982:611; JUCHLER 1988:58,74; et p. 117).

Des trois formes du minéral serpentine, l'antigorite est typique des zones à métamorphisme alpin le plus fort, p.ex. du Val Malenco (PETERS 1963:597). Mais le plus commun dans les péridotites des ophiolites est le chrysotile fibreux à structure tabulaire. La lizardite et l'antigorite sont cristallisés en feuil-

| Fig. 18a | | | DAVOS | | | | | | | | SERPENTINES DES ALPES | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|-----------|-------------------|-------|------|------|------|------|------|------|-------|--|----------------------------------|-------------------|------|------|------|--|-----|--|--|
| roche | lieu/pays | auteur | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| serpentine-augite | Totalp CH | PETERS 1963:624,5 | | | | | | | | | serpentinite Marmorera CH (lizardite + chrysotile) | DIETRICH 1972 | | | | | | | | |
| serpentinite (chrysotile + lizardite) | Totalp CH | PETERS 1963:628 | | | | | | | | | serpentinite Marmorera CH (antigorite) | DIETRICH 1972 | | | | | | | | |
| serpentine à veines de calcite ôtées | Totalp CH | PETERS 1963:635 | | | | | | | | | dunite | Nlle Calédonie ex BROOKS 1987:14 | | | | | | | | |
| serpentine + 10 % de calcite | Totalp CH | PETERS 1963:635 | | | | | | | | | harzburgite | Nlle Calédonie ex BROOKS 1987:14 | | | | | | | | |
| ophicalcite rouge clair | Totalp CH | PETERS 1963:651 | | | | | | | | | lherzolite | Serrania de Ronda E | ex BROOKS 1987:14 | | | | | | | |
| silicates | Davos CH | NIGGLI e.a. 1930 | | | | | | | | | pyroxénite | Nlle Calédonie ex BROOKS 1987:14 | | | | | | | | |
| carbonates | Davos CH | FREI 1944 | | | | | | | | | serpentes mondiales | moyennes | KRAUSE 1958:764 | | | | | | | |
| * | | | 2. | 1. | 1. | 1. | 1. | | | 4. | 5. | | | | | | | 20. | | |
| SiO2 | | | 39.3 | 38.4 | 38.5 | 34.6 | 4.4 | 68.5 | 6. | 38.6 | 40.9 | 35.8 | 41.1 | 44.6 | 56.0 | 40.5 | | | | |
| Al2O3 | | | 3.3 | 3.9 | 4. | 3.6 | 1.2 | 14.4 | .3 | 2.85 | 2.56 | .15 | .1 | 3.66 | 2.05 | 1.77 | | | | |
| Fe2O3 | | | 8.4 | 6.9 | 8.3 | 7.5 | 2.7 | 6. | 1. | 5.68 | 4.24 | 2.8 | 1.7 | .59 | 2.94 | 6.01 | | | | |
| FeO | | | | | | | | | | 2.42 | 2.31 | 4.8 | 5.55 | 7.58 | 2. | 4.84 | | | | |
| MgO | | | 34.2 | 37.5 | 35.4 | 31.8 | 3.5 | 1.9 | 20. | 37. | 37.2 | 44.3 | 44.3 | 39. | 34.9 | 37.4 | | | | |
| CaO | | | 2.8 | .2 | 1.7 | 7.1 | 50. | 1.6 | 31.7 | <.1 | .46 | .16 | .2 | 3.31 | .6 | .74 | | | | |
| Na2O | | | .24 | .39 | .25 | .23 | .46 | 2.5 | | <.05 | <.05 | .05 | .09 | .26 | .03 | .15 | | | | |
| K2O | | | .08 | .07 | .08 | .07 | .01 | 3.9 | .04 | | | .03 | .02 | .01 | .03 | .1 | | | | |
| P2O5 | | | <.05 | | | | | .24 | .03 | <.06 | <.06 | | | | | .02 | | | | |
| CO2 | | | | | | 4.4 | 37. | | 44.3 | | | | | | | | | | | |
| H2O | | | 11.4 | 12.7 | 12.5 | 10.9 | 1.1 | | | 13. | 12.2 | 10.6 | 4.7 | \$ | .05 | 10.2 | | | | |
| NiO | | | .08 | .16 | .13 | .12 | .051 | | | ~.21 | ~.21 | .38 | .32 | .27 | .15 | ~.3 | | | | |
| Cr2O3 | | | .09 | .19 | .16 | .14 | .083 | | | ~.25 | ~.25 | .27 | .27 | .33 | .6 | ~.5 | | | | |
| CoO | | | .005 | .005 | .006 | .005 | .005 | | | ~.006 | ~.006 | .03 | .03 | .02 | .03 | .008 | | | | |
| MnO | | | .21 | .24 | .1 | .09 | .1 | .06 | | .17 | .12 | .1 | .1 | .13 | .19 | .22 | | | | |
| TiO2 | | | .15 | .14 | .18 | .16 | .09 | .75 | | <.2 | <.1 | .1 | .1 | .14 | .06 | .65 | | | | |

* nombre d'analyses

\$ rapporté à une base sans eau ni carbonates

Fig. 18 (a et b)

Composition géochimique des roches serpentines et de quelques roches de référence.

Geochemical composition of serpentine rock and some rocks of reference.

lets, sans qu'on les connaisse sous forme fibreuse (COLEMAN 1977:98). (Voir propriétés physico-chimiques des minéraux p. 114.)

Au niveau des qualités de ces minéraux, les argiles autour de la serpentine sont connues pour être rigides face à l'absorption d'eau et n'ont pas de qualité plastique (BACH 1976:28,55; DUCHAUFOUR e.a. 1977:49,50) déléguant la structuration des sols surtout à l'action de la matière organique. Par contre le chrysotile et l'antigorite sont capables de retenir des métaux lourds tels qu'on les trouve dans les eaux usées, p.ex. Fe, Mn, Cu, As, Pb, Cd (SUNDARESAN e.a. 1978) et des phosphates solubles (BULUSU e.a. 1978). On emploie d'ailleurs des superphosphates de serpentine en agriculture pour allier des amendements en P et Mg (p.ex. HOGG e.a. 1976).

*

Le complexe de la serpentine de Davos, selon PETERS (1963:533,671sq), résulte de la métamorphisation de lherzolite et n'est complètement serpentinitisé que par endroits (selon DIETRICH 1985:comm. orale, approximativement 50% harzburgite, 30-40% lherzolite, 10% dunite, 10% pyroxénite). On y rencontre surtout les roches suivantes (voir fig. 5 p. 20) :

- serpentine augite
- serpentine vraie (= serpentinite)
- serpentine à veines de calcite
- péridotites à grains fins
- diverses pyroxénites
- ophicalcites à matériau calcaire rouge et gris vert.

La roche la plus répandue est la serpentine augite, voir fig 10, 16 et 17. La forme du minéral serpentine la plus fréquente est le chrysotile, sous ses conformations massive et fibreuse, accompagnée d'un peu de lizardite, la serpentine de Davos n'a guère été marquée par le métamorphisme alpin (o.c.:672).

*

| Fig. 18b | serpentine augite | serpentinite vraie | serpentine à v. de calcite | ophicalcite rouge clair | serpentinite | dunite serpentinitisée | dunite | dunite | harzburgite | lherzolite | pyroxénite | ultramafite | granite | carbonates |
|------------------|--|-----------------------|-------------------------------|----------------------------|------------------|---------------------------|--------|--------|-------------|------------|------------|---------------------------------|---------|------------|
| B | | | | | [145] | | | | | 6 | | 3 | 9 | 20 |
| Cd | | | | | | (.009) | | | (.019) | | | .1 | .13 | .04 |
| Cl | | | | | 800 | 12 | | | 80 | | | | | |
| Co | 40 | 40 | 45 | 40 | 110 | 129 | 135 | 210 | 110 | 159 | 110 | 150 | 4 | .1 |
| Cr | 625 | 1300 | 1100 | 700 | 2300 | 2200 | 4000 | 2900 | 2730 | 3200 | 24000 | 1600 | 13 | 11 |
| Cu | 60 | 45 | 50 | 100 | 28 | 27 | 6 | 10 | 9 | [140] | 18 | 10 | 20 | 4 |
| F | | | | | | (290) | | | 12 | (240) | | | | |
| Mn | 1650 | 1900 | 780 | 780 | | | | | | | | 1620 | 470 | 1100 |
| Mo | tr | tr | tr | tr | | 1.4 | .14 | | (5) | 1.3 | | 3 | 1.2 | .4 |
| N | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | 6 | 20 | |
| Ni | 650 | 1250 | 1000 | 400 | 2000 | 1330 | 2350 | 2050 | 2400 | 1600 | 560 | 2000 | 10 | 20 |
| P | | | | | | | | | | | | 220 | 760 | 400 |
| Pb | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 | 5 | 11 | 7 | 11 | 7 | 6 | 1 | 17 | 9 |
| S | 341 | | 1300 | 1200 | | 110 | | | | (300) | | | | |
| V | 85 | 105 | 115 | 35 | 75 | 7 | 11 | 40 | 30 | 39 | 230 | 40 | 66 | 20 |
| Zn | 0 | 0 | 0 | 0 | 92 | 82 | 47 | 90 | 42 | [137] | 100 | 50 | 50 | 20 |
| échan- tillon | 9+20 | 76 | 70 | 236 | UB-N | MY2 | DTS | NIM-D | PCC | MY1 | NIMP | | | |
| source | Totalp PETERS 1963: 624,625,628,635,651 | | | | GOVINDARAJU 1984 | | | | | | | BROOKS 1987:16 in GREEN 1972 | | |

[] valeur anormale due au type d'échantillon
() valeur difficile à déterminer

Fig. 18 (suite)

2.2.4 Géochimie

Les roches serpentine se composent en résumé de parts changeantes de serpentine, dunite, harzburgite, lherzolite, pyroxénite, dont la composition spécifique est en principe stable (valeurs fig. 18) puisque ces roches proviennent des mêmes processus (DIETRICH 1985:comm. orale; voir aussi sa remarque p. 34; notons que selon ce dernier les valeurs de PETERS 1963 de Cr et Ni sont 2 fois trop basses, Mn trop élevé, Zn entre 10-20 ppm et S très variable).

Ainsi les roches serpentiniques et leurs proches parents à minéraux mafiques s'avèrent des silicates ferromagnésiens de constitution très unilatérale (fig. 13 et 83). Même leurs minéraux accessoires tels magnésite, chromite, talcs, etc. (voir RUNE 1953:10-43; PROCTOR e.a. 1975:258; PETERS 1963; STICHER 1978:6; fig. 49 p. 114) sont le plus souvent riches en fer et en magnésium; et les substitutions fréquentes de Mg souvent en faveur de Ni, Cr, Co, Fe, favorisent des ultramafites en général (KRAUSE 1958:763).

Les valeurs moyennes des 20 serpentines mondiales proposées par KRAUSE 1958:764 restent une bonne référence. La serpentine de Totalp s'en distingue p.ex. par une teneur à peine majorée en Al et Ca, et plus faible en Ni et Cr, caractéristiques du minéral augite : elle tend donc à être moins extrême. Pour les deux échantillons d'augite de PETERS (1963:624,625), les rapports atomiques de ses éléments sont comme suit :

850 Mg:650 Si:110 Fe:65 Al:50 Ca:3 Mn:1.9 Ti:1.7 K:1.2 Cr:1.1 Ni:1.0 S.

2.2.5 Géologie et géobotanique

Du point de vue écologique le complexe "serpentine" est sis au carrefour entre critères géologiques et "effets serpentiniques" sur la végétation, distinguant celle-ci de la végétation des substrats adjacents. Les "effets serpentiniques" s'expriment en résumé par une originalité dans la combinaison d'espèces, la physionomie et la répartition de la biomasse (réduite surtout en zone non tropicale) voir p. 12. Aussi la définition écologique de serpentine reste-t-elle élastique : elle comprend les ultramafites et roches riches en talc éventuellement avec quelques restrictions (voir p. 31 et fig 14).

De toutes les roches ultrabasiques c'est la serpentine qui a l'effet le plus frappant sur la végétation, d'autant plus que le degré de serpentinitisation de la roche est élevé, conclut RUNE (1953:5,101, Scandinavie). Il est un des rares auteurs à s'être intéressé aux différences dans la végétation dues aux différences dans la minéralogie des ultrabasites, et à avoir systématiquement précisé la minéralogie des stations décrites. En résumé selon lui, l'olivine et le talc ne livrant le plus souvent guère de sol, ces roches sont à peu près dépourvues de végétation; la magnésite ($MgCO_3$ quasi pur) abrite une végétation intermédiaire entre celle sur serpentine et carbonates (LAEMMERMAYR 1928a,b 1934, Autriche) ou assez proche des carbonates (BJOERKMAN 1937 ex RUNE o.c., Suède du N); la dolomite ($Ca,Mg(CO_3)_2$), sans être une ultrabasite, peut arborer certaines caractéristiques de la serpentine, p.ex. former des communautés végétales spécifiques (BRAUN-BLANQUET 1951:236). Plus récemment WERGER e.a. 1978, Rhodésie, distinguent des communautés spécifiques sur pyroxénites et sur serpentine (= serpentinite ?). Rappelons que les ultrabasites sont fréquemment en présence conjointe sur le terrain où il n'est pas toujours aisé de les distinguer, d'autant plus pour les géobotanistes.

La particularité des serpentines la plus aisée à décrire est celle de leur chimisme. On sait que les magmatites des profondeurs révèlent souvent des carences en nutriments mineurs, en plus de K (BACH 1976:165,166) et parfois de P. Plus généralement les roches à chimie unilatérale tendent à être très modestes en macronutriments : cela vaut autant pour les serpentinites et périclites que pour les quartzites, calcaires, dolomies et certains marbres. Par contre les roches à

minerais, dont les conséquences sur la végétation évoquent la serpentine, peuvent atteindre pour certains oligo-éléments des concentrations toxiques à la plupart des végétaux, sans présenter pour autant forcément de carence en nutriments majeurs (ERNST 1974b:10).

Bref, confronté aux valeurs moyennes de la lithosphère, on peut résumer les particularités géochimiques des serpentines comme suit :

- pauvreté en nutriments majeurs P K Ca; P et K 10 à 100 fois inférieurs, soit de l'ordre des teneurs des carbonates. Notons que les moindres variations de la présence de ces éléments se répercutent visiblement sur la végétation;
- excès en Ni Cr d'environ 100 fois, de Mg Cu Co d'environ 10 fois, conjoint à une teneur élevée en Fe;
- balance Mg/Ca en faveur de Mg;
- éventuellement carence en micronutriments fonctionnels, Cl Mo B etc. (en supposant que ces éléments sont rarement analysés parce que présumés en teneurs infimes ou nulles);
- pauvreté en Al Na Ti, éléments dont on parle peu en rapport avec la végétation, alors qu'Al peut jouer un rôle important dans la formation d'un sol. La teneur en Al n'atteint pas les déficiences enregistrées sur carbonates.

Ainsi la serpentine-augite de Totalp près de Davos est en gros moins extrême que la moyenne des serpentines, surtout par rapport à ses teneurs en Ca, Ni, Cr (voir réserve p. 35sq).

Bien qu'elles soient excentriques, et cela d'une manière assez homogène par rapport aux substrats les plus répandus et à leurs effets sur la végétation, les serpentines peuvent révéler des différences notables d'un lieu à l'autre. C'est sans doute une des données qui peut amener divers investigateurs(trices) à des conclusions différentes et donner matière à controverse quant à la discrimination des facteurs "principaux" ou "décisifs" et quant aux généralisations que l'on aime bien tirer.

*

Dans les Alpes on pourrait s'attendre à trouver des végétations du type serpentinique dans les lieux de la carte p. 24 et 25 cités d'après DIETRICH e.a. 1974: 324 qui a recensé les différents types et localités des ultramafites alpines. Celles-ci ne ressortent sinon guère des cartes géologiques p.ex. au 1:25'000 de la Suisse que partiellement à jour, où les serpentinites et proches parents, d'extension souvent minime, figurent le plus souvent sous les termes collectifs d'ophiolites, ultrabasites et même amphibolites. D'habitude les affleurements géologiques de serpentine n'hébergent de végétation serpentinique caractéristique que s'ils sont d'une certaine taille, non disloqués ou en bandes, et si les lieux sont à l'abri d'apports étrangers, tels sur sommets, etc.