

Echo du sous-sol

Résultats du Programme
national de recherche 20
(PNR 20) sur l'exploration du
soubassement géologique
de la Suisse.

Franz Auf der Maur
Peter Heitzmann
Peter Lehner
Beat Schenk

Soixante kilomètres au-dessous de la mer

La géologie en Suisse est bien connue en surface, où elle a fait l'objet de longues années de recherche. En revanche, on ne sait que peu de choses sur la géologie profonde. Comment les structures visibles à la surface se prolongent-elles dans le sous-sol? De quoi les assises des Alpes sont-elles constituées? Des géologues et géophysiciens, mandatés par le Conseil fédéral et le Fonds national suisse de la recherche scientifique, ont apporté des réponses à ces questions dans le cadre du Programme national de recherche (PNR) 20 «Exploration du soubassement géologique de la Suisse». Le long de trois bandes qui traversaient respectivement la Suisse orientale, occidentale et méridionale, des signaux acoustiques ont pénétré le sous-sol jusqu'à 60 kilomètres de profondeur. Les analyses ont fait apparaître des vallées et des lacs oubliés depuis de longues années. Différentes nappes géologiques inconnues jusqu'à présent ont été découvertes et les échos du sous-sol ont permis aux scientifiques de se faire une idée précise sur les effets de la collision entre l'Europe et l'Afrique qui est à l'origine des Alpes.

Doté de 14,5 millions de francs, le Programme national «Exploration du soubassement géologique de la Suisse» faisait partie d'un vaste projet international visant à sonder le continent du Cap Nord aux côtes tunisiennes. Les résultats acquis auront aussi des retombées pratiques: ils seront utiles à la prospection des ressources minérales et géothermiques, à la prévision des tremblements de terre, ainsi qu'à la planification et à la construction de voies de communication souterraines.

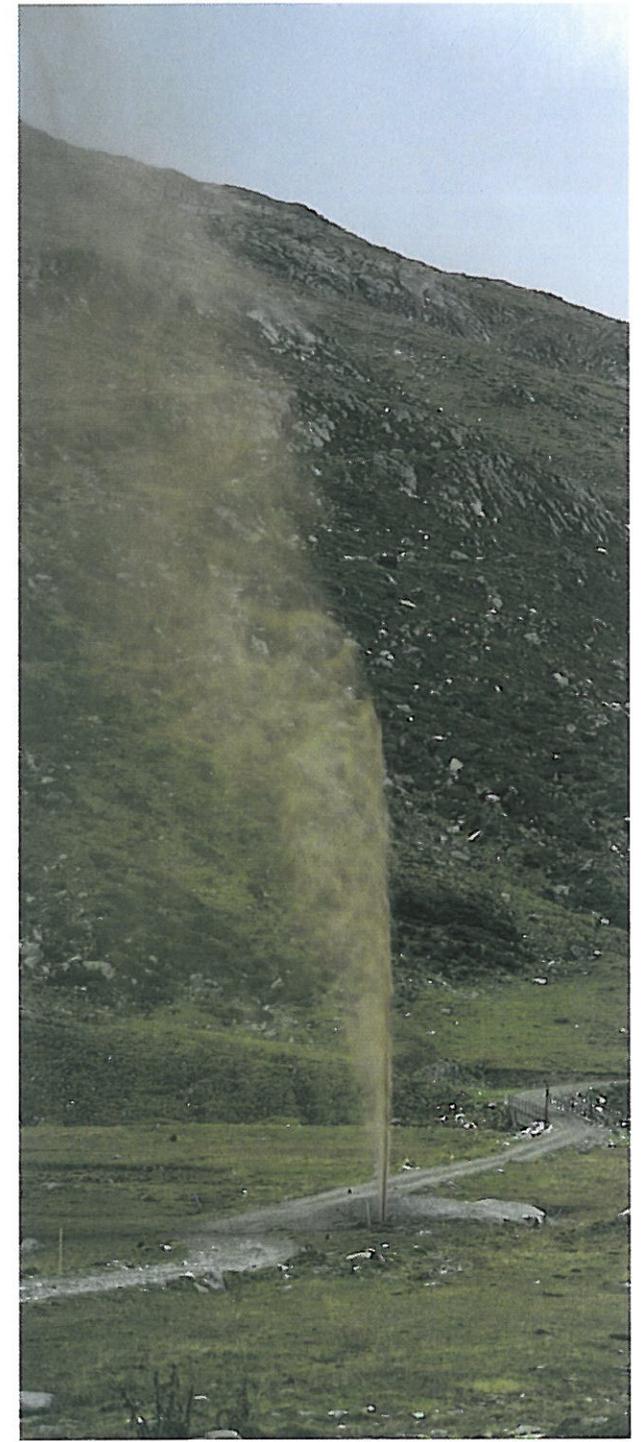


Rawil énigmatique

Le paysage du Rawil, à 2400 mètres d'altitude entre les cantons de Berne et du Valais, est comme aux premiers jours de la création: au commencement, la Terre était informe et vide... Mais qui regarde plus attentivement discerne dans cette désolation de pierre plusieurs groupes d'hommes qui posent des kilomètres de câbles. L'Armée a fourni du renfort. Et un hélicoptère décrit un cercle autour des cimes, se pose quelques instants au sommet du col, puis repart non sans effaroucher une colonie de choucous. Le silence est de courte durée, interrompu par le bruit d'une perforatrice, que répercutent les parois de rocher. Pas de doute, il se passe quelque chose ici...



Une détonation! Accompagnée d'un tourbillon de poussière, emporté par le vent avant même que l'écho de l'explosion se soit tu. Des ondes sonores pénètrent dans le sous-sol, se brisent à l'interface des couches du terrain et remontent à la surface. Captées par des géophones, elles renseignent les géologues sur la constitution interne de nos montagnes. Un nouveau chapitre des sciences naturelles est en train de s'ouvrir, deux siècles après les débuts de l'étude scientifique des Alpes par le Genevois Horace-Bénédict de Saussure (dont le portrait figure sur les billets de vingt francs). Comment se présentent les profondeurs du sous-sol suisse? Pour répondre à cette question, il faut remonter 18 milliards d'années en arrière...



A l'origine, le big bang

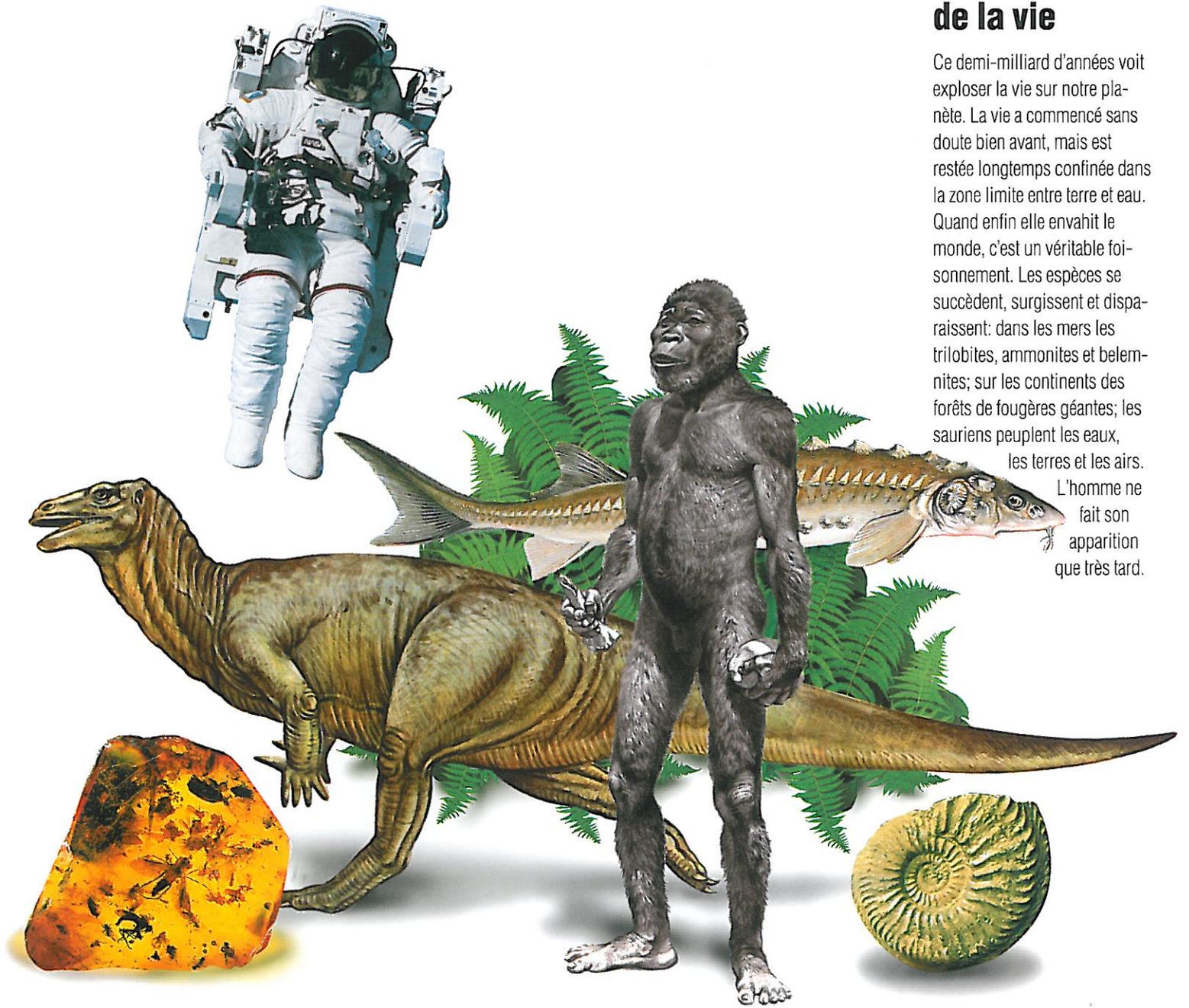
Il y a 18 milliards d'années (peut-être 12 ou 20, les astrophysiciens ont encore quelques hésitations sur une date si lointaine), toute la matière de l'univers était concentrée en un point. Il y eut une formidable explosion - le bin bang! Le tourbillon de poussière qui emplit l'univers donna naissance aux galaxies. Beaucoup plus tard - il y a environ 5 milliards d'années, cette fois les astrophysiciens sont unanimes - notre système solaire se forma dans l'une d'entre elles, avec au centre le Soleil comme étoile fixe, et neuf planètes gravitant autour de lui. La troisième planète, comptée à partir du Soleil, est la Terre. C'est elle qui va retenir notre attention. Les traces de son passé le plus ancien ont été effacées par des bouleversements géologiques. Son histoire plus récente - en gros les 500 derniers millions d'années - est mieux connue.



L'explosion de la vie

Ce demi-milliard d'années voit exploser la vie sur notre planète. La vie a commencé sans doute bien avant, mais est restée longtemps confinée dans la zone limite entre terre et eau. Quand enfin elle envahit le monde, c'est un véritable foisonnement. Les espèces se succèdent, surgissent et disparaissent: dans les mers les trilobites, ammonites et belemnites; sur les continents des forêts de fougères géantes; les sauriens peuplent les eaux, les terres et les airs.

L'homme ne fait son apparition que très tard.



Un moteur au coeur...

Alors que la vie se développe, le visage de la planète se transforme. Des continents s'éloignent l'un de l'autre ou se rapprochent. Des océans s'ouvrent et disparaissent. Des chaînes de montagnes se soulèvent, puis sont usées par l'érosion. Les glaciers envahissent de vastes régions de la planète, puis cèdent le terrain aux forêts de palmiers, reviennent et reculent de nouveau, plusieurs fois. Depuis des temps immémoriaux, la Terre est un astre vivant.

Fumeur noir sous-marin, dans le Pacifique oriental, à 2815 mètres de profondeur



Mais un puissant moteur, au coeur de la planète, agit la mince croûte qui lui sert d'enveloppe. Des matériaux peu visqueux montent et descendent dans le manteau terrestre, exercent des contraintes sur l'écorce qui est composée d'un assemblage de plaques mobiles. Ces effets tectoniques (la tecto-



nique est la science de l'architecture terrestre) se manifestent avec une extrême lenteur à vision humaine, mais avec une rapidité surprenante à l'échelle de temps géologique. Le fond des océans se renouvelle à la jointure de plaques qui s'écartent l'une de l'autre par des volcans qui crachent des masses



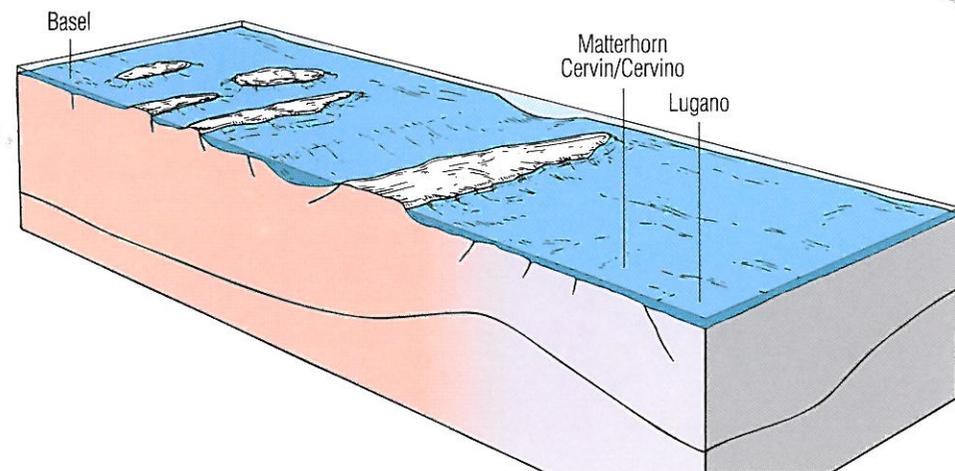
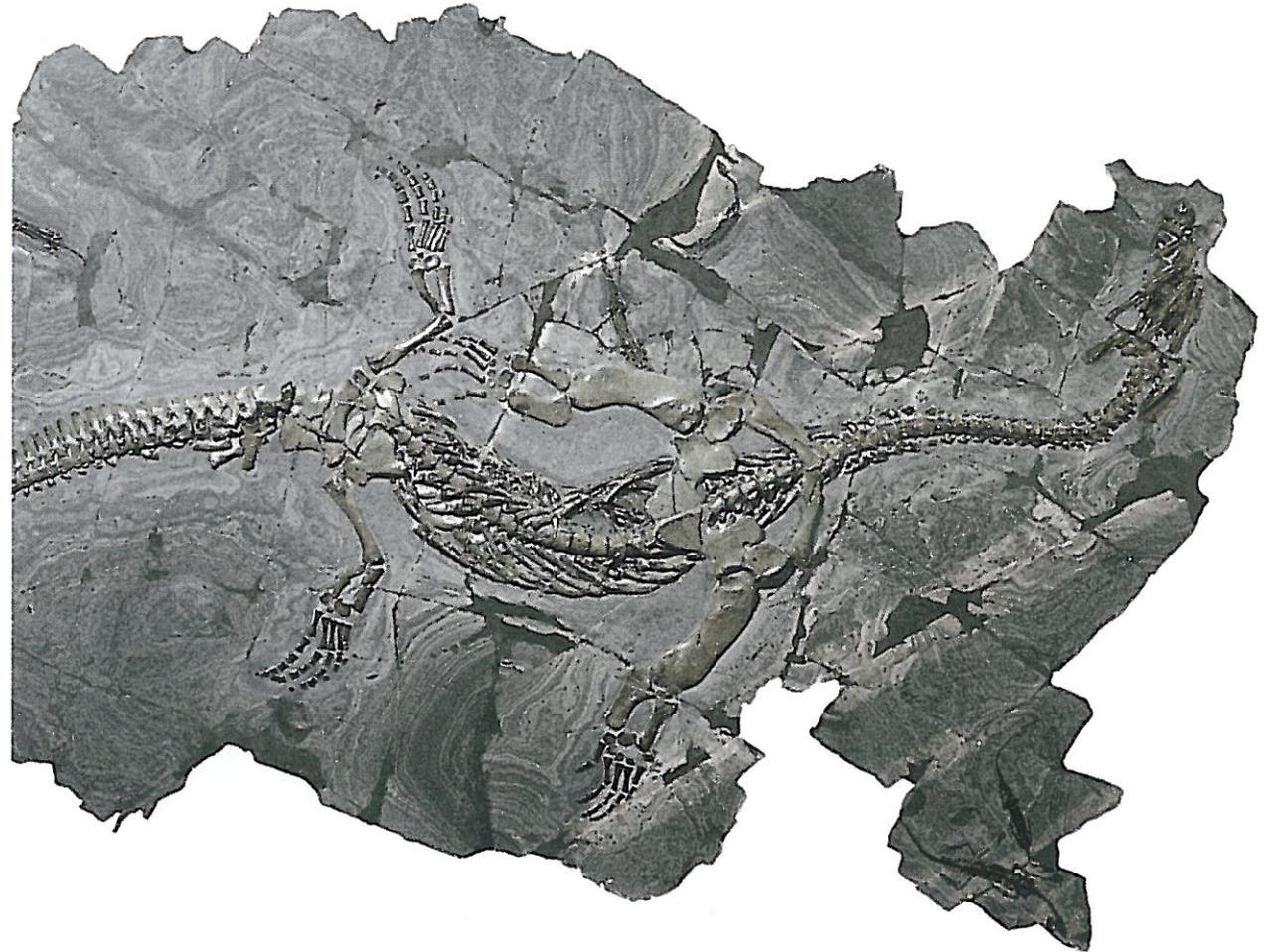
en fusion. Là où deux plaques entrent en collision, l'une d'entre elles plonge dans les entrailles du globe, non sans provoquer des séismes et des éruptions - phénomènes violents au cours desquels surgissent des montagnes et des archipels. Les plaques peuvent se déplacer de plusieurs centimètres par année, donc de quelques mètres à cours d'une vie humaine, et de centaines de kilomètres à travers de périodes géologiques qui se mesurent en millions d'années. Qui s'étonnera dès lors que la répartition des mers et des terres, des montagnes et des plaines ait subi des changements considérables tout au long de l'histoire de la planète. Des changements qui ont affecté aussi le territoire occupé aujourd'hui par la Suisse!

Le Bay Bridge, à San Francisco, après le tremblement de terre du 17 octobre 1989 (magnitude 7,1).

200 millions d'années

Un exemple: le Tessin il y a 200 millions d'années. A l'époque du Trias, cette région est occupée par une mer peu profonde et d'innombrables îles. Des sauriens s'ébattent dans l'eau chaude: le Mixosaurus aux allures de poisson, l'agile Ceresiosaurus, le redouté Ticinosuchus, et le Tanystropheus reconnaissable à son cou long de trois mètres. Des fossiles de ces animaux ont été trouvés au Monte San Giorgio, près de Serpiano. On a découvert aussi des sauriens fossiles dans le Fricktal argovien, près d'Emosson en Valais, et au Parc national en Basse-Engadine. Ce qui prouve que la mer recouvrait presque toute la Suisse actuelle à l'époque du Trias. Cet épisode de mer épicontinentale touche à sa fin à la charnière du Trias et du Jurassique. Les plaques s'écartent l'une de l'autre, et un profond océan s'ouvre entre l'Afrique et l'Europe: la Téthys.

Ceresiosaurus,
Monte San Giorgio

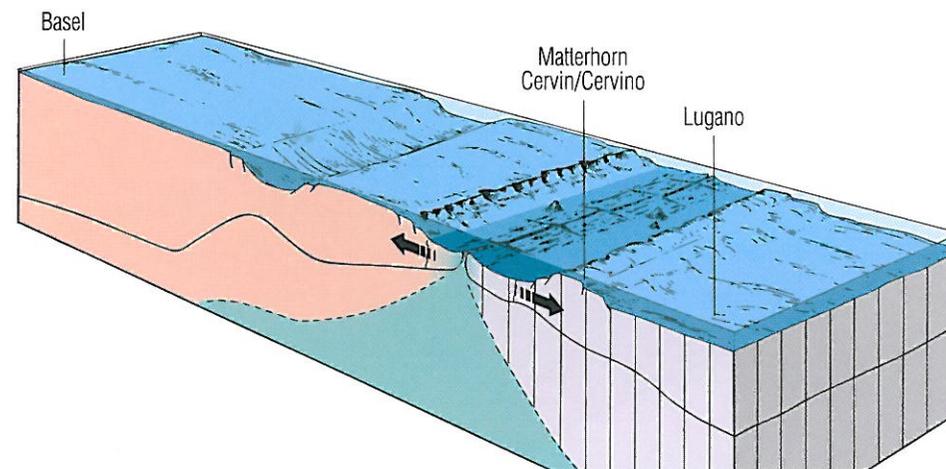


150 millions d'années

Le Valais il y a 150 millions d'années. Les montagnes de trois et quatre mille mètres, dont les cimes couvertes de neige font l'orgueil de Saas Fee et Zermatt, ne sont pas encore là. A leur place, des volcans sous-marins. Le bassin océanique de la Téthys se forme pendant le Jurassique et des matériaux s'y accumulent, que l'on retrouvera plus tard dans les parois des Alpes. Ils comprennent entre autres - à côté de sédiments tels que le calcaire et les schistes lustrés - des laves en coussins. Ces formations caractéristiques permettent aux géologues de conclure à une origine sous-marine: en se solidifiant au contact de l'eau froide, les laves en fusion émises par des volcans sous-marins ont pris la forme de coussins.



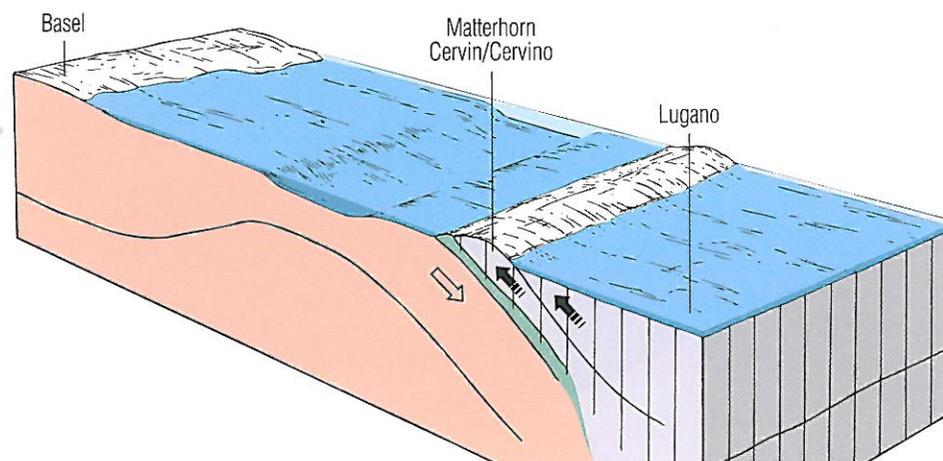
Laves en coussins



90 millions d'années

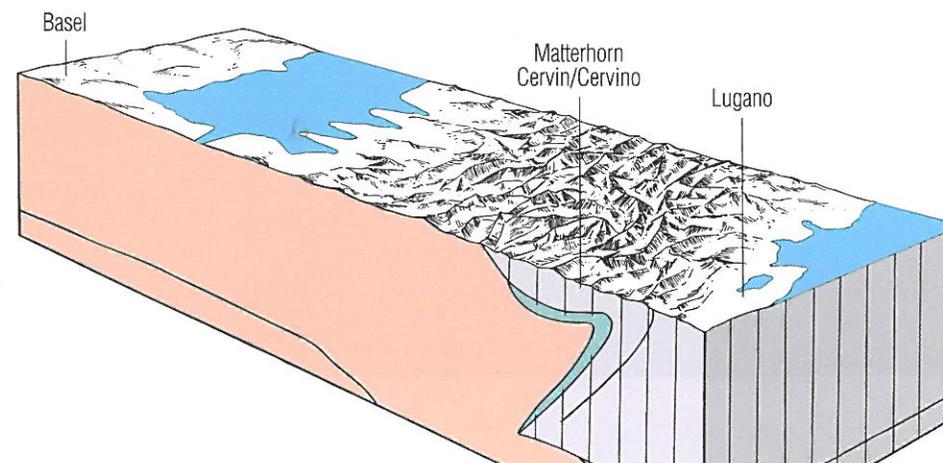
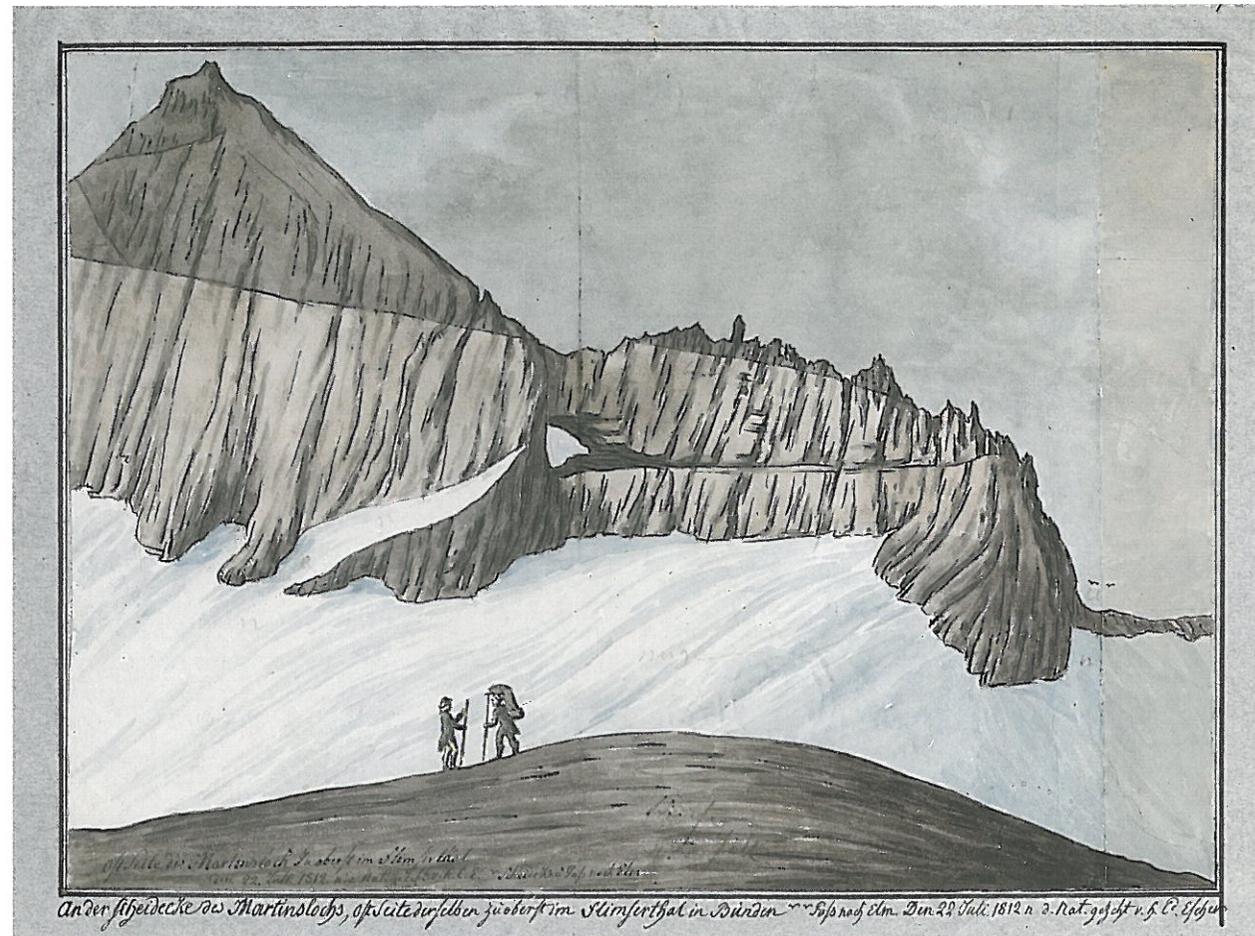
Toujours en Valais, mais il y a 90 millions d'années, pendant le Crétacé. L'Afrique commence à se rapprocher de l'Europe, produisant une collision entre les deux plaques. Une partie de l'Afrique glisse par-dessus l'Europe. Des masses de roche de plusieurs kilomètres d'épaisseur, appelées nappes de charriage, s'entrechoquent et s'interpénètrent, donnant naissance à la chaîne alpine. Ces nappes atteignent parfois, passagèrement, des profondeurs considérables, de 40 à 60 kilomètres où les roches se transforment alors sous l'effet de la pression et de la chaleur. Cette transformation des roches - appelée métamorphisme - modifie par exemple des laves en coussins en éclogites - des roches vert foncées que l'on trouve notamment dans le haut des vallées de Viège.

Éclogite



20 millions d'années

20 millions d'années en arrière, mais cette fois dans le pays de Glaris. La formation des Alpes se poursuit du Crétacé au Tertiaire. C'est même pendant cette période qu'elle atteint son paroxysme. Les deux continents se sont imbriqués l'un dans l'autre. Reconstituer les événements de l'époque à partir des données géologiques est une tâche aussi ardue que fascinante. L'érosion, qui a fait disparaître d'épaisses couches de roche, complique le travail des chercheurs; mais elle le facilite aussi, car par endroit, elle a mis à découvert l'intérieur du massif. Tel est le cas au col du Segnes, à la frontière des cantons de Glaris et des Grisons. Le Verrucano, formé de roches de plus de 200 millions d'années, a été charié par-dessus une formation beaucoup plus jeune et de couleur plus claire, le Flysch. La frontière entre les deux masses rocheuses est comme coupée au couteau. Ce chevauchement a déjà intrigué les géologues du siècle passé et a fourni de précieux renseignements sur les mécanismes de la formation des Alpes.

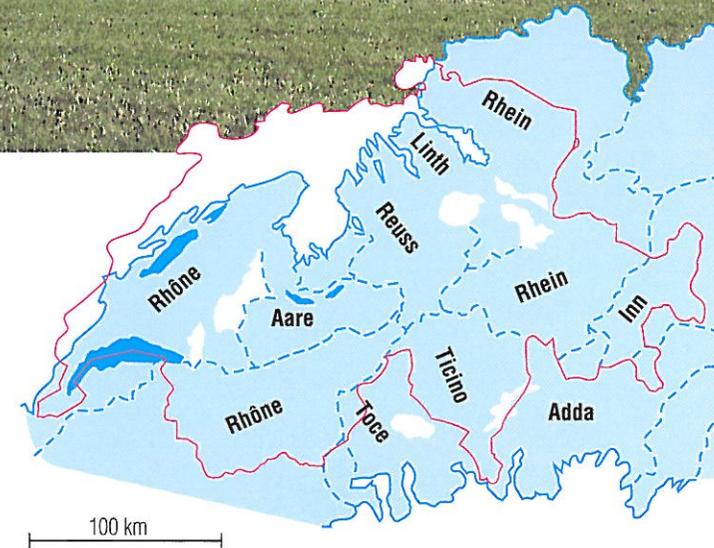


Les Tschingelhörner, près du col du Segnes (Hans Conrad Escher von der Linth, le 22 juillet 1812)

20 000 ans

Nous voici à seulement vingt mille ans d'aujourd'hui, près de Berne. Il fait sombre et froid. Et pour cause! Nous sommes au plus fort d'une période glaciaire: trois cents mètres de glace se sont accumulés à l'endroit même où s'étendra plus tard la Ville fédérale. C'est ici que se rejoignent les glaciers de l'Aar et du Rhône. Leurs moraines seront étudiées plus tard par les naturalistes qui les attribueront à la dernière glaciation. L'alternance de périodes glaciaires et interglaciaires au cours du dernier million d'années a ciselé le relief de la Suisse. Nous devons à ce va-et-vient des glaces la beauté de nos paysages, la formation de vallées et de lacs, mais aussi la fertilité des sols de moraines, riches en minéraux finement moulus.

Bloc erratique (Steinhof, canton de Soleure)



Mont Rose

Liskamm

Castor

Breithorn



Theodulpass

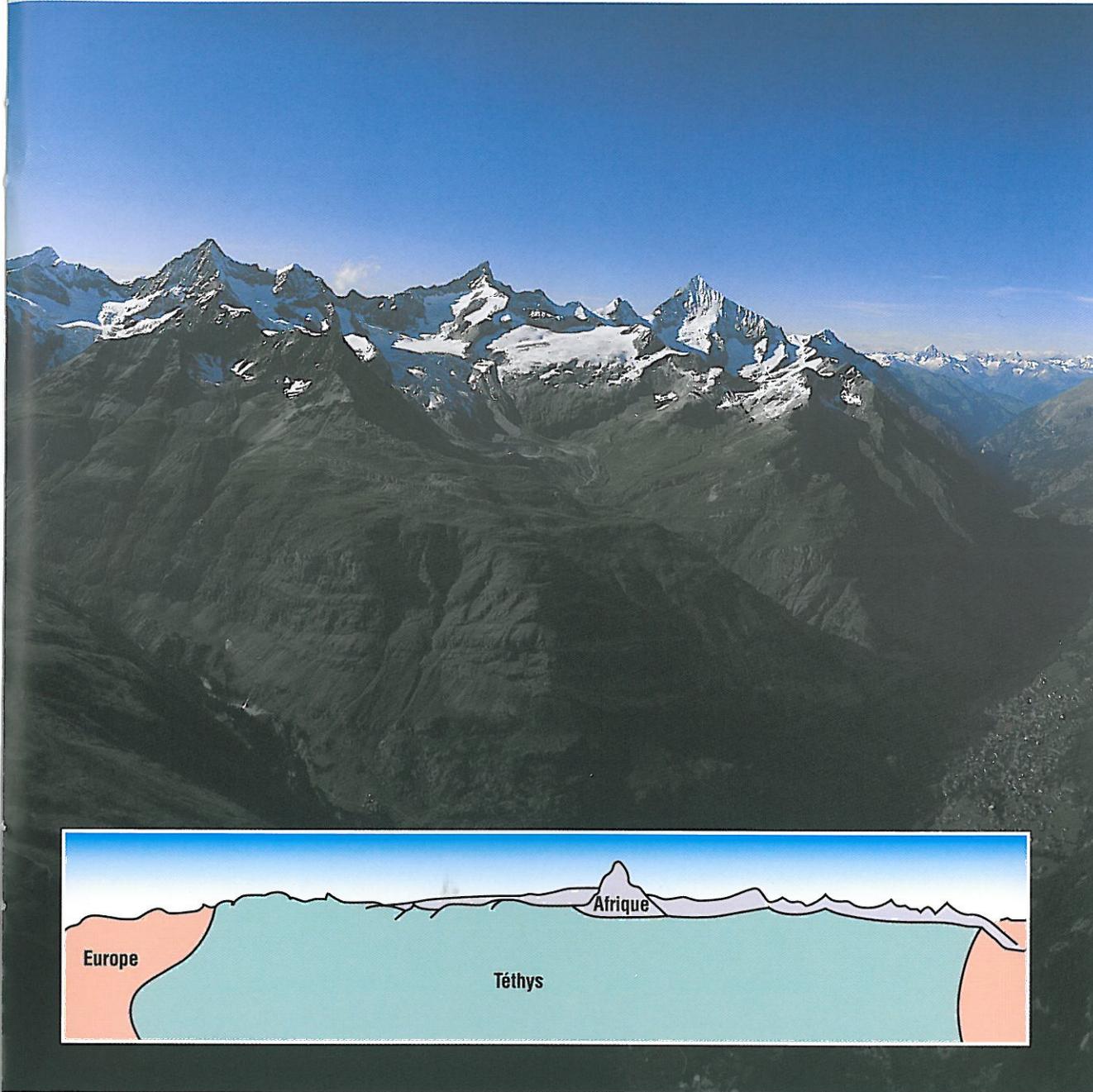
Cervin

Dent-Blanche



Un bonjour d'Afrique

Aujourd'hui, dans le Valais méridional, les touristes contemplent des ruines d'un genre particulier: les cimes enneigées qui se dressent, majestueuses, dans le ciel, ne sont pour les géologues que les restes de montagnes en grande partie érodées, des vestiges qui portent la marque de 200 millions d'années d'histoire de la Terre (pages 10-14). Force est de reconnaître par exemple que le Cervin appartenait autrefois à l'Afrique. Le choc entre l'Europe et l'Afrique est bien visible dans la région de Zermatt, où la suture de la collision des deux continents se fait front en haute montagne. Mais il fallut deux siècles de recherches géologiques pour tirer la situation au clair. Quant à la géologie profonde, des données déterminantes ont été obtenues seulement tout récemment...



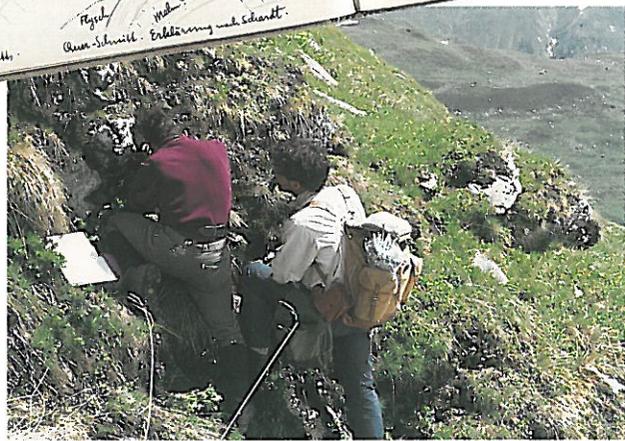
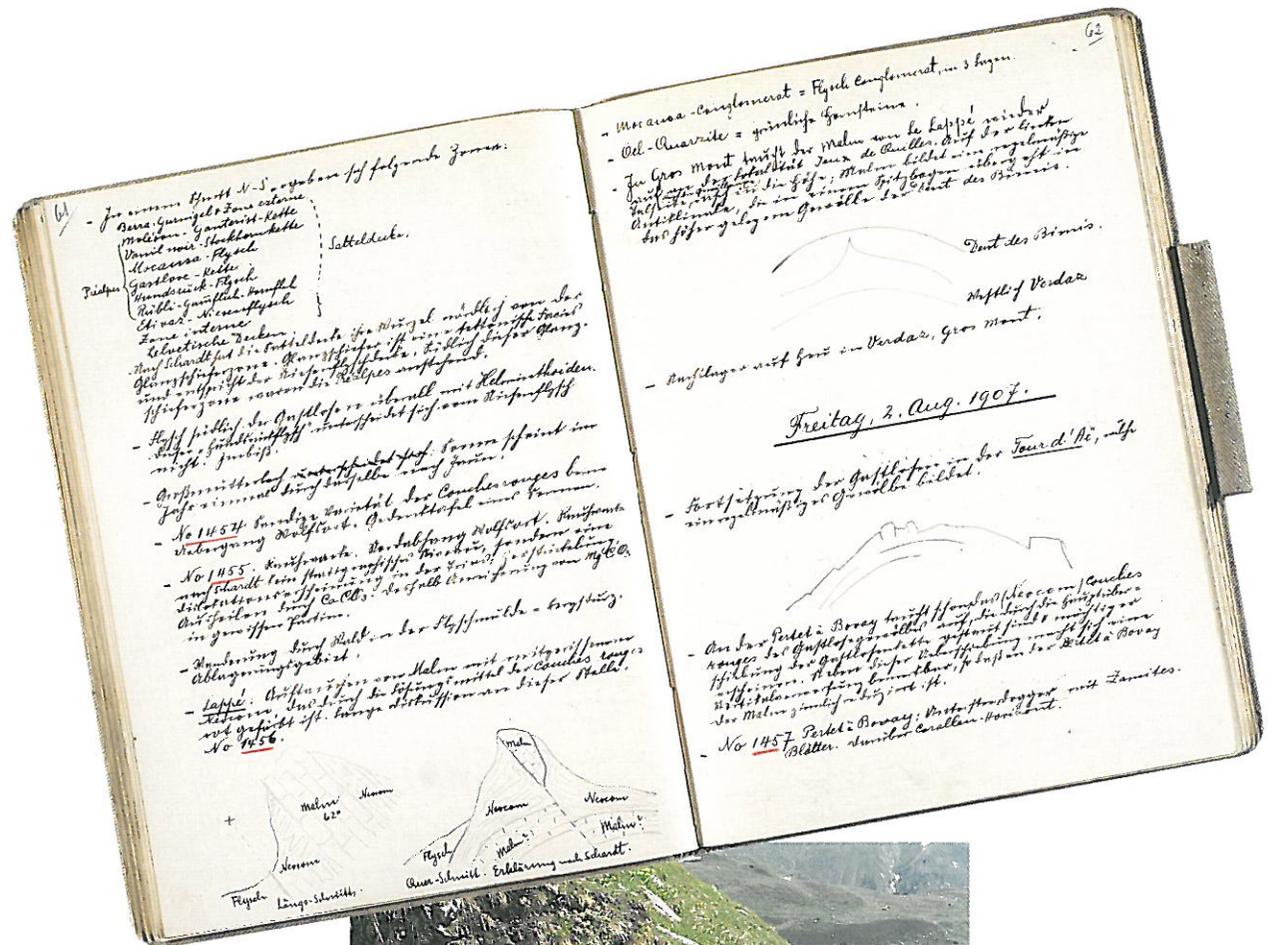
Hier

Un feutre sur la tête, un marteau à la main, des kilos de pierres dans un sac à dos, manger un peu de pain et de fromage et dormir dans les chalets d'alpage ou à la belle étoile. «Mente et malleo» - avec la tête et le marteau - telle était la devise. Malgré ces conditions précaires, qui caractérisent la recherche géologique de 1800 jusqu'à 1950, ils ont rassemblé dans leurs carnets de campagne une foule de notes qui aboutissaient à des conclusions de toute première importance:

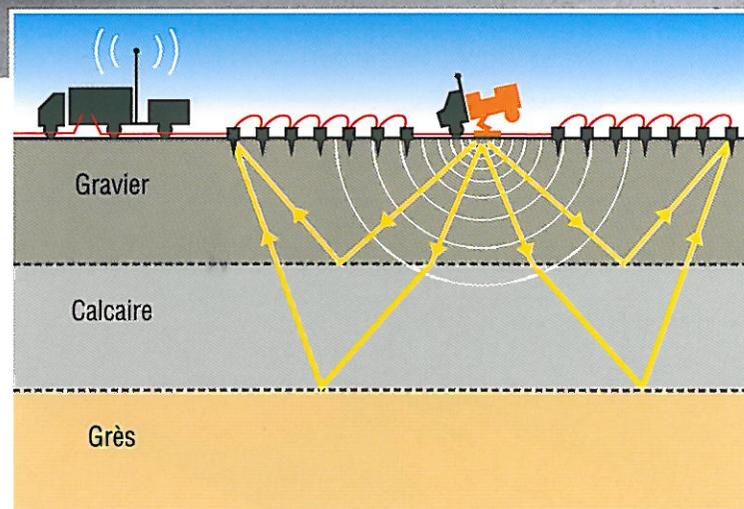
- la distribution, l'âge et la genèse des différentes roches,
- les Alpes ne sont pas le produit d'une activité volcanique, mais la conséquence de chevauchements dans la croûte terrestre, c'est-à-dire de forces tectoniques,
- l'architecture interne du massif alpin est extrêmement complexe,
- la Suisse n'est pas particulièrement bien dotée en ressources minérales.

Mais comme presque toujours en science: chaque nouvelle découverte suscite de nouvelles questions...

Le carnet de campagne d'Eduard Gerber (1876-1956)



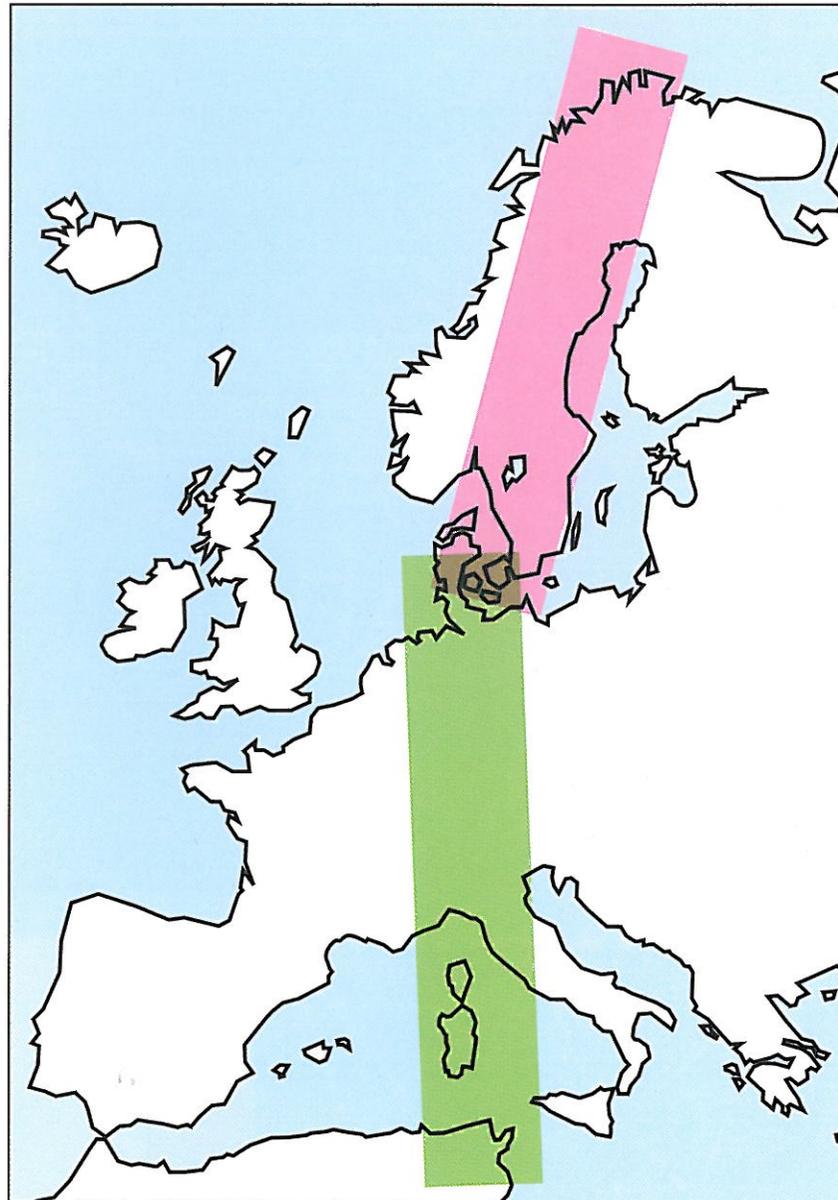
Aujourd'hui

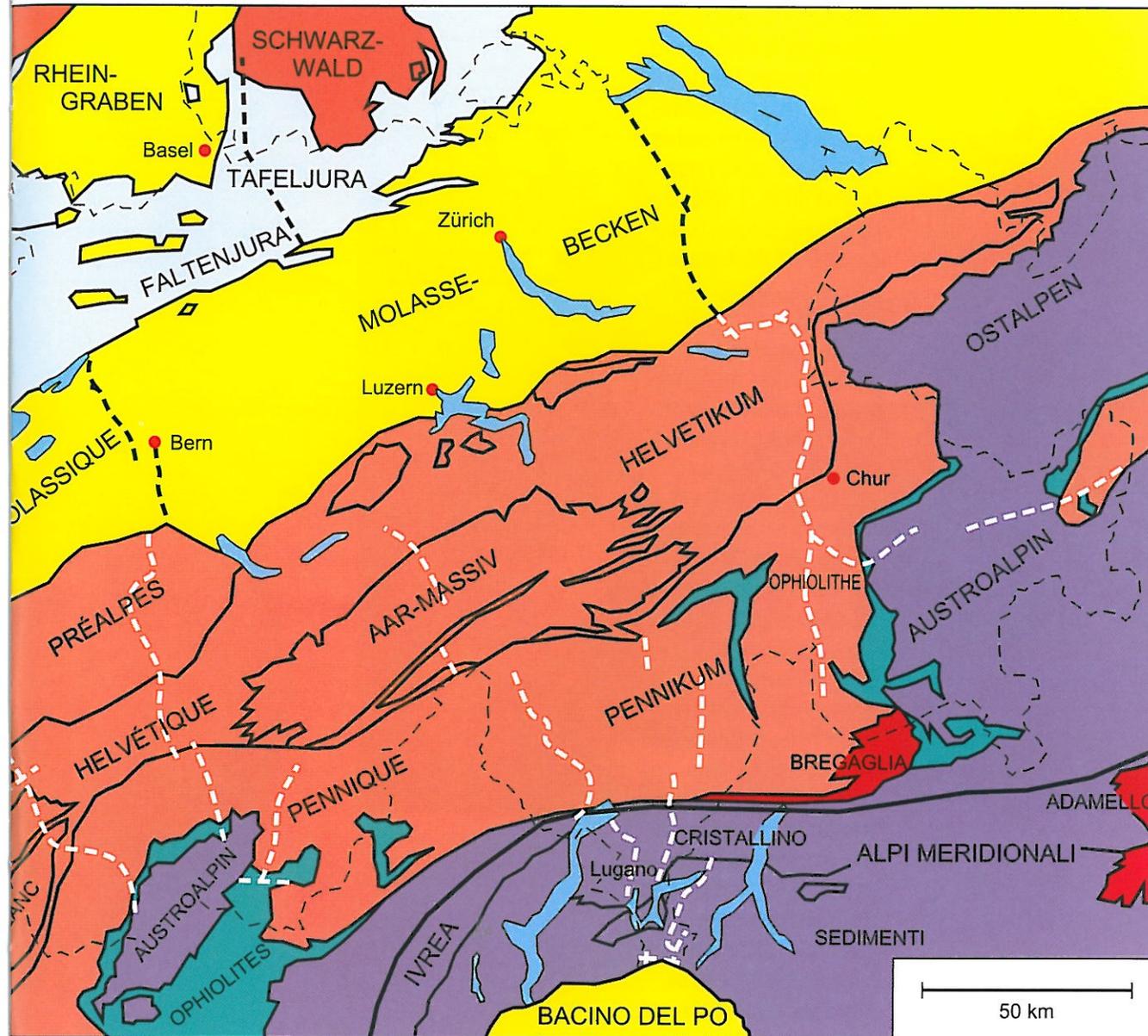


Les rares exploitations minières sur sol suisse avaient à peine égratigné la surface des montagnes. Et si les tunnels ferroviaires atteignaient des longueurs record, ils ne traversaient pas pour autant le soulèvement du massif alpin. Bref, les racines de nos montagnes ont échappé longtemps à toute observation. Et plus d'une question importante concernant l'architecture des Alpes restait sans réponse. Les progrès des méthodes géophysiques ont aidé les géologues à sortir de l'impasse: depuis une quarantaine d'années, le vibreur et les explosifs complètent avantageusement le marteau comme instruments de travail. Secousses ou détonations provoquent des ondes sonores qui pénètrent profondément dans le sous-sol; réfléchies par les couches géologiques, leur écho parvient à la surface quelques secondes plus tard. L'enregistrement de ces millions de signaux fournit une image plastique de régions inaccessibles à l'observation oculaire. La technologie de pointe se substitue aux randonnées aventureuses des naturalistes d'autant. De science empirique qu'elle était, la géologie devient science exacte.

Le PNR 20...

Les méthodes géophysiques, à commencer par les procédés sismiques esquissés ci-dessus, ont considérablement élargi ces dernières années nos connaissances sur l'architecture du continent. Un projet international a étudié systématiquement le profil géologique le long d'une ligne de 4000 kilomètres, reliant le cap Nord à Tunis. Les Alpes constituaient évidemment un passage obligé et crucial de cette géotransverse européenne. Ce qui a motivé le lancement par le Fonds national suisse de la recherche scientifique d'un Programme national de recherche, le PNR 20, consacré à l'«Exploration du soubassement géologique de la Suisse».

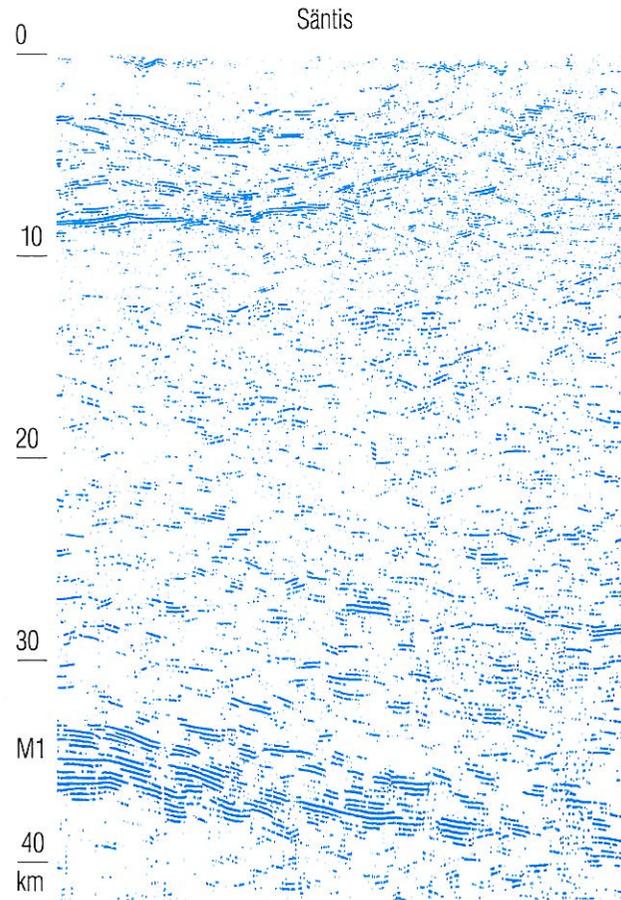




En fait, les géologues et géophysiciens n'ont pas relevé qu'un seul profil, mais ont étudié plusieurs traverses, de manière à couvrir tout le territoire de la Confédération. La carte sur cette page indique les tracés choisis. Grâce à une bonne information de la population, les travaux sur le terrain se sont déroulés sans difficulté. Le PNR 20 est l'un des plus ambitieux programmes nationaux de recherche. Plusieurs centaines de personnes y ont participé. Les données saisies sur le terrain ont été traitées sur de puissants ordinateurs à Zurich et Lausanne. Voici encore quelques chiffres:

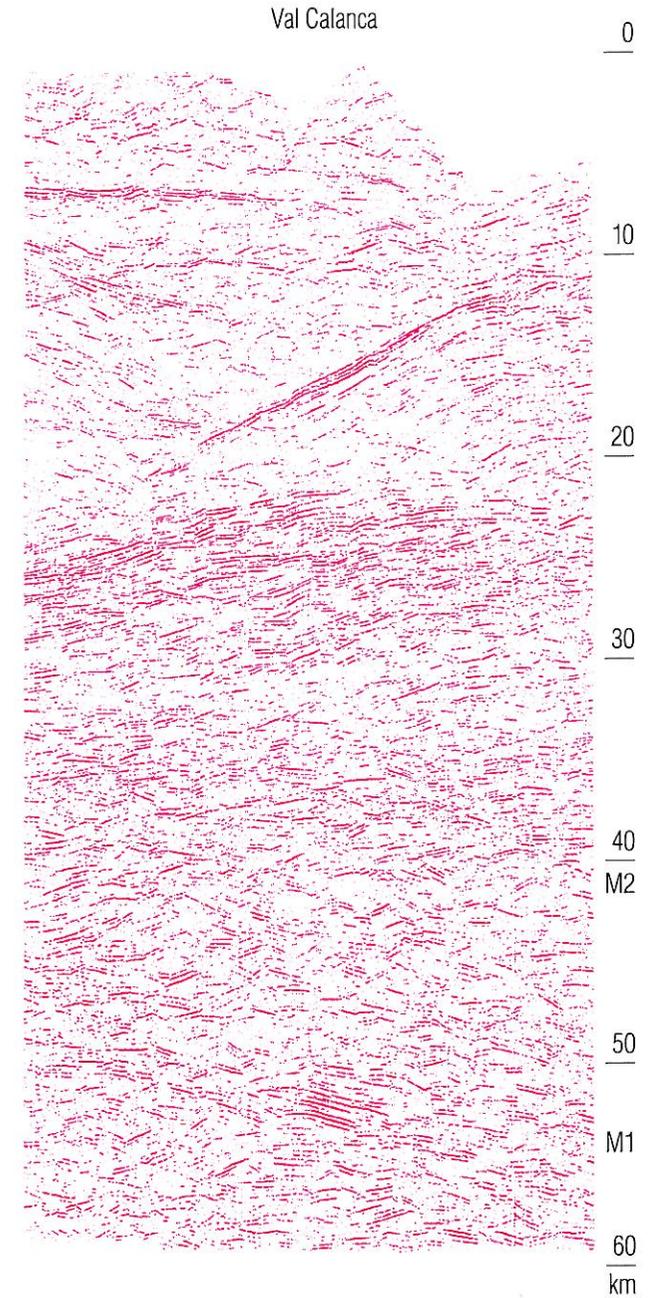
- Durée du programme: 1985-1993
- Coût: 14,5 millions de francs
- Nombre de projets: 34
- Longueur totale des traverses: environ 700 kilomètres.

...en profondeur



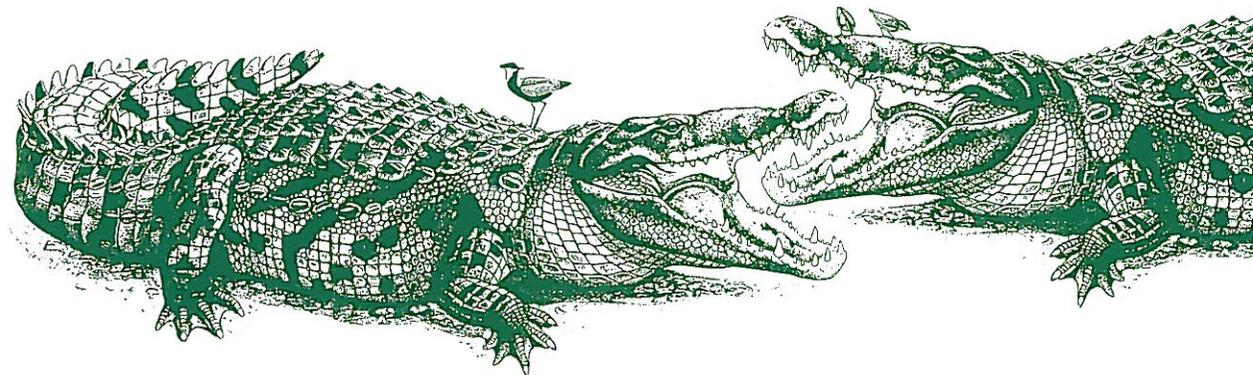
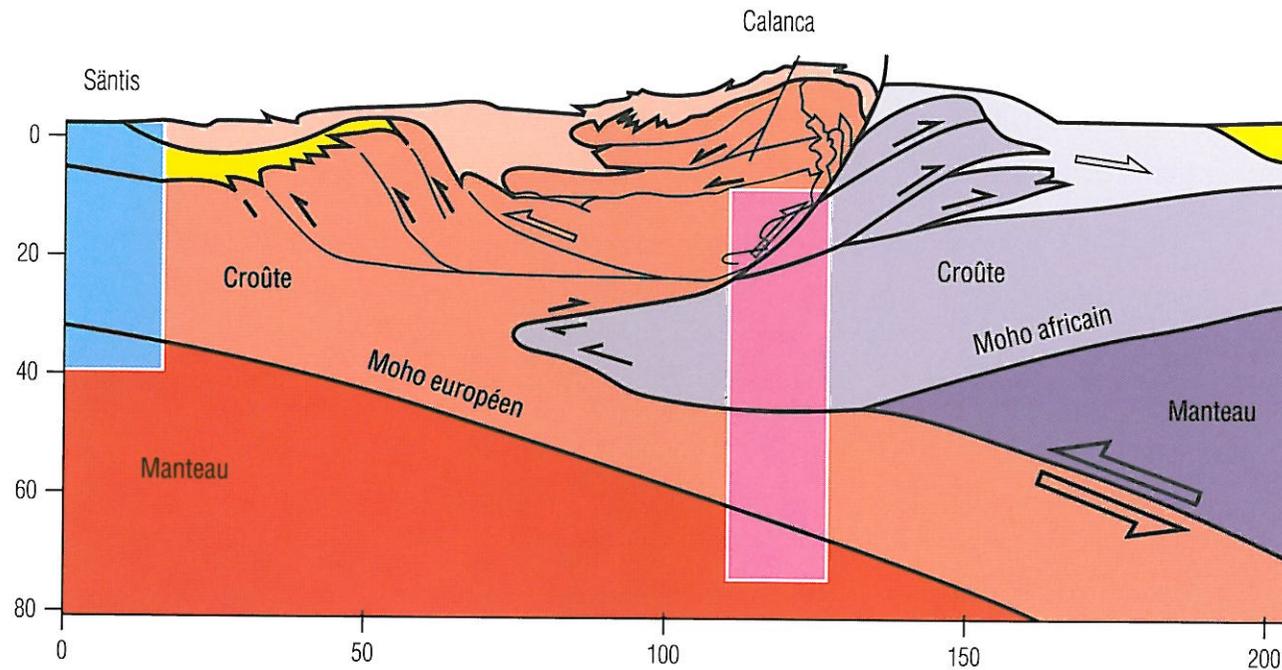
Une centaine de spécialistes ont participé en novembre 1992 à un symposium à Interlaken pour s'entretenir des résultats de ce programme national de recherche. Un objectif important du PNR 20, formulé dès le départ par la direction du programme, était d'établir le lien entre les structures géologiques visibles, proches de la surface, et celles du soubassement, cachées, mais accessibles à l'observation par sismique réflexion. Les profils sismiques montrent que la structure en nappes se prolonge dans les profondeurs du sous-sol. Au Tessin par exemple, ils mettent en évidence la structure en nappes de la plus basse formation géologique connue, la nappe de la Léventine, et même, au-dessous de cette dernière, l'existence de deux nappes jusqu'alors inconnues. Autre découverte: le massif de l'Aar, qui passait pour un modèle de stabilité, se révèle avoir été partie prenante des bouleversements géologiques: moins solidement ancré qu'on ne croyait, il a fait un long déplacement vers le nord.

M1 Moho européen
M2 Moho africain



Continents, collisions et crocodiles

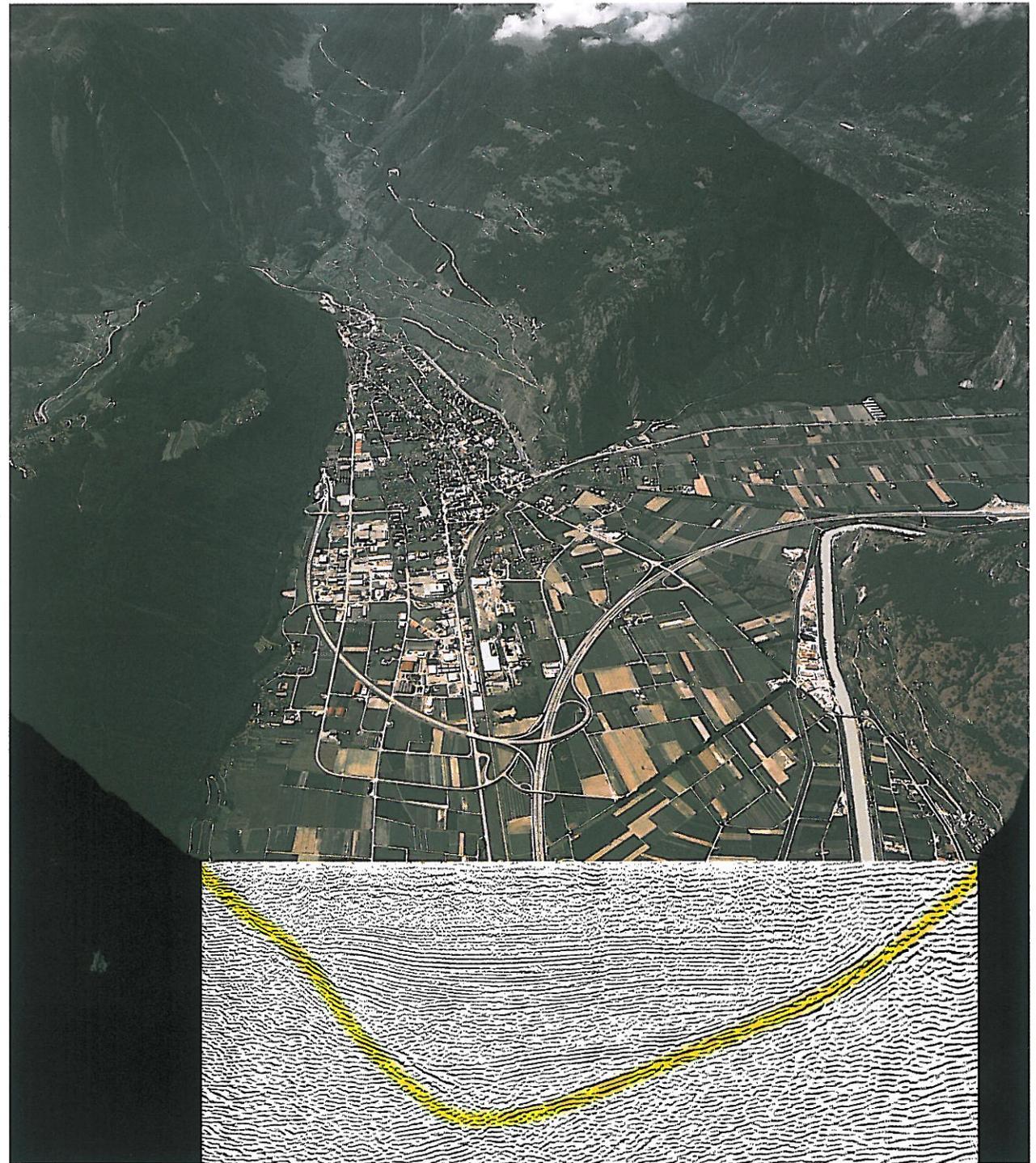
En Suisse méridionale, l'intérêt des chercheurs s'est porté avant tout sur la ligne insubrienne: ils voulaient savoir comment cette frontière entre les Alpes centrales et méridionales se présente à grande profondeur. Les profils sismiques - notamment celui du Val Calanca - révèlent sa physionomie jusqu'à 60 kilomètres de profondeur: la ligne insubrienne plonge sous les Alpes centrales; en d'autres termes, les Alpes méridionales «africaines» pénètrent dans le soubassement, comme un coin enfoncé profondément vers le nord. La structure ainsi formée ressemble à deux crocodiles dont les mâchoires se seraient prises l'une dans l'autre. Manifestement, après la progression des nappes africaines par-dessus la croûte européenne, les Alpes centrales se sont déplacées vers le sud, en sens contraire de la direction générale de poussée.



Vestige d'un lac disparu

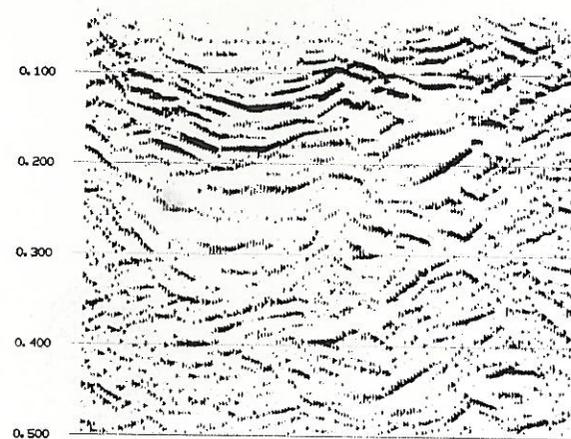
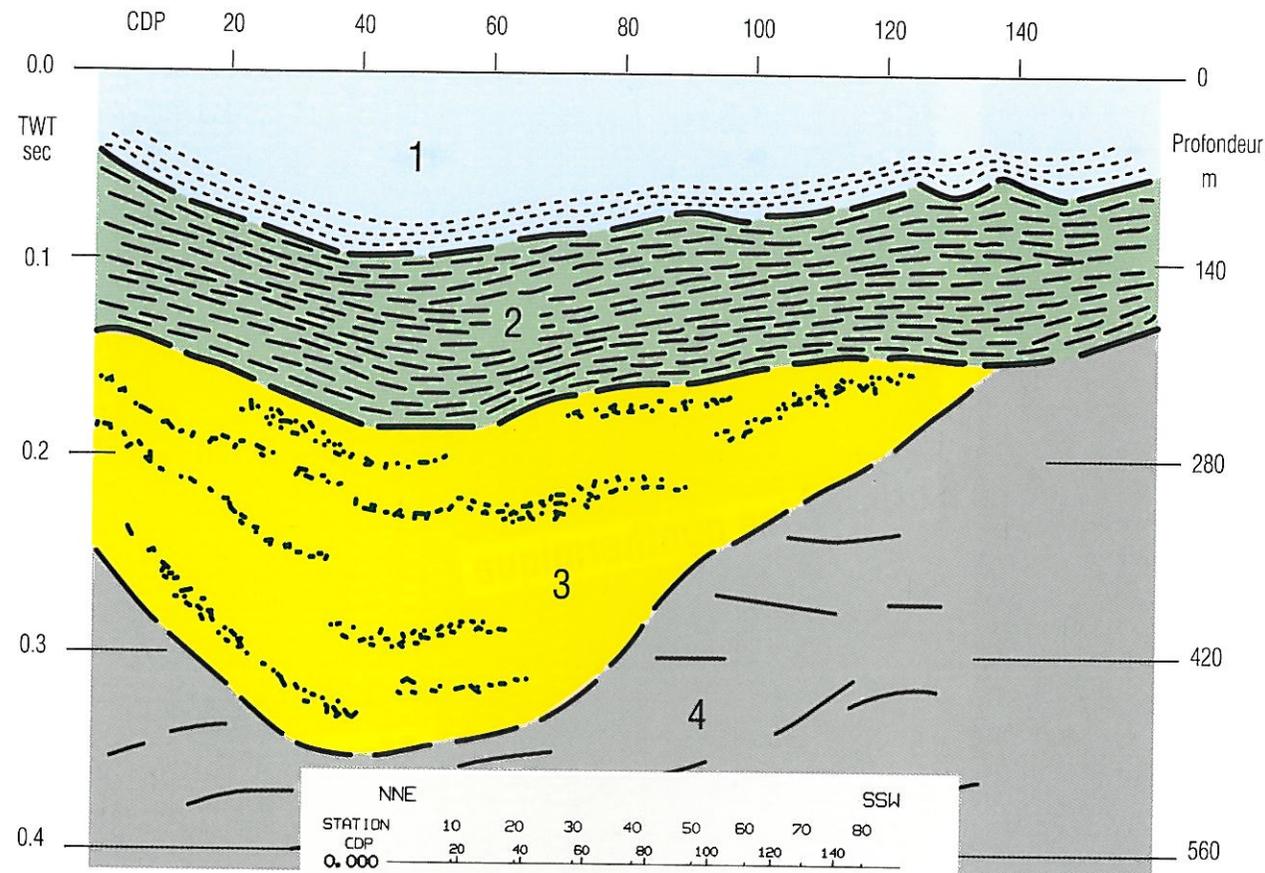
A part ces nouvelles connaissances sur le soubassement et l'architecture des montagnes suisses, le PNR 20 a fourni des informations régionales intéressantes. C'est ainsi qu'on a constaté, dans la vallée du Rhône entre Sion et Martigny, les alluvions d'un lac long et profond, qui se trouvait là voici plusieurs milliers d'années, après la dernière glaciation. Le plus surprenant est la profondeur à laquelle on rencontre la roche. A Martigny, le fond de ce qui fut autrefois un lac se trouve en gros mille mètres au-dessous du lit de la vallée, soit 550 mètres au-dessous du niveau de la mer. Où l'on peut se convaincre de l'efficacité des méthodes modernes en géophysique: elles nous font retrouver les traces de lacs disparus depuis longtemps et nous révèlent la profondeur spectaculaire des vallées alpines. Ces découvertes présentent avant tout un intérêt scientifique. Mais elles ont également des retombées économiques, dans des domaines comme l'exploitation de l'énergie géothermique ou le forage de tunnels.

La Vallée du Rhône près de Martigny



Les vallées cachées

Dans la région de Novazzano (Tessin), la sismique réflexion a permis de mettre en évidence, sous des dépôts glaciaires et des sédiments marins, une vallée remplie de matériaux grossiers datant d'il y a 5 à 6 millions d'année. Cette vallée, comme d'autres vallées semblables du Mendrisiotto, s'est formée lorsque le niveau de la Méditerranée était beaucoup plus bas qu'aujourd'hui, provoquant une érosion intense et la formation de vallées profondes, plus tard remblayées par des matériaux grossiers. Par la suite, le niveau de la mer étant remonté, un golfe s'est formé dans cette région et des sédiments marins, argiles et des sables fins, se sont déposés. Aujourd'hui, les dépôts grossiers contiennent peut-être une nappe phréatique.



Profil sismique et géologique de la vallée cachée à Novazzano:

- 1 dépôts glaciaires
- 2 sédiments marins qui recouvrent la vallée cachée
- 3 dépôts grossiers remplissant la vallée ancienne
- 4 substratum rocheux dans lequel la vallée a été creusée

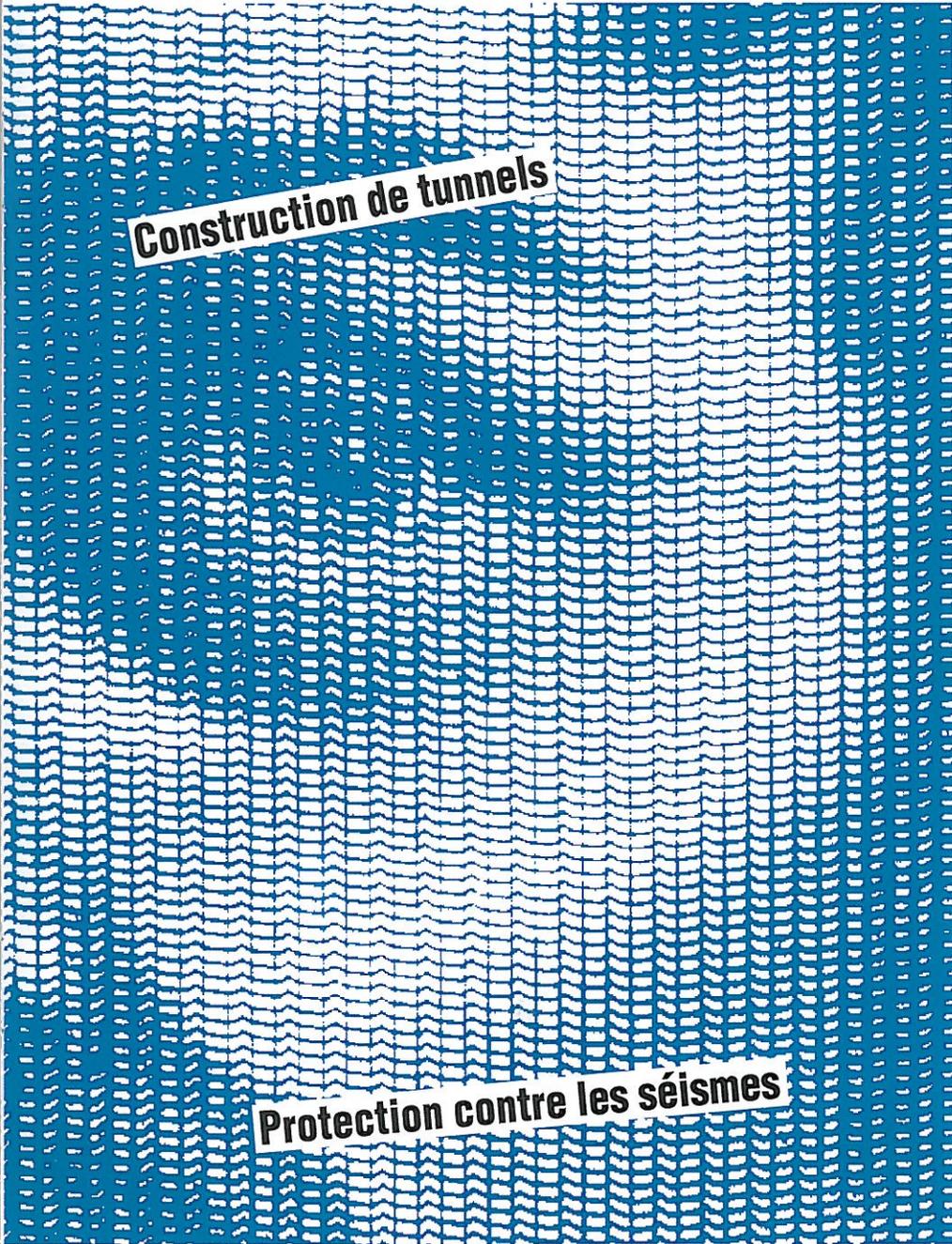
Des connaissances...

La surface de la Suisse n'a plus guère de secrets: chaque kilomètre carré du territoire est depuis longtemps cartographié dans ses moindres détails. Il en va tout autrement du sous sol: l'architecture du soubassement de notre pays est restée longtemps une énigme et a donné lieu jusqu'à une date récente aux plus folles spéculations. Le Programme national sur le «Soubassement géologique de la Suisse» a permis de répondre à plusieurs questions importantes. Nous savons maintenant où et à quelle profondeur les Alpes ont leurs racines. Car il en va de nos montagnes comme des icebergs: ce relief qui culmine à quatre mille mètres n'est que la partie émergée d'une formation de plus de 60 kilomètres d'épaisseur. Cette formation possède une architecture très complexe. Mais on sait maintenant que deux continents s'y imbriquent, un peu comme les mâchoires de deux crocodiles combattant l'un contre l'autre.

En tant que recherche fondamentale, le PNR 20 étend nos connaissances sur le passé géologique du pays; il apporte une contribution à ce qu'on pourrait appeler peut-être l'«histoire suisse verticale». La Suisse n'est d'ailleurs pas seule à profiter de ces progrès scientifiques; ceux-ci s'inscrivent en effet dans un effort international. Ce qui explique la présence, au symposium du PNR 20 à Interlaken, de spécialistes de nombreux pays. Ils venaient notamment d'Allemagne, où l'on procède, près de Bayreuth, à un forage continental profond. Ou encore des Etats-Unis: des géologues américains ont comparé la formation des Alpes et celle des Appalaches.

Exploitation géothermique

Mensuration nationale



Construction de tunnels

Protection contre les séismes

...aux profits

La recherche fondamentale n'est pas seule bénéficiaire du PNR 20. Les résultats de ce programme comprennent de nombreuses informations susceptibles d'être mises en valeur au niveau économique et technique:

L'exploitation de la chaleur de la Terre (la géothermie) nécessite des connaissances de base sur les structures géologiques profondes. En Valais par exemple, il y a eu symbiose entre le PNR 20 et le projet régional d'utilisation de cette ressource d'énergie alternative.

Le forage des tunnels est de la géologie appliquée. Avant d'entreprendre le percement de gros ouvrages, il faut savoir ce que cache la montagne. Des données d'une grande importance pratique ont été tirées de la traverse orientale, dont une partie suivait le tracé du tunnel du Splügen, envisagé à l'époque.

Le passé mouvementé des Alpes nous rappelle que cette région comporte un risque sismique non négligeable.

Le PNR 20 a permis de préciser ce risque, par l'enregistrement de faibles secousses et la localisation de leurs foyers.

Ce programme national de recherche a aussi des implications pour la prospection des ressources minérales. D'où la collaboration fructueuse qui s'est instaurée entre les chercheurs du PNR 20 et les experts de l'industrie pétrolière.

La formation du massif alpin n'est pas achevée. Nos Alpes grandissent chaque année d'environ un millimètre. Et le territoire suisse, soumis à une pression persistante, continue de se rétrécir: la distance entre Lugano et Schaffhouse diminue - cela n'est pas sans intérêt pour la topographie nationale.

Et la suite?

Si le PNR 20 a élucidé plus d'une énigme, il n'a pas pour au tant résolu tous les problèmes qui se posent à propos du sous-bassement géologique de la Suisse. Voici quelques-unes des questions qui pourraient alimenter la recherche géologique à venir:

La Suisse est un pays pauvre en matières premières minérales. C'est vrai si l'on considère les formations géologiques proches de la surface. Mais il n'est pas exclu qu'à plus grande profondeur, notre sous-sol puisse receler des ressources, par exemple du pétrole ou du gaz. Le cas échéant lesquelles? Et où se trouvent-elles?

Où et quand faut-il s'attendre à un gros tremblement de terre?

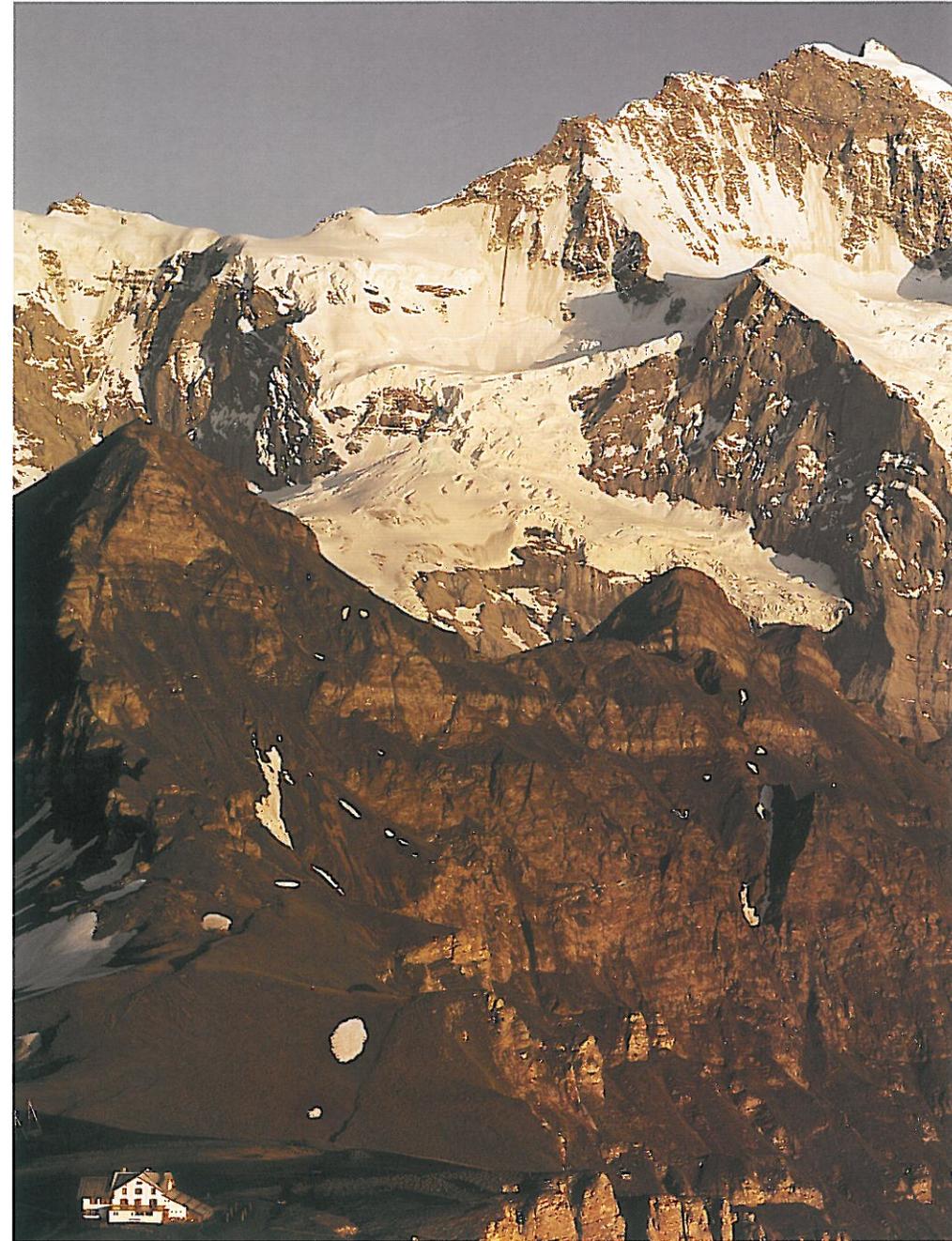
Quand viendra la prochaine période glaciaire? Et à quelle vitesse le changement climatique se produira-t-il?

Combien de temps encore le Cervin, avant-poste de l'Afrique, mais néanmoins symbole des beautés naturelles de la Suisse jusqu'à l'autre bout du monde, résistera-t-il à l'érosion?

Quand le massif alpin cessera-t-il sa croissance? Et les plaques tectoniques leur mouvement? Si ce dernier se poursuit au rythme actuel, le territoire du pays rétrécira de 30 kilomètres au cours des prochains dix millions d'années!

Combien de millions d'années s'écouleront-ils avant qu'un océan recouvre de nouveau l'Helvétie et engloutisse indistinctement les beautés et les laideurs de ce pays?

Enfin, quand cette région d'Europe centrale verra-t-elle une nouvelle chaîne de montagnes se soulever et succéder aux Alpes? Laissons le dernier mot à une femme écrivain, Friederike Brun (1765-1835), qui découvrit avant l'heure, intuitivement, ce que les géologues ont trouvé bien plus tard au prix d'un travail aride: en l'occurrence, que les montagnes n'ont de l'éternité que l'apparence, qu'elles aussi subissent les outrages du temps, et que leurs minéraux participent à un cycle permanent. Il y a deux cents ans, cette femme de lettres allemande a parcouru l'Oberland bernois. Voici un extrait de son journal:





«Jungfrau à la face éblouissante, première à recevoir les hommages du soleil, et dernière à rougir de ses traits enflammés, tu sombreras un jour dans la nuit et l'oubli. Des millénaires t'ont contemplée dans ton vêtement de lumière, mais d'autres millénaires ne sauront rien de ta beauté passée! Jusqu'à ce qu'enfin ton heure vienne. Alors ta matière se dissolva. Et du creuset où tu seras descendue, sortiront des créatures que nous ne saurions même imaginer.»

«Blendendes Antlitz der Jungfrau, du, die du den ersten Morgengruss der Sonne empfängst und von ihrem letzten Strahl erröthest, einst wirst du dahinsinken in Nacht und Vergessenheit. Jahrtausende sahn dich bewundernd in deinem hellen Gewande, Jahrtausende werden an dir vorübergehn! Aber deine Zeit kommt endlich, in welcher dein Urstoff sich in seine Theile auflöset und du in den grossen Schmelztiegel sinkest, aus dem dereinst uns undenkbare Schöpfungen hervortreten werden.»

Groupe d'experts:
Prof. E. Niggli, Bern, président
Prof. D. Bernoulli, Zürich
Prof. D. Betz, Hannover
Prof. Ch. Caron, Fribourg
Prof. M. Delaloye, Genève
Prof. A. Escher, Lausanne
Prof. P. Fricker, Strasbourg
Prof. H. Laubscher, Basel
Prof. W. Nabholz, Bern
Prof. A. Pfiffner, Bern
Prof. J.-P. Schaer, Neuchâtel
Prof. St. Schmid, Basel
Dr Ch. Sprecher, Baden
Prof. R. Trümpy, Zürich
Dr B. Wieland, Bern

Experts externes:
Prof. St. Müller, Zürich
Dr P. Eckardt, Zürich
Prof. Ch. Emmenegger, Bern
R. Schoop, Zürich

Direction du programme:
Dr P. Lehner, Richterswil
Dr P. Heitzmann, Bern
W. Frei, Hombrechtikon

Tous les instituts des sciences
de la terre des universités suis-
ses ont participé aux travaux.

Les institutions suivantes ont
contribué financièrement aux
travaux de recherche:

BEB Erdgas und Erdöl GmbH,
Hannover (D)

Office fédéral des transports

CRSFA Centre de recherches
scientifiques fondamentales et
appliquées, Sion

Département militaire fédéral

Museo cantonale di storia
naturale, Lugano

Prakla-Seismos AG, Hannover
Shell Switzerland, Zurich

Swisspetrol Holding SA, Zoug
(Secrétariat: Zurich)

TGK Tiefengas Konsortium

Swisspetrol/Sulzer, Zurich,
Winterthur, Kriens

Les institutions suivantes ont
apporté leur aide financière et
logistique au traitement des
données:

Ecole polytechnique fédérale,
Lausanne

Eidgenössische Technische
Hochschule, Zurich

Université de Lausanne

Les résultats scientifiques du
PNR 20 sont publiés dans un
Atlas (dans le commerce dès
fin 1994).

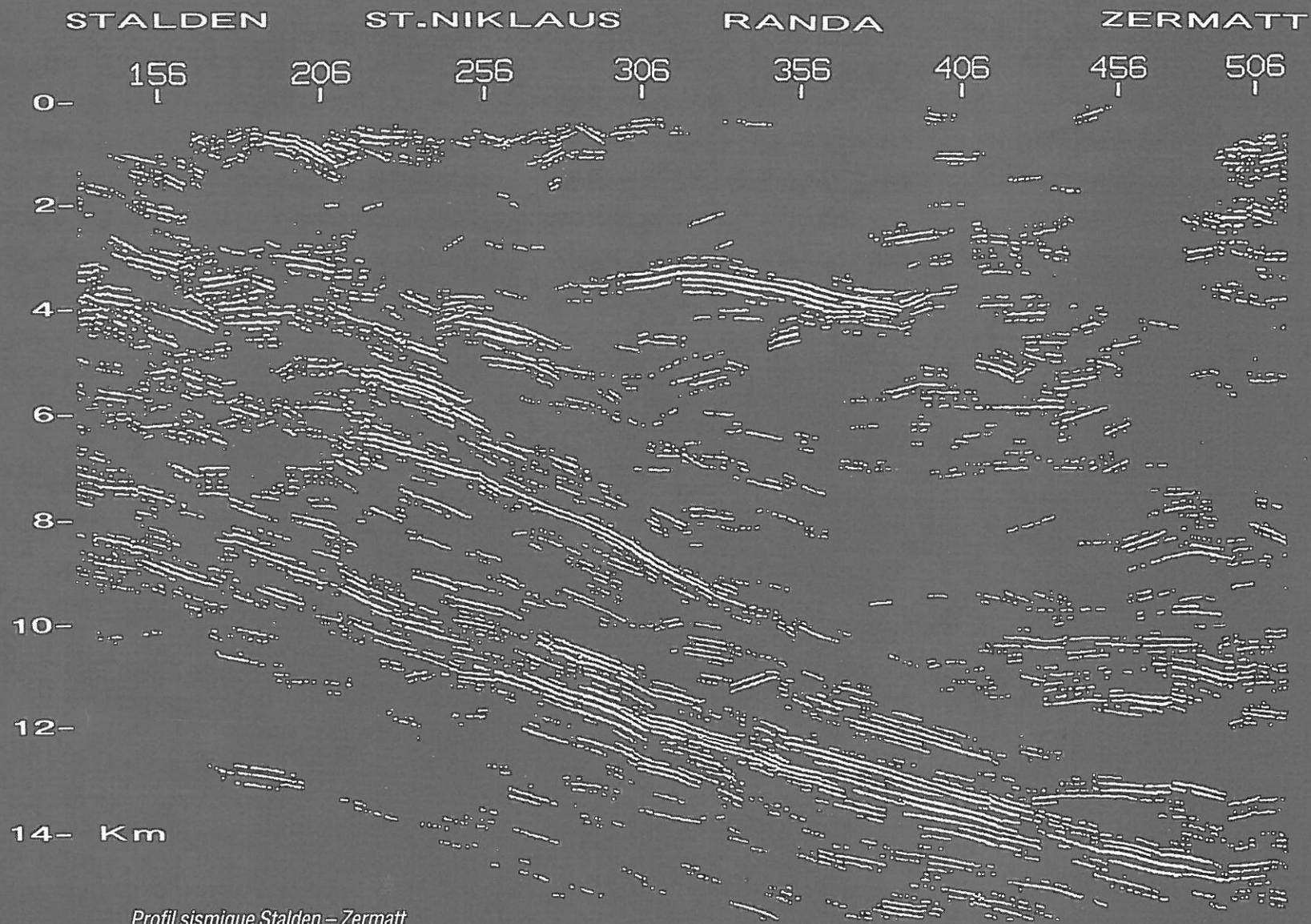
Responsabilité de production:
M. Iten, Service de presse PNR,
Fonds national suisse

Texte: F. Auf der Maur,
P. Heitzmann

Graphique: B. Schenk, Bern

Traduction:
Jean-Jacques Daetwyler

Photos:
Couverture: W. Burkhardt,
Buochs
Page 6: P. Wild, Astronomi-
sches Institut der Uni Bern
Page 8: W. Tufar, Philipps-
Universität, Marburg
Page 9: Keystone
Page 10: M. Felber, Museo
storia naturale, Lugano
Page 12: H. R. Pfeiffer,
Uni Lausanne
Page 13: Grafische Sammlung,
ETH Zürich
Pages 15 – 17:
W. Burkhardt, Buochs
Page 18: Burgerbibliothek,
Bern
Page 24: Photoswissair, Zürich
Page 28/29: W. Burkhardt,
Buochs
... et les auteurs



Profil sismique Stalden – Zermatt



L'exécution, sur mandat du Conseil fédéral, du Programme national de recherche «Soubassement géologique de la Suisse» (PNR 20) incombe au Fonds national suisse de la recherche scientifique.