

Le Chasseral

Un manuel de géo à ciel ouvert



Photo de couverture : Vue sur la combe anticlinale du Chasseral
(Photo : P. von Ballmoos)

TABLE DES MATIÈRES

Remerciements	IV
Liste des figures	V
Liste des abréviations	VII
Chapitre 1 : Introduction	1
1.1) Problématique et méthodologie	3
Chapitre 2 : Le Parc régional Chasseral et la didactique des sciences de la Terre	7
2.1) Le Parc Régional Chasseral	7
2.2) Paysage et lecture du paysage	9
2.3) Les trois histoires du paysage dans le Jura	10
Chapitre 3 : Le sentier de la Combe-Grède	15
3.1) Introduction	15
3.2) Brève histoire de la Combe-Grède	16
3.3) Informations pratiques	17
3.4) La randonnée	19
Etape 1 : Le calcaire	20
Etape 2 : Les roches sédimentaires	25
Etape 3 : La tectonique des plaques et le plissement du Jura	27
Etape 4 : L'érosion différentielle	32
Etape 5 : La gélifraction et le rôle du froid et de la neige	34
Etape 6 : La lithostratigraphie et les temps géologiques	37
Etape 7 : La combe anticlinale	40
Etape 8 : Le Dogger et la Dalle nacrée	42
Etape 9 : L'argile et les marnes	46
Etape 10 : L'érosion karstique et les dolines	47
Etape 11 : Les fossiles	52
Etape 12 : Lecture du paysage	53
3.5) Le chemin de retour	58
Chapitre 4 : Variante et autres suggestions	59
4.1) Variante de l'itinéraire de la Combe-Grède	59
Etape A : La Corne de l'Ouest	59
Etape B : L'Egasse	62
Etape C : Une paroi pleine de fossiles	64

4.2)	Autres suggestions d'excursions GEO dans la région	65
	3.2.1) Le Creux de Glace	65
	3.2.2) Les traces de dinosaures à la Heutte	66
	3.2.3) Les Gorges de Douanne	67
4.3)	Quelques références pour ceux qui veulent en savoir plus	68
Chapitre 5 : Conclusion		70
5.1)	Critique de la méthode des trois histoires	70
5.2)	Vers une interdisciplinarité du paysage	71
5.3)	Perspectives	73
Glossaire		74
Bibliographie		76
Annexe 1 :	Activités organisées dans la région de Chasseral en 2007	80
Annexe 2 :	Questionnaire distribués aux guides du Parc Régional Chasseral	83
Annexe 3 :	Les communes membres du Parc Régional Chasseral	84
Annexe 4 :	Les projets de parcs naturels régionaux en Suisse	85
Annexe 5 :	Les différentes étapes pour obtenir le statut de Parc Naturel Régional	86
Annexe 6 :	Le chant du Parc Jurassien	87
Annexe 7 :	L'histoire des Alpes	88
Annexe 8 :	Echelle des temps géologique	89
Annexe 9 :	La stratigraphie des roches affleurantes à Chasseral	90
Annexe 10 :	Carte topographique du massif du Chasseral	91
Annexe 11 :	Carte topographique de la randonnée	92
Annexe 12 :	Carte géologique simplifiée du Chasseral	93

Remerciements

- Au Professeur Michel Marthaler pour avoir accepté de suivre mon mémoire, pour ses corrections, ses remarques constructives et la journée sur le terrain.
- A Lenka Kozlik pour son soutien et ses conseils.
- A Fabien Vogelsperger, président du Parc Régional Chasseral et Guillaume Davot, chargé de mission tourisme du Parc Régional Chasseral, pour les renseignements fournis sur le Parc.
- Au Dr. Anne-Christine Wanders, à Michèle Scarnera et à ma maman, Magali von Ballmoos, pour leur relecture attentive et leurs commentaires pleins de bon sens.
- A mon papa, Pierre von Ballmoos, pour les superbes photos et la mise en page des cartes topographiques.
- A Alain Perret, pour avoir rempli mon questionnaire.
- A Jean-Jacques Amstutz, et Xavier Denys pour avoir rempli mon questionnaire et m'avoir permis de participer à une de leurs excursions.
- A Philippe Grosvernier pour les informations sur la flore du Chasseral.
- A tous ceux avec qui j'ai parcouru la région du Chasseral en long et en large.
- Pour finir, merci à tous ceux qui m'ont encouragée et soutenue tout au long de mes études et de ce travail en particulier.

LISTE DES FIGURES

Fig. 2.1	Interprétation d'une photo grâce aux trois histoires du paysage	p. 11
Fig. 2.2	La formation du Jura	p.13
Fig. 2.3	Les relations espaces – temps des différentes étapes de la randonnée	p.14
Fig. 3.1	La schématisation des trois histoires du paysage	p. 15
Fig. 3.2	La Combe-Grède vue depuis les crêts de Chasseral	p. 16
Fig. 3.3	Profil de marche de la randonnée	p. 17
Fig. 3.4	Les grands ensemble topomorphographiques du Jura	p. 18
Fig. 3.5	Anticlinal et synclinal	p. 19
Fig. 3.6	Les différentes formes de plis	p. 19
Fig. 3.7	Les formes du relief plissé	p. 20
Fig. 3.8	Les premiers affleurements de calcaires	p. 20
Fig. 3.9	La sédimentation des calcaires aujourd'hui	p. 21
Fig. 3.10	Le cycle du calcaire	p. 22
Fig. 3.11	Les différents milieux de sédimentation des roches carbonatées	p. 22
Fig. 3.12	Récif de corail	p. 23
Fig. 3.13	Le calcaire réagit à l'acide chlorhydrique	p. 23
Fig. 3.14	Couches de calcaires dans la Combe-Grède	p. 25
Fig. 3.15	Charnière du premier anticlinal	p. 27
Fig. 3.16	Structure interne de la Terre	p. 28
Fig. 3.17	Les plaques tectoniques du globe	p. 28
Fig. 3.18	Le plissement des Alpes et du Jura	p. 30
Fig. 3.19	Coupe géologique du Chasseral	p. 31
Fig. 3.20	Coupe géologique du Plateau de Diesse	p. 32
Fig. 3.21	Toboggans de marnes entre les calcaires massifs	p. 32
Fig. 3.22	Les quatre phases principales de l'érosion	p. 33
Fig. 3.23	Eboulis au pied des couches de calcaires	p. 34
Fig. 3.24	Le lit du torrent rempli d'éclats de calcaire	p. 36
Fig. 3.25	Troncs en « cor des Alpes »	p. 36
Fig. 3.26	Chaque barreau d'échelle équivaut à une avancée de 10'000 ans	p. 37
Fig. 3.27	Erosion différentielle	p. 37
Fig. 3.28	Localisation du Jura au Jurassique	p. 38
Fig. 3.29	Base de la Corne de l'Est	p. 39
Fig. 3.30	Pré-aux-Augés	p. 40
Fig. 3.31	Chevauchement de l'anticlinal Chasseral sur l'anticlinal Combe-Grède	p. 40
Fig. 3.32	Formation d'une combe anticlinale 1	p. 41
Fig. 3.33	Formation d'une combe anticlinale 2	p. 41
Fig. 3.34	Combe emboîtée au sommet du Petit Chasseral	p. 43
Fig. 3.35	Coupe géologique de l'anticlinal Chasseral	p. 43
Fig. 3.36	Sable oolithique d'Abu Dabi	p. 44

Fig. 3.37	Calcaire oolithique	p. 44
Fig. 3.38	Calcaires de la Dalle nacrée	p. 45
Fig. 3.39	Dalle nacrée du petit Chasseral	p. 45
Fig. 3.40	Couches d'argiles presque pures	p. 46
Fig. 3.41	De l'argile au calcaire	p. 46
Fig. 3.42	Lapiez à la surface d'un calcaire	p. 48
Fig. 3.43	Formation d'une doline	p. 49
Fig. 3.44	Alignement de dolines dans la combe anticlinale	p. 50
Fig. 3.45	Ammonites dans les marnes de l'Argovien	p. 52
Fig. 3.46	Coraux dans les calcaires du Séquanien	p. 52
Fig. 3.47	Foraminifères	p. 52
Fig. 3.48	Le Plateau suisse avec les lacs de Neuchâtel et de Morat	p. 53
Fig. 3.49	Coupe géologique du plateau de Diesse	p. 54
Fig. 3.50	Un glacier et ses dépôts	p. 54
Fig. 3.51	L'étendue des glaciers au Würm	p. 55
Fig. 3.52	Coupe géologique de la Suisse	p. 55
Fig. 3.53	Vue sur les « 3 Bernoises »	p. 57
Fig. 3.54	Vue sur les Alpes depuis le col du Chasseral	p. 57
Fig. 4.1	La Corne de l'Ouest	p. 60
Fig. 4.2	La zone de chevauchement	p. 60
Fig. 4.3	La cluse formée au cœur de l'anticlinal Combe-Grède	p. 61
Fig. 4.4	Couches verticales à l'Egasse	p. 62
Fig. 4.5	Combe anticlinale	p. 63
Fig. 4.6	Entroques	p. 64
Fig. 4.7	Crinoïdes dans les calcaires de la Cornette	p. 64
Fig. 4.8	Le Creux de Glace	p. 65
Fig. 4.9	Glacière statique, piège à froid	p. 65
Fig. 4.10	L'intérieur du Creux de Glace au mois d'avril	p. 66
Fig. 4.11	Traces de dinosaures dans les calcaires kimméridgiens à la Heutte	p. 67
Fig. 5.1	Traces de chamois sur le sentier de la Combe-Grède	p. 72
Fig. 5.2	Chamois sur l'Egasse	p. 72

LISTE DES ABRÉVIATIONS

CaCO ₃	Calcite
CJP	Centre Jurassien du Patrimoine
CO ₂	Gaz carbonique, ou dioxyde de carbone
H ₂ O	Eau
IFP	Inventaire Fédéral du Paysage
ISSKA	Institut Suisse de Spéléologie et de Karstologie
LPN	Loi pour la Protection de la Nature
MA	Millions d'années
OFEG	Office Fédéral des Eaux et de la Géologie
OFEV	Office Fédéral de l'Environnement
OParcs	Ordonnances sur les Parcs d'importance nationale
PNR	Parc Naturel Régional
PRC	Parc Régional Chasseral

C

Chapitre 1 : Introduction

Avec ses 1607 m et sa fameuse antenne rouge et blanche haute de 120 m, le Chasseral est repérable loin à la ronde. Situé dans le Jura bernois, sur la rive nord du lac de Bienna, il attire de nombreuses personnes charmées par la diversité de ses paysages et par le grand choix d'activités possibles. Que ce soit pour une heure ou une journée, pour un parcours VTT, une randonnée ou simplement pour admirer le panorama depuis la terrasse de l'Hôtel du Chasseral, chacun y trouve son compte. Le massif offre également de nombreuses activités hivernales, telles que ski de piste, ski de fond, randonnées à peaux de phoque ou en raquettes à neige.

Accessible en voiture, en bus, à vélo ou à pied, le Parc Régional Chasseral (PRC) attire plus de 400'000 personnes chaque année. Mais combien de ces visiteurs admirent ces paysages sans savoir ce qu'il y a dessous, sans être conscients des millions d'années qu'il a fallu pour arriver à ce résultat ? Considéré comme « Le roi des sommets jurassiens » par Beat App (2001), inscrit à l'Inventaire Fédéral du Paysage¹ (IFP) le Chasseral offre pourtant une grande diversité de paysages (forêts, pâturages, gorges, parois rocheuses, etc.) susceptibles d'attirer l'attention de toute personne intéressée par la nature. De plus, ces paysages en cachent d'autres, disparus depuis longtemps. Ce sont des fenêtres ouvertes sur le passé et les sciences de la Terre permettent d'en ouvrir les volets.

Depuis longtemps déjà, les habitants de la région sont conscients des richesses naturelles que recèle le massif du Chasseral. En mai 1932, la réserve naturelle de la Combe-Grède / Chasseral est créée, dans le but de protéger la faune et la flore sur une surface de 1'202 ha (Pauli 1982). Plus tard, ce sera au tour de la combe Biosse et la région des Pontins de devenir des réserves naturelles. Parallèlement à la protection de la nature, l'aspect paysager est également reconnu, puisque, en 1977, la région du Chasseral et la rive nord du lac de Bienna entrent dans l'IFP (OFEG 1979).

¹ Entré en vigueur en 1977, l'Inventaire fédéral des paysages, sites et monuments historiques d'importance nationale recense les paysages et les monuments naturels remarquables. Il compte aujourd'hui 162 objets qui couvrent environ 19% de la superficie de la Suisse (Reynard et Gentizon 2004). « L'inscription d'un objet dans l'IFP implique que cet objet mérite tout particulièrement d'être conservé intact, ou en tous cas, d'être ménagé dans la mesure du possible. L'IFP représente une directive contraignante pour les services fédéraux qui touchent aux paysages lors de l'accomplissement de leurs tâches. » (www.bafu.admin.ch)

Imaginé dès la fin des années 1990 et créé en 2001, le PRC a pour but de gérer le massif du Chasseral selon les principes du développement durable². Aujourd'hui, suite à la modification de la Loi pour la Protection de la Nature (LPN), le PRC effectue les démarches afin d'être reconnu comme Parc d'importance nationale³ (cf. chapitre 2). Pour cela, il doit mettre en évidence sa valeur paysagère et naturelle, et attester de la faisabilité du projet. D'ailleurs, « *préserver et valoriser le patrimoine naturel et paysager* » est un des quatre objectifs généraux définis en 2001 par le plan directeur⁴ du PRC. Parmi les mesures prévues pour atteindre cet objectif, on trouve, entre autres, la réalisation d'itinéraires didactiques appelés « parcours – découverte ». Thématiques ou interdisciplinaires, ces parcours sont conçus comme compléments à la randonnée et « *peuvent faire l'objet d'une valorisation touristique par la réalisation d'agréments didactiques et ludiques* » (Bassin et Fallot 2001)

Si les fiches de coordination⁵ mentionnent la possibilité de poser des panneaux indicatifs, le PRC ne souhaite pas, en revanche, mettre sur pied des sentiers didactiques complets qui, selon Fabien Vogelsperger, directeur du parc, ne sont pas adaptés à un public hétérogène. Par contre, il est envisageable de poser quelques panneaux à certains endroits afin de fournir des informations générales aux promeneurs. Les panneaux que l'on peut observer aujourd'hui à différents endroits stratégiques du massif sont plutôt destinés à rendre le public attentif à la fragilité de l'environnement et permettent de mentionner quelques règles de bonne conduite. Le PRC a décidé de privilégier les sorties accompagnées par un guide formé (accompagnateur de moyenne montagne ou guide interprète du patrimoine), car elles facilitent l'échange d'informations et permettent de s'adapter aux connaissances du public, en général assez faibles en ce qui concerne les sciences de la terre. Le PRC a donc, dès le début de son existence, mis sur pied des activités visant à sensibiliser le public aux problématiques environnementales. Ces activités ont principalement pris la forme de randonnées ou visites guidées, ainsi que de campagnes de nettoyage des dolines, organisées de concert avec l'Institut Suisse de Spéléologie et de Karstologie

² L'Office du développement territorial décrit le développement durable comme "*un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la possibilité, pour les générations à venir, de pouvoir répondre à leurs propres besoins*" (www.are.admin.ch)

³ Les parcs d'importance nationale sont définis par la LPN (art 23e) comme « *des territoires à forte valeur naturelle et paysagère* ».

⁴ « *Le plan directeur est un instrument de travail et sert de base de planification, de coordination et de décision aux autorités cantonales, régionales et communales* » (Bassin et Fallot 2001).

⁵ Les fiches de coordination présentent les différents projets en suspens et détaillent l'intérêt de ces projets et les démarches à faire (Bassin et Fallot 2001).

(ISSKA). Cependant, si on regarde la liste des sorties proposées au cours de l'année 2007 (cf. Annexe 1), on constate que les aspects GEO⁶ sont un peu oubliés dans les activités, au profit des animaux, des plantes, de l'agriculture ou de la culture au sens large du terme, ces thèmes étant généralement plus faciles d'approche. Pourtant, le Chasseral est un manuel de GEO à ciel ouvert. Même si de grandes portions du territoire sont recouvertes par la végétation, l'érosion a permis de mettre à nu d'importantes zones rocheuses, véritables fenêtres sur un passé très lointain, tant au niveau spatial que temporel.

Problématique et méthodologie

Alors que l'étude de faisabilité du PRC ne consacre qu'un petit paragraphe aux sciences de la Terre, je les ai mises au centre de mon étude. En effet, il me semble impossible de dissocier la notion de paysage des aspects GEO d'une région. Alors que la « valeur paysagère » est au centre des débats concernant la création des parcs d'importance nationale, les aspects GEO ont tendance à être laissés de côté. Or comment est-il possible de mettre en valeur un paysage sans parler de sa matière première (dans ce cas, le calcaire), de ce qui est à la base même de ses caractéristiques : la géologie et la géomorphologie ?

Afin de combler cette lacune, je vous propose d'ouvrir ensemble le manuel de GEO qu'est le Chasseral. Je vous emmènerai, au fil des pages, faire un grand voyage dans le temps et dans l'espace. Toutefois, parce que le paysage véhicule une quantité incroyable d'informations, parce qu'il emploie un autre langage et parce qu'il utilise une autre échelle de temps que la nôtre, il est nécessaire que le « lecteur » acquière une grammaire de base et se familiarise avec la syntaxe de cette nouvelle langue. Alors seulement, il pourra apprécier les subtilités de ce livre d'histoire de la Terre grandeur nature. Afin de poser les bases nécessaires à l'analyse et à la compréhension du paysage et de structurer notre périple, j'utiliserai la méthode de médiation scientifique développée par Kramar (2003). Cette méthode, qui sera présentée plus en détail dans le deuxième chapitre, consiste à rendre la notion de temps géologique plus abordable en la subdivisant en trois histoires : l'histoire des roches, celle du plissement et celle des formes. Bien distinctes, ces trois histoires sont

⁶ Tout au long du travail, le terme "GEO" sera utilisé pour parler à la fois de géologie, de géomorphologie et de géographie.

néanmoins étroitement liées, voire même, parfois, imbriquées les unes dans les autres.

Pour pouvoir vous proposer ce travail, j'ai passé, entre juillet et novembre 2007, une quinzaine de jours sur le terrain. Certaines sorties ont été effectuées seule, afin d'observer les formes du relief, de récolter des échantillons de roches, de mesurer des pendages, de prendre des photos, etc. D'autres fois, j'ai pu compter sur la compagnie de personnes ayant plus ou moins de connaissances en Sciences de la Terre. Ces sorties accompagnées ont été très utiles pour récolter des informations plus qualitatives : qu'est-ce qui saute aux yeux du promeneur ? Quelles questions pose-t-il ? Quelles sont les notions qui sont connues et où se situent les lacunes ? J'ai également distribué un questionnaire (cf. Annexe 2) à trois guides⁷ qui organisent des randonnées thématiques dans la région du Chasseral. Par ce questionnaire, je souhaitais principalement savoir quels aspects de la GEO les intéressaient, et comment ils définiraient le niveau de connaissance du public. Suite à cette première prise de contact, j'ai participé à deux randonnées guidées. La première, organisée par le PRC, s'intitulait "*Chasseral en voyageant dans le temps*" et la deuxième, organisée par l'Université Populaire de la Neuveville, s'intitulait "*Chasseral : le sorbet tropical*".

Si les participants des randonnées guidées et les personnes qui m'ont accompagnée sur le terrain à d'autres occasions ont tous mis en évidence la beauté des lieux, j'ai pu constater que peu d'entre eux posaient spontanément des questions au sujet de la genèse des paysages. Par contre, lorsque le guide évoquait l'histoire géologique de la région, l'intérêt était bien réel et les interrogations nombreuses et pertinentes.

Par ailleurs, les échanges que j'ai eus avec les guides m'ont confortée dans l'idée qu'un travail sur la GEO régionale serait très utile, non seulement pour toutes les personnes intéressées par le sujet, mais également pour les guides et les divers acteurs du PRC. En effet, il existe très peu de documentation spécifique au Chasseral. Bien entendu, la littérature sur le Jura dans son ensemble est abondante, mais, hormis le livre de Beat App (2001) et quelques publications régionales, il existe peu d'ouvrages exclusivement consacrés à cette montagne qui est pourtant le troisième plus haut sommet du Jura suisse après le Mont Tendre (1679m) et la Dôle (1677m) (Blant 2001). La documentation cartographique est, elle aussi, lacunaire. Ainsi, la carte géologique au 1:25'000 du Chasseral est en cours de réalisation et la seule

⁷ Jean-Jacques Amstutz (accompagnateur en moyenne montagne), Xavier Denys (accompagnateur en moyenne montagne), Alain Perret (guide interprète du patrimoine)

autre carte géologique disponible date de 1935. Mon étude permettra donc non seulement d'apporter des informations spécifiques sur la région du Chasseral, mais surtout de le faire de façon concrète et didactique. Mon objectif est aussi d'éveiller la curiosité du randonneur, de lui apprendre à observer les différents éléments qui composent le paysage et de lui permettre d'acquérir quelques connaissances de base en sciences de la Terre afin qu'il puisse comprendre ce qu'il voit.

Le territoire du PRC ayant une superficie trop importante pour être traitée dans son ensemble (~200km²), j'ai choisi de limiter mon étude à une plus petite portion de la région. En me fondant sur ma connaissance préalable des lieux, la Combe-Grède et la partie sommitale du Chasseral me sont apparues comme les sites les plus intéressants. La Combe-Grède est une profonde entaille dans le flanc nord du Chasseral, qui s'étire de Villeret au lieu-dit le Pré aux Auges (cf. Annexe 11, carte plastifiée). Son intérêt pour les sciences de la Terre vient du fait que l'érosion a rendu la structure géologique apparente pour qui ouvre l'œil. Quant à la région sommitale, elle a l'avantage de présenter de nombreux sites intéressants d'un point de vue GEO sur une superficie somme toute assez restreinte. Après mûre réflexion, il m'a semblé que la meilleure façon d'aborder les sciences de la Terre dans la région de Chasseral était de le faire sur le terrain. C'est également l'approche choisie par Marthaler (2004a et 2004b) pour présenter les régions de Zermatt et de la Pierreuse, ainsi que par Pralong (2004) qui emmène le randonneur « *découvrir la mer par la montagne* » dans la région du Pont de Nant. J'ai donc décidé de réaliser un itinéraire GEO le long de la Combe-Grède. Je présenterai également une variante de cet itinéraire qui parcourra la combe anticlinale située au sommet du Chasseral. Cette variante peut être effectuée soit à la suite de l'itinéraire principal, soit lors d'une autre excursion. Concrètement, l'observation de différentes formes et phénomènes tout au long du trajet conduira à leur description et à l'explication de leur genèse. Ce sont donc les observations du promeneur qui serviront de base à une explication géologique et non l'inverse. Logiquement, j'analyserai les formes dans l'ordre où elles apparaîtront, ce qui nous amènera à effectuer d'innombrables allers-retours entre ici et là-bas, entre hier et aujourd'hui.

Avant de vous proposer cette randonnée, je vais, dans le deuxième chapitre, décrire l'histoire du PRC, définir plus précisément la notion de paysage et expliquer la méthode des trois histoires du paysage. La randonnée de la Combe-Grède fera l'objet du troisième chapitre. Dans le quatrième chapitre, j'exposerai la variante de l'itinéraire, et je proposerai d'autres endroits dignes d'intérêts GEO dans le massif de

Chasseral, ainsi qu'une petite sélection de publications sur le sujet. Pour conclure, je reviendrai sur la méthode utilisée dans le cadre de ce mémoire en mettant en évidence ses avantages et ses inconvénients. Cette conclusion sera également l'occasion d'ouvrir le débat quant à l'interdisciplinarité du paysage.

C HAPITRE 2 : LE PARC RÉGIONAL CHASSERAL ET LA DIDACTIQUE DES SCIENCES DE LA TERRE

Ce chapitre est séparé en trois parties. La première partie présente brièvement le PRC, son histoire et ses enjeux. J'y explique également ce qu'est un parc d'importance nationale et ce que l'obtention du statut de parc naturel régional (PNR) apporterait à la région du Chasseral. La deuxième partie sera consacrée spécifiquement au paysage. Je tâcherai de répondre à des questions telles que « qu'est-ce que le paysage ? » et « comment peut-on lire un paysage ? ». Enfin, la méthode des trois histoires du paysage sera au centre de la troisième partie. Chaque histoire sera détaillée et placée dans le contexte particulier de l'histoire du Jura.

2.1) Le Parc Régional Chasseral (PRC)

L'idée d'un Parc Régional prend forme à la fin des années 1990. A cette époque, l'Usine Ciments Vigier SA à Péry (cf. Annexe 10) décide d'ouvrir une nouvelle carrière et doit donc trouver des mesures de compensation. En parallèle, il devient de plus en plus important de proposer une solution au problème du trafic routier. Avec la fermeture du télésiège Nods – Chasseral et l'augmentation du nombre d'automobiles qui fréquentent le massif, le besoin de gérer les flux touristiques se fait rapidement sentir. De ces deux constats naît la volonté de mettre sur pied un concept de développement intégré du massif.

Créé le 21 septembre 2001, le PRC est le premier parc de ce genre en Suisse. Il compte 250 membres et 26'000 habitants répartis dans 31 communes, 6 districts et 2 cantons (cf. Annexe 3). Le PRC a pour principal objectif de gérer le massif du Chasseral selon les principes du développement durable. Dans ce but, un plan directeur a été élaboré. Il s'articule autour de trois domaines : « *le développement touristique* », « *la nature et le paysage* », ainsi que « *les transports* ». Soutenu par les cantons de Berne et de Neuchâtel, le PRC se prépare aujourd'hui à déposer une demande afin d'être considéré comme un parc d'importance nationale et obtenir ainsi le statut de Parc Naturel Régional (PNR). L'obtention de cette reconnaissance fédérale apporterait un soutien financier non négligeable au parc. De plus, la création d'un label « Produits du Parc » permettrait une meilleure promotion des produits régionaux.

L'appellation PNR n'existe légalement que depuis 2007, date à laquelle un nouvel article (art. 23g) a été ajouté à la LPN.

Art. 23g Parc naturel régional

¹ *Un parc naturel régional est un vaste territoire à faible densité d'occupation qui se distingue par un riche patrimoine naturel et culturel et où constructions et installations s'intègrent dans le paysage rural et dans la physionomie des localités.*

² *Il a pour objet :*

- a. de conserver et de mettre en valeur la qualité de la nature et du paysage ;*
- b. de renforcer les activités économiques axées sur le développement durable, qui sont exercées sur son territoire et d'encourager la commercialisation des biens et des services qu'elles produisent.*

Le concept de parcs d'importance nationale est également détaillé dans l'Ordonnance sur les Parcs (OParcs 2007). "*Territoire rural relativement vaste, en partie habité et d'une grande richesse paysagère*"⁸ selon l'Office Fédéral de l'Environnement (OFEV), un PNR doit avoir une superficie d'au moins 100 km². son périmètre doit couvrir la totalité du territoire des communes membres, et doit, en outre, être situé hors agglomération, sinon il serait considéré comme un parc périurbain. Il n'existe, à ce jour, encore aucun PNR en Suisse. Les parcs régionaux désirant acquérir ce statut doivent déposer une demande de reconnaissance contenant un plan directeur détaillant les activités programmées pour les dix ans à venir, ainsi que la preuve de leur valeur paysagère et naturelle. En Suisse, une trentaine de projets de parcs régionaux (cf. Annexe 4) existent, mais, dans un premier temps, pour des raisons financières, seuls une dizaine d'entre eux obtiendront le statut de PNR. Cette reconnaissance sera valable pendant 10 ans et pourra être ensuite reconduite. Elle ne créera aucune contrainte légale supplémentaire. Contrairement à un parc national, un PNR doit permettre à la région de se développer selon les principes du développement durable. Le but n'est donc pas d'interdire toutes les activités économiques, mais de les promouvoir, tout en valorisant et en respectant son patrimoine naturel et culturel.

Pour obtenir le statut de PNR, un parc régional doit passer par plusieurs étapes (cf. annexe 5). Le PRC prépare actuellement une charte présentant les objectifs et les moyens qui seront mis en œuvre au cours des 10 prochaines années. Les acteurs du PRC ont défini trois objectifs principaux, autour desquels les activités du parc devront s'articuler (Brahier et al. 2007) :

⁸ www.bafu.admin.ch

1) Sauvegarder et valoriser la nature et le paysage*Sauvegarder les espèces et les milieux**Valoriser le patrimoine bâti**Maintenir et promouvoir le paysage**Renforcer les pratiques agricoles et sylvicoles respectueuses de l'environnement***2) Promouvoir des activités de services et des produits répondant aux critères du développement durable***Développer le tourisme durable**Améliorer et développer l'accueil**Renforcer et améliorer les transports publics et la mobilité douce**Canaliser les flux**Développer et promouvoir les produits, services et savoir-faire régionaux***3) Développer l'information, l'éducation à l'environnement, les partenariats et la recherche***Soutenir et développer des projets avec la jeunesse dans le domaine de l'environnement et de la promotion de la région**Promouvoir l'information et sensibiliser à l'environnement**Promouvoir les énergies renouvelables**Promouvoir les matériaux de construction respectueux de l'environnement**Devenir un pôle d'expérimentation et d'innovation**Soutenir la vie associative locale*

Si l'obtention du statut de PNR n'engendre aucune contrainte supplémentaire, celles qui s'appliquent aujourd'hui resteront toutefois en vigueur. C'est notamment le cas des directives régissant les réserves naturelles. Ces réserves, dont les plus anciennes datent de la fin du 19^{ème} siècle, ne sont régies par aucune législation fédérale (Gentizon, 2004). On recense aujourd'hui, en Suisse, plus de 6000 réserves naturelles qui, bien qu'ayant différents statuts, ont toutes pour vocation de protéger un territoire, souvent restreint, comportant des richesses naturelles (faune, flore, milieux) vulnérables. On en compte trois sur le territoire du PRC : la réserve naturelle de la Combe Biosse, ainsi que de celle des Pontins et de celle la Combe-Grède/Chasseral. Cette dernière est gérée par le « Parc Jurassien de la Combe-Grède », une association chargée, par mandat légal, de gérer et d'entretenir la réserve naturelle du même nom.

2.2) Paysage et lecture du paysage

Dans la LPN, un parc régional doit posséder une grande valeur paysagère pour obtenir le statut de PNR. Le but de mon étude est, en outre, de permettre au visiteur du PRC de lire le paysage et de comprendre ce qu'il y voit.

Mais qu'est-ce qu'un paysage ? Et qu'entend-on par « lecture du paysage » ?

Selon le Petit Robert, un paysage est « *une partie d'un pays que la nature présente à un observateur* ». De cette définition, nous pouvons dégager deux caractéristiques

principales. Le paysage est, d'une part, intimement lié à un aspect naturel et il ne peut, d'autre part, exister qu'au travers du regard d'un observateur. Selon qu'il est observé par une personne ou une autre, le paysage sera différent. Il s'agira donc non pas de proposer une analyse toute faite de ce qui est vu, mais de fournir au lecteur un moyen de comprendre et d'interpréter ce qu'il voit, tout en tenant compte de ses perceptions, de ses valeurs et de sa culture. La définition de Grandgirard (1997) reflète bien l'importance que revêt la présence d'un observateur.

« Le paysage consiste en une portion d'espace située à l'interface nature - société. La disposition spatiale des composants de cet espace fournit une infinité d'images potentiellement offertes à la vue. Parmi ces dernières, seules celles qui sont perçues par un observateur sont considérées comme des paysages effectifs. Ceux-ci n'existent que dans un intervalle d'échelles donné, délimité par les spécificités de la vision humaine. Conçus comme médiateurs entre les hommes et leurs milieux de vie, les paysages représentent un facteur d'identité primordial. Cette propriété, associée au fait qu'ils évoluent et qu'ils jouent un rôle d'archive (palimpseste), est à l'origine de la valeur des paysages en tant que patrimoine naturel et culturel. »

Mais soyons réalistes ! Un paysage véhicule tellement d'informations qu'il serait quasiment impossible de toutes les interpréter en tenant compte à la fois de leur singularité et de leur interdépendance (Réseau franco-suisse d'éducation à l'environnement 2000). C'est pourquoi nous nous pencherons plus particulièrement sur la notion de « paysage géomorphologique », définie par Reynard (2004) comme étant « *une portion du relief terrestre, vue, perçue (et parfois exploitée) par l'Homme. C'est la perception du relief par l'Homme qui le transforme en paysage géomorphologique, qui est lui-même une des composantes d'un paysage* ».

2.3) Les trois histoires du paysage dans le Jura

On l'aura compris, la lecture du paysage n'est pas forcément chose aisée. Il est donc nécessaire de pouvoir disposer d'outil précis pour, d'une part, comprendre soi-même ce qu'on observe, et d'autre part, l'expliquer à d'autres personnes. Dans ce but, le concept de « cycle orogénique comme outil didactique » a été développé par Kramar (2003). Le but premier de ce concept est de présenter un modèle qui met en avant les trois processus fondamentaux (sédimentation, collision, érosion) à la base de tout paysage. Ce concept a ensuite été repris par Pralong (2003), dans sa méthode "des

trois histoires du paysage", qui permet une approche didactique de la lecture du paysage. Elle apporte ainsi une aide précieuse au médiateur qui souhaite expliquer, de façon structurée, les différentes étapes à l'origine du paysage qu'il a sous les yeux. Cette méthode met également en évidence le lien très étroit qu'il y a entre géologie et géomorphologie. Il s'agit donc d'une méthode ayant pour but de valoriser l'interdisciplinarité des sciences de la Terre.

Avant de passer à la mise en pratique sur le terrain, une présentation des trois histoires appliquées à la région jurassienne s'impose. Si cette méthode est ici appliquée uniquement à l'exemple du Jura, il ne faut pas oublier qu'elle peut s'appliquer à tout type de paysage.

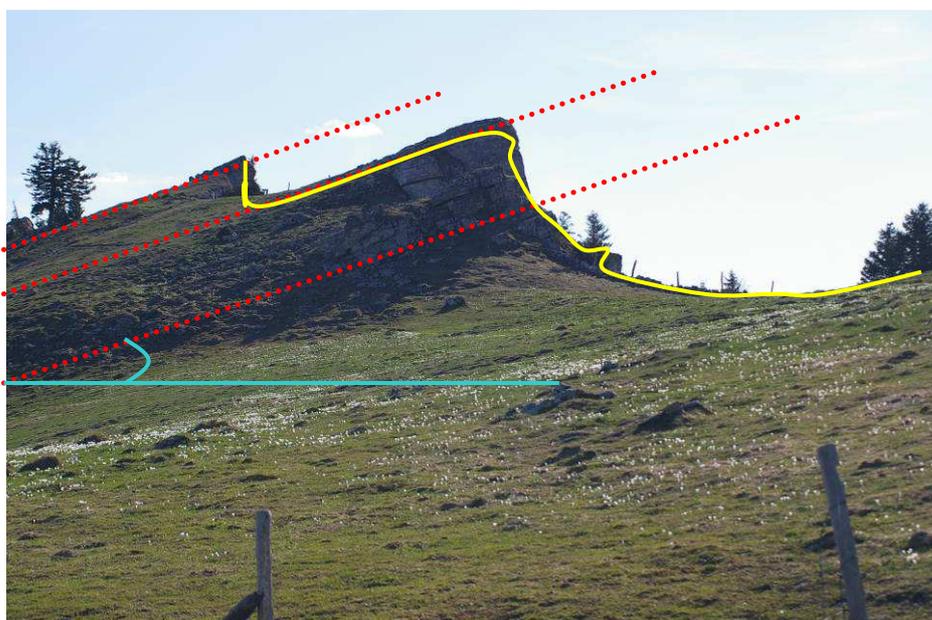


Fig. 2.1 – Interprétation d'une photo grâce aux trois histoires du paysage (Photo : P. von Ballmoos)

De 230 à 65 millions d'années (MA) : l'histoire des roches

C'est durant cette première histoire que, en bordure d'une mer tropicale, les calcaires et les marnes formant les plis du Jura se sont déposés. Cette histoire fait notamment appel à des notions de sédimentologie, science qui étudie la façon dont se sont formées les roches. Sur la figure 2.1, la première histoire permet d'expliquer pourquoi les roches sont disposées en couches (ligne pointillée rouge). Déposées horizontalement, ces couches ont ensuite été soulevées et plissées par l'histoire 2.

D'environ 65 à 3 MA : l'histoire des mouvements et des plis

La deuxième histoire est celle des mouvements, du plissement et des déformations tectoniques qui ont contribué à la création du relief actuel. Le plissement du Jura étant un effet secondaire de celui des Alpes, j'ai décidé de placer l'origine de cette histoire

au début de l'orogénèse⁹ alpine. En effet, il serait absurde de parler de la formation des reliefs du Jura sans remonter à sa cause principale. Dans cette histoire, c'est la tectonique des plaques qui permet d'expliquer l'origine du plissement jurassien. Mais il ne faut pas oublier que, avant le plissement, la dérive de la plaque européenne a engendré le soulèvement des couches de calcaires du Jura. Le plissement est donc une conséquence tardive des mouvements des plaques. Dans la figure 2.1, l'angle entre les couches et l'horizontale (ligne bleue claire) est dû au plissement du Jura et donc à la deuxième histoire.

D'environ 3 MA à aujourd'hui : l'histoire des formes

Pour finir, la troisième histoire nous montre l'origine des formes observables actuellement dans le paysage. Dès que le domaine de l'actuel Jura a été émergé, il a été attaqué et donc marqué par l'érosion. La variété des agents d'érosion (eau, vent, glace, neige, Homme, etc.) permet d'expliquer la variété des formes visibles sur le terrain (affleurements rocheux, dolines, cluses, etc.). Si, dans les deux histoires précédentes, il fallait faire appel à des sciences géologiques pour comprendre les différents phénomènes, dans cette histoire, c'est au tour de la géographie de prendre le relais. Ainsi c'est la géomorphologie qui nous permettra d'appréhender les différents processus ayant conduit à la diversification des formes sur le terrain. Après le dépôt des couches sédimentaires et le plissement du Jura, c'est la troisième histoire qui permet d'expliquer, dans la figure 2.1, pourquoi les roches affleurent à cet endroit et pourquoi elles forment des crêts (ligne jaune).

Que se passe-t-il à la limite entre deux histoires ? La phase de mouvements et de plissement a-t-elle commencé directement à la fin de la sédimentation ? Et cette dernière s'est-elle arrêtée brusquement ? Non, bien au contraire. Les mouvements des plaques qui seront, plus tard à l'origine des reliefs de la Suisse ont été engendrés bien avant, de la même façon que, dans une course de relais, le deuxième athlète commence à courir avant le passage du témoin. La période entre les deux premières histoires a été riche en événements importants puisque c'est notamment à cette époque qu'a eu lieu l'extinction massive qui a conduit à la disparition des dinosaures et de bien d'autres espèces comme les ammonites. On ne retrouve pourtant (presque) pas de trace de ces événements dans les paysages jurassiens. En effet, à cette époque, le Jura s'est retrouvé émergé et a donc été soumis à une intense érosion, ce qui explique qu'on ne retrouve plus de roches du Crétacé supérieur dans la région de

⁹Orogénèse : « ensemble des processus de formation des chaînes de montagne. » (Larousse 1999)

Chasseral. On pourrait ainsi dire que cette période est un prélude à la troisième histoire !

La succession des trois histoires n'est donc pas aussi simple qu'il n'y paraît de prime abord. À plusieurs reprises, la première histoire a fait un 'come-back' lors de la deuxième histoire (pendant l'orogénèse alpine, mais avant le plissement du Jura). Ce grand retour a d'ailleurs été marquant, puisqu'il est à l'origine de la Molasse, roche recouvrant l'ensemble du plateau suisse. Ainsi, les trois histoires peuvent intervenir dans un ordre différent, se confondre, mais également être simultanées comme c'est souvent le cas avec la deuxième et la troisième histoire, car, durant le plissement, les roches sont émergées et subissent donc également une érosion.

La figure 2.2, créée par l'ISSKA, permet de bien illustrer ces différentes histoires. Le premier bloc diagramme de cette figure, intitulé "Sédimentation des calcaires au fond des mers" correspond à la première histoire. Les deux diagrammes suivants, "Émergence des calcaires" et "Plissement et fracturation", correspondent à la deuxième histoire, et le dernier schéma, "Érosion", à la troisième histoire. Pourtant, les âges cités ne correspondent pas à ceux que j'ai cités ci-dessus. La datation des différents événements géologiques est souvent incertaine, et c'est la raison pour laquelle les âges des phénomènes diffèrent d'un ouvrage à l'autre. Considérons par exemple le plissement jurassien (cf. chap. 3, étape 3). Les Molasses les plus jeunes (~10 MA) sont plissées, ce qui indique donc que le plissement du Jura doit s'être produit après leur dépôt. Par contre, il n'est pas possible, à l'heure actuelle, de savoir s'il a eu lieu directement après ou seulement quelques millions d'années plus tard. Mais c'est surtout la limite entre la sédimentation des calcaires et leur émergence, située à 100 MA sur la figure 2.2, qui ne coïncide pas avec celle que j'ai définie à la page précédente. Sur cette figure, elle est fixée à 100 MA, or le Crétacé supérieur a également été occupé par une mer dans laquelle des calcaires se formaient. Certes, la plupart des roches du Crétacé supérieur ont été érodées, mais elles affleurent encore

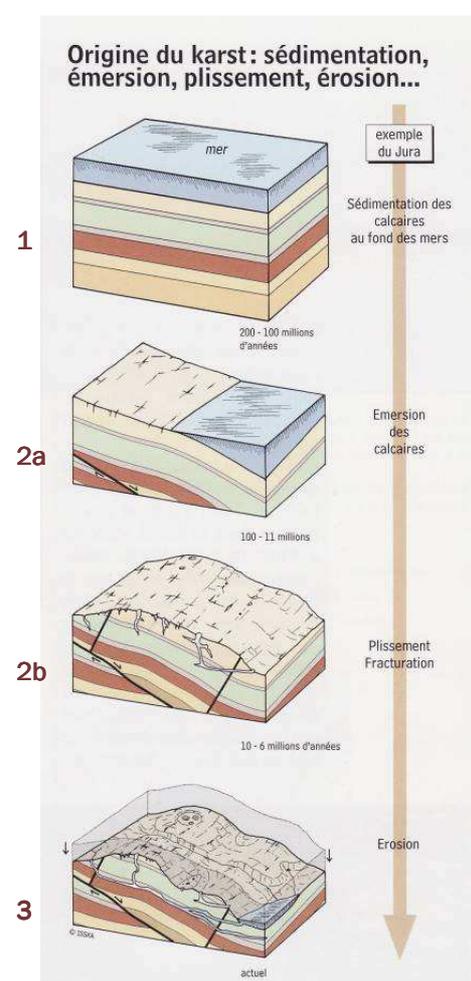


Fig. 2.2 – la formation du Jura (©ISSKA)

à quelques endroits, comme à Cressier près de Neuchâtel (Centre Jurassien du Patrimoine (CJP) 2007).

La randonnée que je vous propose ne suit pas une chronologie linéaire et les différentes étapes nous mèneront sans transition apparente d'une histoire à l'autre. C'est cet incessant va et vient qu'illustre la figure 2.3.

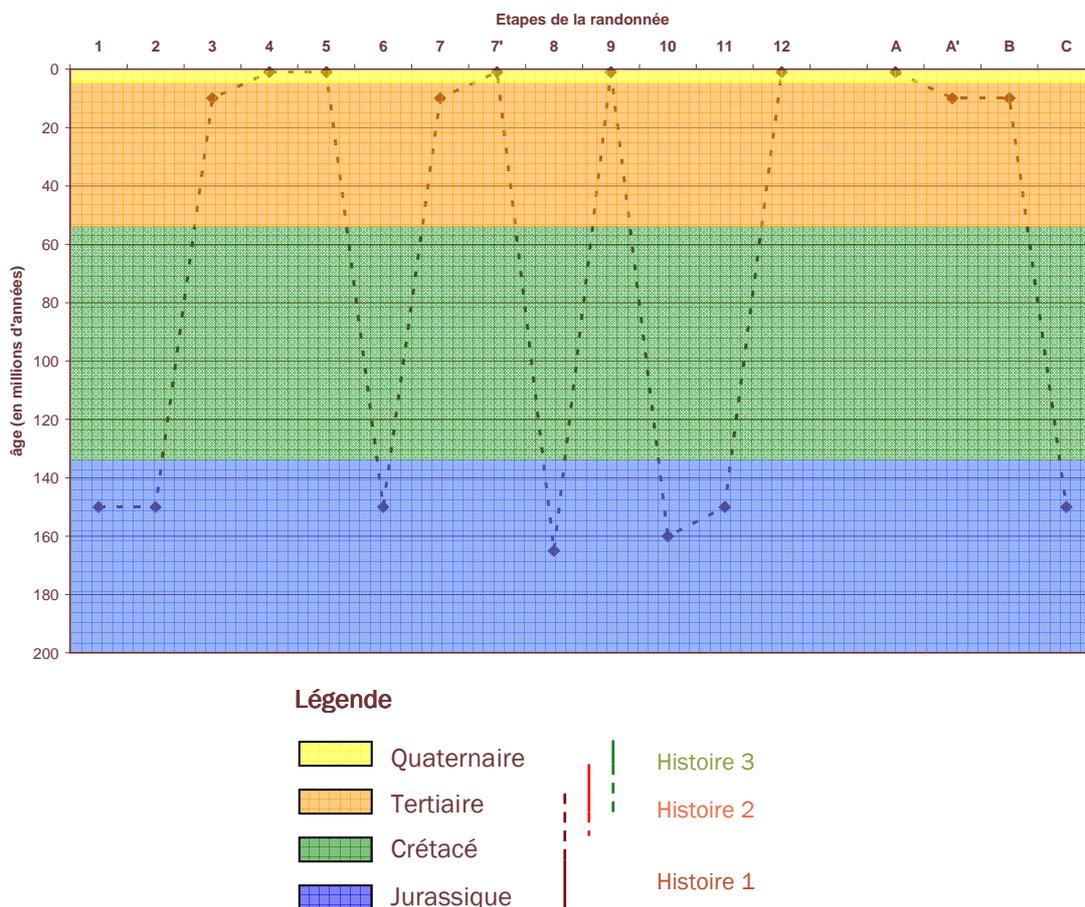


Fig. 2.3 - Les relations espaces - temps des différentes étapes de la randonnée

On constate qu'aucune étape ne montre un événement qui s'est déroulé au Crétacé. L'explication est relativement simple. Les calcaires déposés à cette période formaient les couches les plus externes de la pile de roche déposée tout au long de la première histoire. Ce sont donc les premières à avoir été érodées lorsque, au tout début de la deuxième histoire, mais bien avant le début du plissement, la région du Jura s'est retrouvée émergée. Il reste quelques roches du Crétacé, notamment au cœur des synclinaux où elles ont été protégées de l'érosion. Nous n'en croiserons cependant pas au cours de la randonnée que je vais vous présenter.

C HAPITRE 3 : LA RANDDONNÉE DE LA COMBE GRÈDE

3.1) Introduction

La randonnée que je propose vous permettra d'observer le cœur du Chasseral. Tout au long du chemin, vous pourrez admirer l'ossature de la montagne, rendue visible grâce au lent travail de l'érosion. L'aspect GEO de la région a même été mis en musique dans le « *Chant du parc jurassien* », composé par le Dr. Krähenbühl (cf. Annexe 6). Cette randonnée sera rythmée par douze étapes qui ont particulièrement retenu mon attention lors de mes sorties sur le terrain (cf. Annexe 11). Chacune de ces étapes sera l'occasion d'observer le paysage et de se poser quelques questions sur les événements qui sont à l'origine des formes que nous voyons. Les étapes sont décrites dans l'ordre dans lequel elles apparaissent le du chemin, mais leur localisation est volontairement imprécise. Dans la plupart des cas, cela ne joue aucun rôle si vous vous trouvez 50 mètres plus haut ou plus bas. En effet, les formes que nous allons observer sont de grande taille et sont donc visibles sur une grande surface.

Comme nous l'avons vu au chapitre précédant (cf. fig. 2.3), cette randonnée nous fera faire de grands sauts dans le temps et dans l'espace. Afin de mieux nous situer temporellement, j'ai placé un des trois schémas de la figure 3.1 en marge de chaque étape.

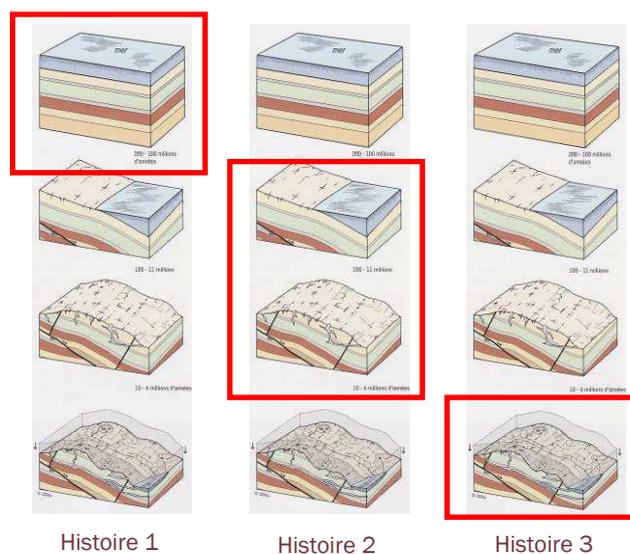


Fig. 3.1 – La schématisation des trois histoires du paysage (modifié d'après ©ISSKA)

A la fin du travail, vous trouverez un glossaire, qui reprend les différents termes GEO définis tout au long de la randonnée. N'hésitez donc pas à le consulter lorsque vous rencontrez un terme dont vous avez oublié la signification.

3.2) Brève histoire de la Combe-Grède

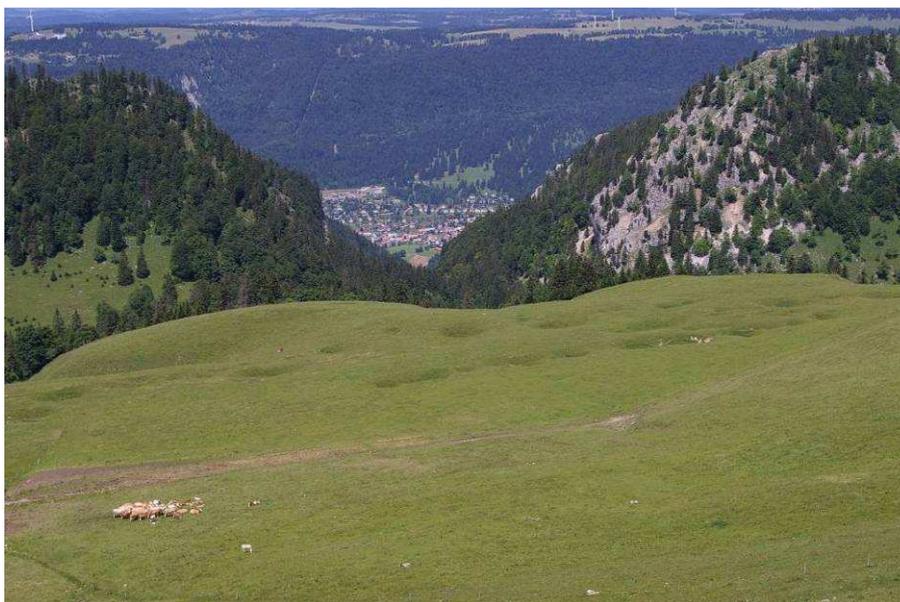


Fig. 3.2 – La Combe-Grède vue depuis les crêts de Chasseral (Photo : P. von Ballmoos)

La Combe-Grède qui, comme je l'expliquerai plus tard, n'est pas une combe, tire probablement son nom de la famille « Grether », propriétaire du terrain au Moyen-âge (Pauli 1982). Les belles forêts qui couvrent aujourd'hui les flancs de cette entaille n'ont pas toujours existé. Au 19^{ème} siècle, la combe est mise en coupe rase par ses propriétaires, afin de fournir le charbon de bois nécessaire au bon fonctionnement des entreprises du vallon de St-Imier.

Né d'une initiative privée, le sentier que nous allons parcourir, fut construit en 1904 avec l'aide du Club Alpin Suisse de St-Imier. Son entretien est assuré par la société du « Sentier de Chasseral par la Combe-Grède » et grâce à la collecte effectuée à la sortie de la Combe, juste avant l'arrivée au Pré aux Auges. La création de ce sentier augmenta le nombre de personnes venant cueillir des fleurs dans les pâturages du Chasseral. Pour remédier à ce problème, des projets de réserves virent le jour dès 1905. Mais ce n'est qu'en 1932, suite à la création du « Parc Jurassien de la Combe-Grède » que le Conseil exécutif du canton de Berne décida d'en faire une Réserve naturelle de la faune et de la flore.

3.3) Informations pratiques

Accessibilité

La randonnée part du village de Villeret et se termine au sommet du Chasseral. Comme il ne s'agit pas d'une randonnée en boucle et que la politique environnementale du PRC prône un tourisme durable, je conseille aux randonneurs d'utiliser les transports publics. Villeret est accessible en train depuis Bienne ou depuis la Chaux-de-Fonds. En ce qui concerne le retour, des bus assurent la liaison entre l'Hôtel Chasseral et Saint-Imier tous les jours. Des cars postaux circulent également entre l'Hôtel et la Neuveville (via Nods) les samedis et les dimanches. Pour les randonneurs qui souhaiteraient quand même utiliser leur voiture, une place de parc est à disposition au départ du sentier de la Combe-Grède (cf. annexe 11).

Difficulté et durée

La Combe-Grède est réservée aux bons marcheurs, car le sentier qui mène au Chasseral présente un dénivelé d'un peu moins de 800m sur environ 6km (cf. fig. 3.3). Il faut donc compter 2h45 de marche, sans les pauses. Il faut également prévoir de bonnes chaussures, car le chemin n'est pas toujours en bon état. De plus, il y a plusieurs échelles à franchir et le chemin peut être très glissant lorsqu'il est mouillé.

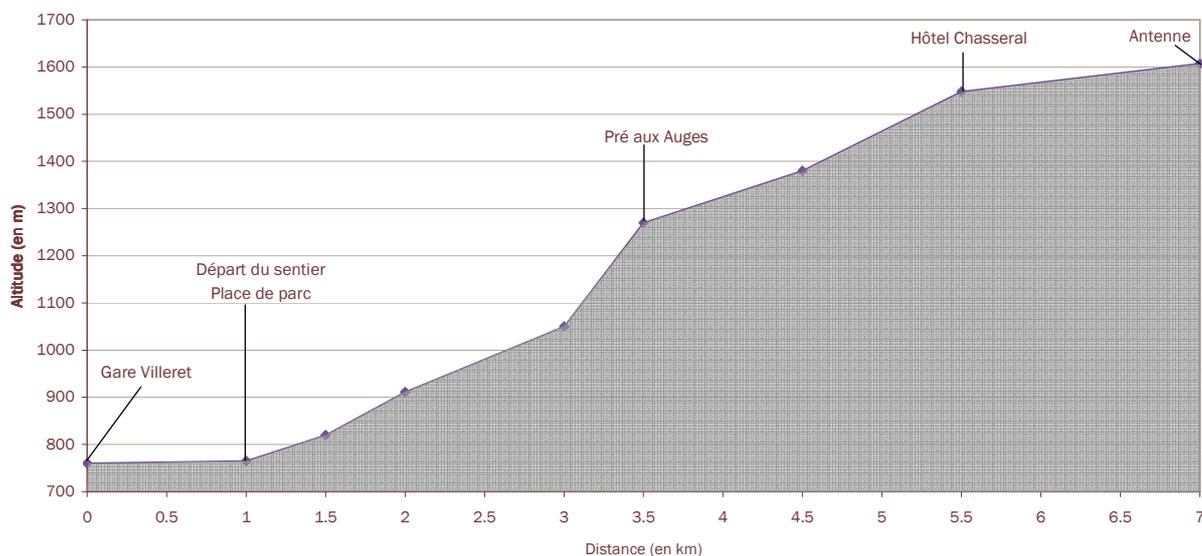


Fig. 3.3 – Profil de marche de la randonnée

3.4) La randonnée

Départ : Gare de Villeret

C'est depuis la gare de Villeret que le randonneur a la meilleure vue sur l'entaille de la Combe-Grède. Si on ne peut pas voir l'antenne depuis là, on distingue, en revanche, la crête du Chasseral, but de cette randonnée. Depuis la gare, le chemin menant au début de la Combe-Grède est fléché. Peu après avoir quitté la gare, vous passerez par-dessus la Suze, une des seules rivières qui draine la région. Après environ 10 minutes de marche, vous arriverez à une grande place, d'où part le sentier que vous allez emprunter.

Thème : relief plissé

Comme son nom l'indique, un relief plissé est constitué d'une suite de plis, c'est-à-dire d'ondulations des couches géologiques. Le Jura est un exemple typique de ce genre de relief, puisqu'il présente une succession de plis orientés NE-SW. La chaîne du Jura s'étire sur environ 300km, des Alpes (près de Chambéry) à la région de Zurich (Labhart et Decrouez 1997). Elle est souvent divisée en deux parties (cf. fig. 3.4) :

I) La Haute-Chaîne : Située dans la partie interne du Jura, c'est-à-dire du côté Suisse, la Haute-Chaîne est caractérisée par de grands plis, longs de 5 à 30km. On y trouve les plus hauts sommets de la région dont la Dôle, le Mont-Tendre, le Suchet, le Chasseron et, bien entendu, le Chasseral.

II) Le Jura des plateaux : Situé principalement en France et formant la partie externe de l'arc jurassien, le Jura des plateaux est marqué par des plis plus larges et moins élevés que dans la Haute-Chaîne.

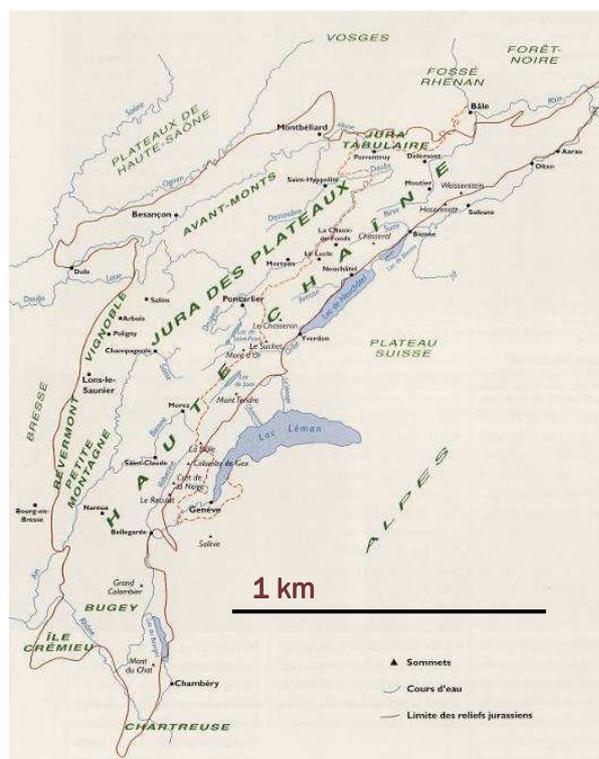


Fig. 3.4 – Les grands ensembles topomorphologique du Jura (Blant 2001)

Tous les plis n'ont pas la même forme. Pour commencer, il faut distinguer les anticlinaux des synclinaux (cf. fig. 3.5). Un anticlinal est un pli de forme convexe « dont l'intérieur est occupé par les couches de roches les plus anciennes » (Bissig 2006). A l'inverse, un synclinal est un pli de forme concave « dont l'intérieur est occupé par les couches de roches les plus récentes » (Bissig 2006). Dans le Jura, un anticlinal correspond souvent à une montagne, tandis qu'un synclinal correspond à une vallée. Au cours de cette randonnée, le sentier coupera trois anticlinaux (cf. étape 3). La structure du Chasseral est donc plus compliquée qu'il n'y paraît de prime abord.

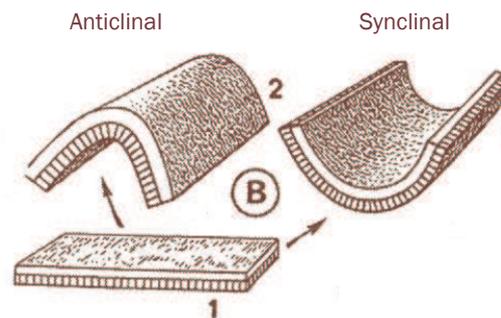


Fig. 3.5 - Anticlinal et synclinal (d'après Foucault et Raoult 2001)

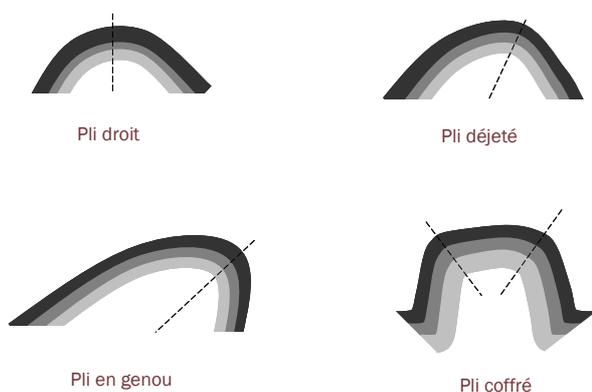


Fig. 3.6 - Les différentes formes de plis

Comme les plis ne sont pas toujours symétriques, ils sont caractérisés par leur forme. Ainsi les plis à la base de la structure du Chasseral sont des plis en genou ou des plis coffrés (cf. fig. 3.6).

La Combe-Grède n'est en fait pas une combe, mais une cluse, forme typique d'un relief plissé (cf. fig. 3.7). Elle est le résultat de l'érosion d'un cours d'eau. Lorsqu'un cours d'eau creuse une entaille dans le flanc d'un anticlinal, il forme un ruz. Par contre, s'il entaille l'anticlinal de part en part, il s'agit d'une cluse. Sans connaître la structure géologique du Chasseral, on pourrait donc imaginer que la Combe-Grède est un ruz, mais ce n'est pas le cas. C'est en fait une cluse car, comme je l'expliquerai à la troisième étape, elle traverse un anticlinal.

Mais alors, qu'est-ce qu'une combe ? La réponse à cette question viendra plus tard, lors de la septième étape !

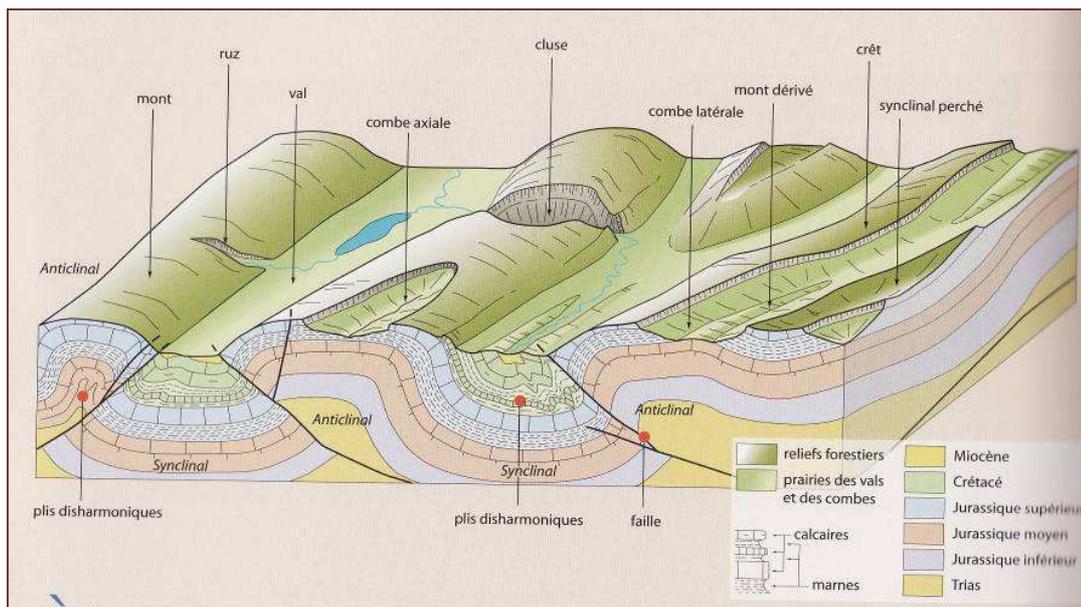


Fig. 3.7 – Les formes du relief plissé (Centre Jurassien du Patrimoine 2007)

Autres étapes ayant un lien avec ce thème

Etape 3 : Le plissement du Jura

Etape 7 : La combe anticlinale



Etape 1 : Premiers affleurements de roches, sur la droite du chemin

Thème : Le calcaire

Peu après être entré dans la forêt de hêtres, les premiers affleurements¹⁰ de roches apparaissent. Une roche est un assemblage de différents minéraux, tout comme un gâteau est un assemblage de différents ingrédients. Les roches présentes à cet endroit sont des calcaires, comme la plupart des roches rencontrées tout au long du chemin. Faisant partie des roches carbonatées, les calcaires sont composés, dans une proportion d’au moins 2/3, d’un minéral appelé calcite ou carbonate de calcium (CaCO₃). Si, dans le Jura,



Fig. 3.8 – Les premiers affleurements de calcaires (photo : J. von Ballmoos)

¹⁰ Affleurement : portion de roche qui est à l’air libre et non recouverte par d’autres matériaux.

ces roches sont prédominantes, à l'échelle du globe, elles ne représentent que ~10% de la croûte terrestre.

Où se forme le calcaire ? Dans une mer ou un océan, à de faibles latitudes, car c'est là que l'on trouve les éléments et les conditions nécessaires à la fabrication de la calcite, ingrédient principal de cette roche (Salomon 2006). La figure 3.9 montre dans quelles régions les roches carbonatées se déposent actuellement. On peut constater que l'emplacement du Jura est très éloigné de ces régions tropicales et pourtant on y trouve d'importants bancs de calcaires. Comment ont-ils donc pu se former ? En fait, au Jurassique, le bassin de sédimentation des roches carbonatées du Jura était situé dans la zone tropicale (cf. étape 6) et c'est par l'action de la dérive des continents qu'il se trouve aujourd'hui à une plus haute latitude.

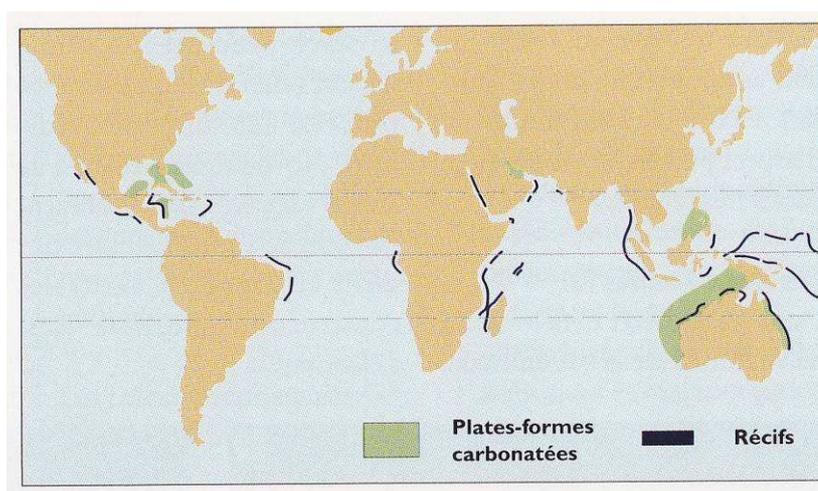


Fig. 3.9 – La sédimentation des calcaires aujourd'hui (Blant 2001)

Comment se forme-t-il ? Le calcaire est une roche dite organogène, c'est-à-dire qu'il doit sa création à la présence directe ou indirecte d'organismes vivants. En effet, la formation de cette roche résulte de processus biochimiques : chimiques d'une part, car il faut mettre ensemble deux éléments présents dans l'eau, le calcium (Ca) et le gaz carbonique (CO₂) et biologiques d'autre part, car c'est principalement grâce à des organismes vivants que cette réaction est possible. Trois processus régissent la formation du calcaire (Daumas et Laudet 1992) :

- 1) **la fixation** de la calcite par des organismes vivants (coraux, coquillages, plancton, etc.),
- 2) **l'accumulation** de ces organismes morts,
- 3) **la précipitation** directe de la calcite dans certaines conditions bien précises.

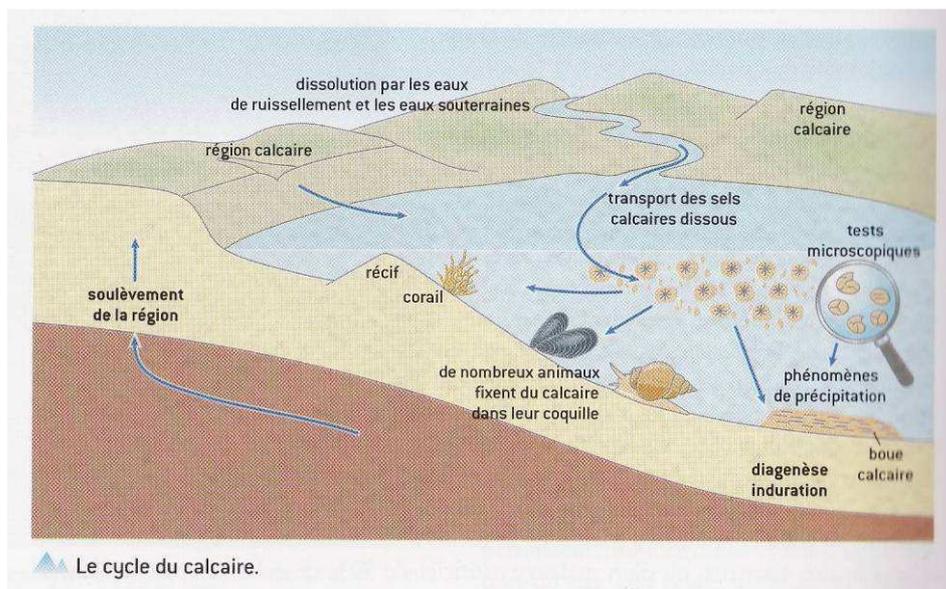


Fig. 3.10 – Le cycle du calcaire (Michel 2005)

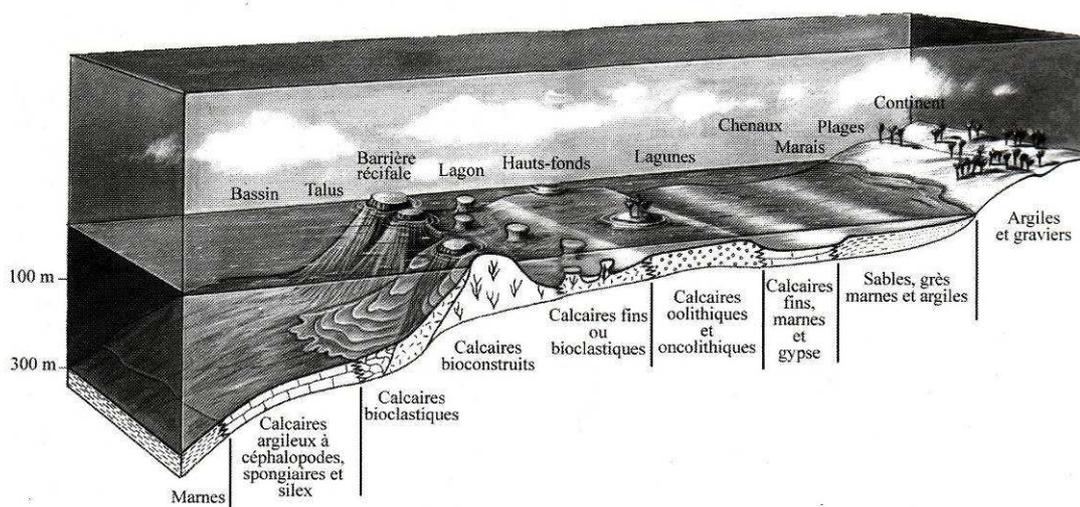


Fig. 3.11 – Les différents milieux de sédimentation des roches carbonatées (Salomon 2006)

La figure 3.10 illustre le cycle du calcaire et les principaux milieux dans lesquels il se dépose. Il est difficile de décrire l'aspect général du calcaire, car il peut présenter différentes textures et couleurs. Ces variations sont dues, d'une part à la nature et à la quantité des éléments autres que la calcite, à la taille et à la forme des grains, à la présence ou non de fossiles, etc. (Bissig 2006), et d'autre part, à son environnement de dépôt, c'est-à-dire à l'endroit où il est formé. Le type de calcaire varie donc avec la profondeur de l'eau, sa température, l'agitation des vagues etc. La figure 3.11 illustre bien les différents environnements de dépôts et les roches qui y sont associées. Dans un milieu peu profond, soumis au va-et-vient des vagues, les coquilles des bivalves sont brisées et il en résulte des lumachelles, calcaires majoritairement constitués de

débris de coquillages. Ce milieu est également propice à la formation d'oolithes (cf. étape 8). Un récif (cf. fig. 3.12), quant à lui, est à l'origine de calcaires coralliens, mais on y trouve également des fossiles d'autres organismes vivants, tels que des coquillages, des éponges, des oursins, etc. Toutefois, le calcaire peut également se former en plus grande profondeur. Dans ce cas, ce sont des boues carbonatées, constituées d'une accumulation d'unicellulaires microscopiques à coquille calcaire (plancton), qui se déposent et génèrent des calcaires fins.



Fig. 3.12 – Récif de corail

(Photo : www.animals.nationalgeographic.com/animals/printable/coral.html)

Les différents environnements de dépôt expliquent donc l'hétérogénéité de la texture des calcaires. En ce qui concerne la variation de composition, elle dépend de l'apport d'autres minéraux. Ces apports, dits terrigènes, peuvent être expliqués par la présence de terres émergées relativement proches, d'où proviennent des sédiments (graviers, sables, argiles, etc.) issus de l'érosion.

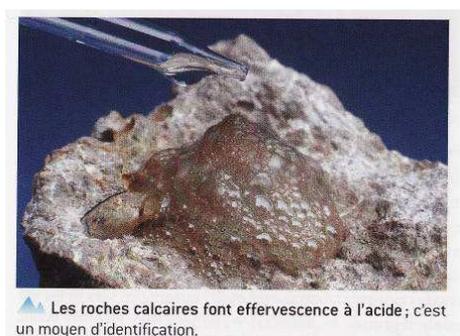


Fig. 3.13– Le calcaire réagit à l'acide chlorhydrique (Michel 2005)

Pourtant, malgré ces différences, le calcaire est une roche facile à identifier pour autant qu'on ait avec soi un petit flacon d'acide chlorhydrique (HCl) dilué à 10%. Il suffit alors d'en verser une goutte sur la roche. Si une réaction effervescente se produit (cf. fig. 3.13), cela indique la présence de carbonate de calcium. S'il n'y a aucune réaction, ce n'est donc pas du carbonate de calcium.

Autres étapes ayant un lien avec ce thème :

- Etape 2 : Les roches sédimentaires
- Etape 6 : La lithostratigraphie et les temps géologiques
- Etape 9 : L'argile et les marnes
- Etape 10 : L'érosion karstique et les dolines

Pour en savoir plus sur le calcaire

Afin de comprendre pourquoi le calcaire se forme dans ces conditions particulières, il est nécessaire de faire un peu de chimie. L'océan est constitué d'une multitude d'éléments chimiques dont trois sont nécessaires à la production du calcaire :

Le carbonate de calcium (CaCO_3) : il est composé de carbone, d'oxygène et de calcium qui provient de l'altération des roches émergées et qui arrive dans l'océan grâce au cycle de l'eau.

Le gaz carbonique (CO_2) : l'océan absorbe une partie du CO_2 contenu dans l'atmosphère.

L'eau (H_2O).

Lorsque ces trois molécules entrent en contact dans l'eau, on obtient, selon l'équation ci-dessous, du $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, c'est-à-dire de l'hydrogénocarbonate de calcium, plus couramment appelé bicarbonate de calcium. Le $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, contrairement à la calcite, est soluble dans l'eau.



En variant l'équilibre de cette réaction, on peut faire pencher la balance d'un côté ou de l'autre. Ainsi en diminuant la quantité de gaz carbonique dans l'eau, le carbonate de calcium ne pourra plus se transformer en bicarbonate de calcium, et, de ce fait, pourra donc précipiter ou être utilisé par les organismes. Il y a plusieurs façons de faire baisser la teneur en CO_2 dans l'eau :

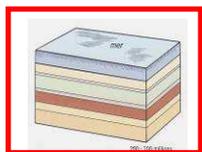
- 1) **Grâce à la photosynthèse** : la photosynthèse est le phénomène inverse de la respiration. Alors que les animaux consomment de l'oxygène et rejettent du CO_2 pour vivre, les végétaux consomment du CO_2 et rejettent de l'oxygène selon l'équation suivante



- 2) **En chauffant l'eau**: lorsqu'on chauffe l'eau, les gaz, dont le gaz carbonique, s'échappent plus rapidement, c'est pour cette raison qu'on retrouve des dépôts de calcaires au fond des bouilloires.
- 3) **En diminuant la pression** : les gaz s'échappent brusquement lorsque la pression est relâchée.

Ces trois phénomènes permettent donc à des organismes de tailles et de formes très variées, d'utiliser la calcite insoluble pour créer leur coquille.

Actuellement, les Hommes produisent plus de gaz carbonique qu'il peut en être consommé, ce qui engendre un déséquilibre. Les mers et océans absorbent donc plus de CO_2 que par le passé. Cette augmentation de leur teneur en CO_2 va permettre aux organismes à coquilles calcaires de former davantage de calcaire. Les bancs de calcaires du Jurassique et du Crétacé ont d'ailleurs été formés à une époque où la Terre connaissait un important effet de serre. Les roches carbonatées constituent ainsi d'énormes stocks de CO_2 fossiles.



Etape 2 : Après le premier gué

Thème : Les roches sédimentaires

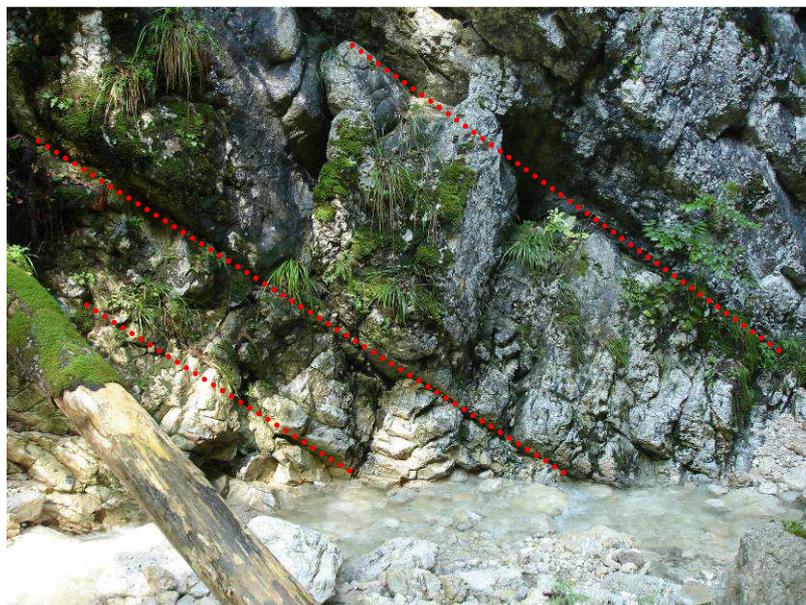
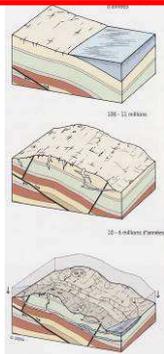


Fig. 3.14 – Couches de calcaires dans la Combe-Grède (Photo : J. von Ballmoos)

A cet endroit les parois rocheuses sont beaucoup plus proches du chemin, formant une petite gorge. Après avoir traversé le lit de la rivière, nous remarquons, que les calcaires sont clairement disposés en couches d'épaisseur variable, alors que les roches de l'étape précédente ne présentaient aucune structure particulière.

En géologie, les roches sont classées en trois groupes : les roches volcaniques (ex : granite, basalte), métamorphiques (ex : marbre, gneiss) et sédimentaires (ex : grès, molasse, calcaire). Toutes les roches visible à Chasseral sont des roches sédimentaires, c'est-à-dire qu'elles résultent de la "*cimentation de sédiments meubles*¹¹ accumulés dans des conditions fort variables" (Burri 1994). Les roches sédimentaires ont plusieurs caractéristiques en commun :

- **Elles sont disposées en couches.** La sédimentation en couches provient de la variation des conditions de sédimentation (mer plus profonde, plus chaude, évaporation, etc.) Chaque couche représente un événement précis. Elles sont donc une bonne illustration du temps qui passe et peuvent être considérées comme l'équivalent géologique des cernes des arbres. Toutefois, l'épaisseur d'une couche n'est pas forcément proportionnelle au temps qu'il a fallu pour la constituer. Ainsi, l'espace entre deux couches est le témoin d'une époque où la sédimentation était

¹¹ Meuble : « se dit d'une formation dont les éléments ont peu ou pas de cohésion » (Larousse 1999).

quasiment absente et dont la durée peut être plus longue que celle d'une couche épaisse de plusieurs mètres.

- **Elles contiennent souvent des fossiles.** Que ce soient des squelettes, des coquilles ou des empreintes de dinosaures, le Jura est riche en fossiles. Ces vestiges de la vie passée ont non seulement permis de reconstituer la faune et la flore de l'époque et donc de reconstituer l'arbre phylogénique, mais ils permettent également de dater certaines roches avec précisions puisqu'on sait que certaines espèces, comme les ammonites, n'ont vécu que durant une période restreinte (cf. étape 11).

Les couches sédimentaires ne reposent pas sur du vide. Elles ont été déposées sur des roches plus anciennes. On appelle les couches sédimentaires « la couverture » et les roches sur lesquelles elles reposent « le socle ».

Pour en savoir plus sur la sédimentation

Une roche sédimentaire est composée de particules de tailles variables et/ou de matière précipitée (Foucault et Raoult 2001) qu'on nomme sédiments. Ces éléments se déposent les uns sur les autres formant ainsi les couches visibles dans le paysage. Pourtant, ce n'est pas parce qu'on empile des couches de sable les unes sur les autres à la plage qu'on obtient pour autant un grès ! Pour qu'un sédiment meuble se transforme en une roche compacte et dure, il faut passer par une étape appelée diagenèse¹². Ainsi, « *pour qu'un dépôt devienne une couche géologique, il faut non seulement qu'il sédimente, mais aussi qu'il se conserve, qu'il échappe à l'érosion, aux courants marins, aux vents, aux précipitations ou encore aux perturbations liées à l'activité animale* » (Thivent 2007) Différents processus interviennent dans cette phase dont :

La compaction : sous le poids de l'accumulation des sédiments en dessus d'elle, une couche va se tasser en expulsant l'eau contenue entre les particules.

La cimentation : les espaces subsistant entre les particules (les pores) vont se combler par la précipitation de certains minéraux.

Autre étape ayant un lien avec ce thème :

Étape 6 : La lithostratigraphie et les temps géologique

¹² Diagenèse : « *ensemble des processus chimiques et physiques qui transforment les sédiments déposés (boues gorgées d'eau) meubles et plastiques en roches cohérentes et compactes.* » (Daumas et Laudet 1992)

Etape 3 : Vers la première passerelle

Thème : La tectonique des plaques et le plissement du Jura

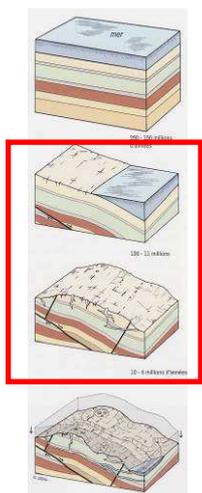


Fig. 3.15 – Charnière du premier anticlinal (Photo : J. von Ballmoos)

Au niveau de la passerelle en bois, en observant attentivement les roches qui nous entourent, nous remarquons que le pendage des couches, c'est-à-dire l'angle entre la couche et l'horizontale, change. En aval, la couche plonge en direction de Villeret, alors qu'en amont, elle plonge en direction du Chasseral. Cela vaut la peine de quitter la passerelle et de descendre dans le lit du torrent, si le niveau de l'eau le permet, car c'est sous la passerelle que la courbure des couches se voit le mieux. Nous nous trouvons ici exactement au niveau de la charnière anticlinale, qui est le point du pli ou la courbure est maximale.

Nous avons vu, lors de l'étape précédente, que les roches du Jura sont des roches sédimentaires déposées en couches horizontales au bord de la mer et que la région devait alors ressembler à un paysage tropical. Comment se fait-il alors qu'elles ne soient plus horizontales dans le Jura ? La réponse à cette question se trouve dans la deuxième histoire du paysage qui, contrairement à l'histoire des roches, s'exprime sur une durée relativement courte. Longtemps après que les premiers calcaires du Jura se sont déposés, un événement majeur est venu bouleverser le paysage. Il s'agit de la formation des Alpes ou « orogénèse¹³ alpine » pour les spécialistes. Avant de retracer cette épopée, qui est à la base de tout le paysage suisse, il me semble important de définir quelques notions.

¹³ Orognèse : « ensemble des processus de formation des chaînes de montagne. » (Larousse 1999)

Comme le montre la figure 3.16, la structure de notre planète ressemble à celle d'un oignon. Elle est constituée de couches concentriques dont la dernière, la plus externe, s'appelle la croûte (ou l'écorce) terrestre. A l'instar d'un puzzle, cette croûte est composée de différentes pièces, les plaques tectoniques (cf. fig. 3.17), flottant sur un liquide chaud et visqueux, le manteau.

La plupart des plaques contiennent à la fois un bout de continent et un bout d'océan. Ainsi, la plaque Amérique englobe non seulement l'Amérique du Nord et l'Amérique latine, mais également la moitié ouest de l'océan Atlantique.

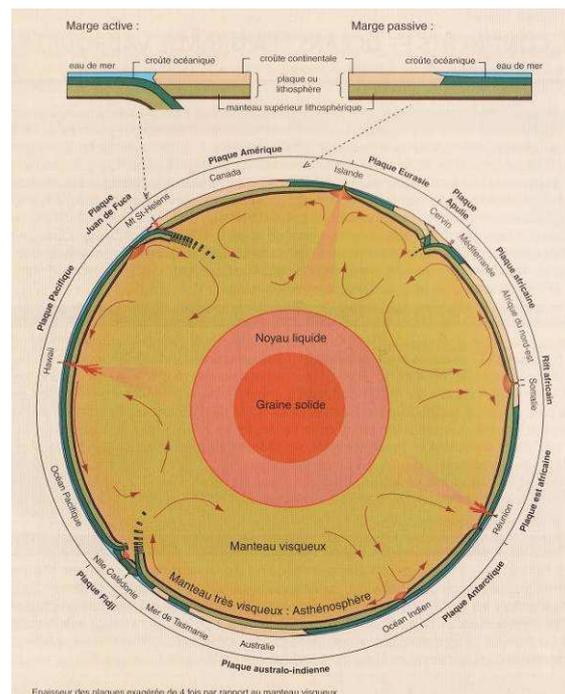


Fig. 3.16- Structure interne de la Terre (Marthaler 2002)

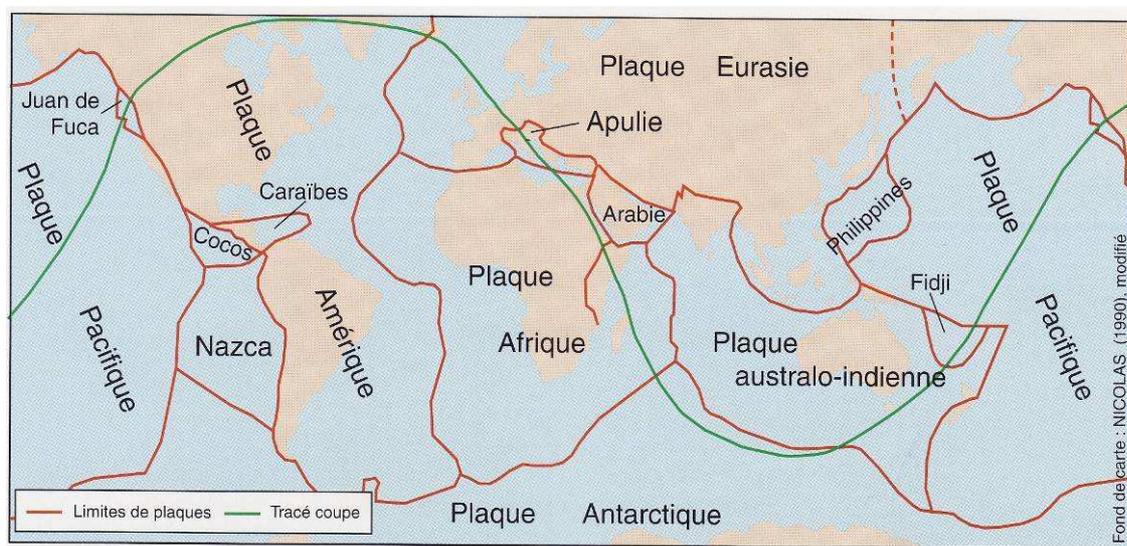


Fig. 3.17 - Les plaques tectoniques du globe (d'après Marthaler 2002)

Ce n'est qu'au début du 20^{ème} siècle qu'Alfred Wegener, géophysicien allemand, émet l'idée qu'à l'origine, les continents n'en formaient qu'un seul, appelé la Pangée¹⁴. Les

¹⁴ Pangée : « continent unique qui existait à la fin du Paléozoïque et qui s'est ensuite séparé en Laurasia au N. et Gondwana, au S. » (Raoult et Foucault, 2001)

masses continentales bougent les unes par rapport aux autres. C'est la théorie de « la dérive des continents » qui sera, environ 50 ans plus tard, à l'origine de la théorie de la tectonique des plaques¹⁵. Ce qui distingue les deux théories, c'est que, pour Wegener, ce sont les continents qui bougent, tels des bateaux sur l'eau, tandis qu'en tectonique le fonds des océans bouge en même temps que les continents puisqu'on trouve souvent les deux sur une seule plaque (Foucault et Raoult 2001).

Plusieurs scénarios sont possibles :

- **Deux plaques s'écartent l'une de l'autre** : c'est ce qui se passe actuellement dans l'Atlantique. Il y a, au milieu de l'océan, une zone de relief volcanique, la dorsale médio-océanique, à partir de laquelle la partie océanique des plaques se renouvelle. Ces plaques océaniques fonctionnent un peu comme deux tapis roulant tournant dans un sens opposé. Au niveau de la dorsale, le plancher océanique est plus mince et du magma remonte à la surface, recréant ainsi les plaques océaniques.
- **La disparition d'une plaque sous une autre**. Une plaque, généralement océanique car plus dense, passe sous une autre. Ce phénomène, appelé subduction, engendre de violents phénomènes, tels que des séismes ou du volcanisme. C'est notamment le cas le long de la Cordillère des Andes. Lorsque toute la partie océanique a été subductée, c'est au tour de la partie continentale d'essayer de subduire et c'est ce phénomène qui est à l'origine des chaînes de montagnes (ex : Alpes, Himalaya).
- **Deux plaques couissent l'une par rapport à l'autre** : de grandes failles craquent l'écorce terrestre. Le mouvement de ces deux plaques ne se fait pas de façon douce, mais de façon violente et saccadée, occasionnant d'importants tremblements de terre. La faille de San Andreas, en Californie, mesure 1300km de long et illustre très bien ce phénomène (Michel 2005).

Pour ce qui est de l'orogénèse alpine, nous avons donc affaire à une subduction. Comme l'illustre la figure 3.18, l'océan Téthys (cf. étape 6) commence à se refermer au Crétacé. La partie océanique de la plaque européenne disparaît peu à peu sous l'Apulie, un microcontinent détaché du continent africain. Des millions d'années plus tard, à la fin de l'Eocène (-35 MA), l'océan a complètement disparu et c'est au tour du continent européen de passer sous l'Apulie (Marthaler 2002). La formation des Alpes

¹⁵ Tectonique des plaques : « hypothèse [...] selon laquelle la partie superficielle de la Terre (lithosphère) est formée de plaques rigides d'une centaine de kilomètres d'épaisseur flottant sur l'asthénosphère déformable. » (Foucault et Raoult 2001)

commence (cf. Annexe 7) ! La partie continentale étant plus légère que la partie océanique, la subduction est plus difficile et elle engendre d'énormes frottements et résistances. Une partie de la plaque européenne se casse alors en deux et, tandis que la partie la plus lourde continue d'être subductée, la partie la plus légère remonte à la surface et freine la subduction. C'est cette résistance qui est à l'origine, d'une part, du soulèvement des montagnes et, d'autre part, de l'arrêt presque complet de la subduction (Marthaler 2002). Les Alpes sont donc le résultat du freinage de la subduction.

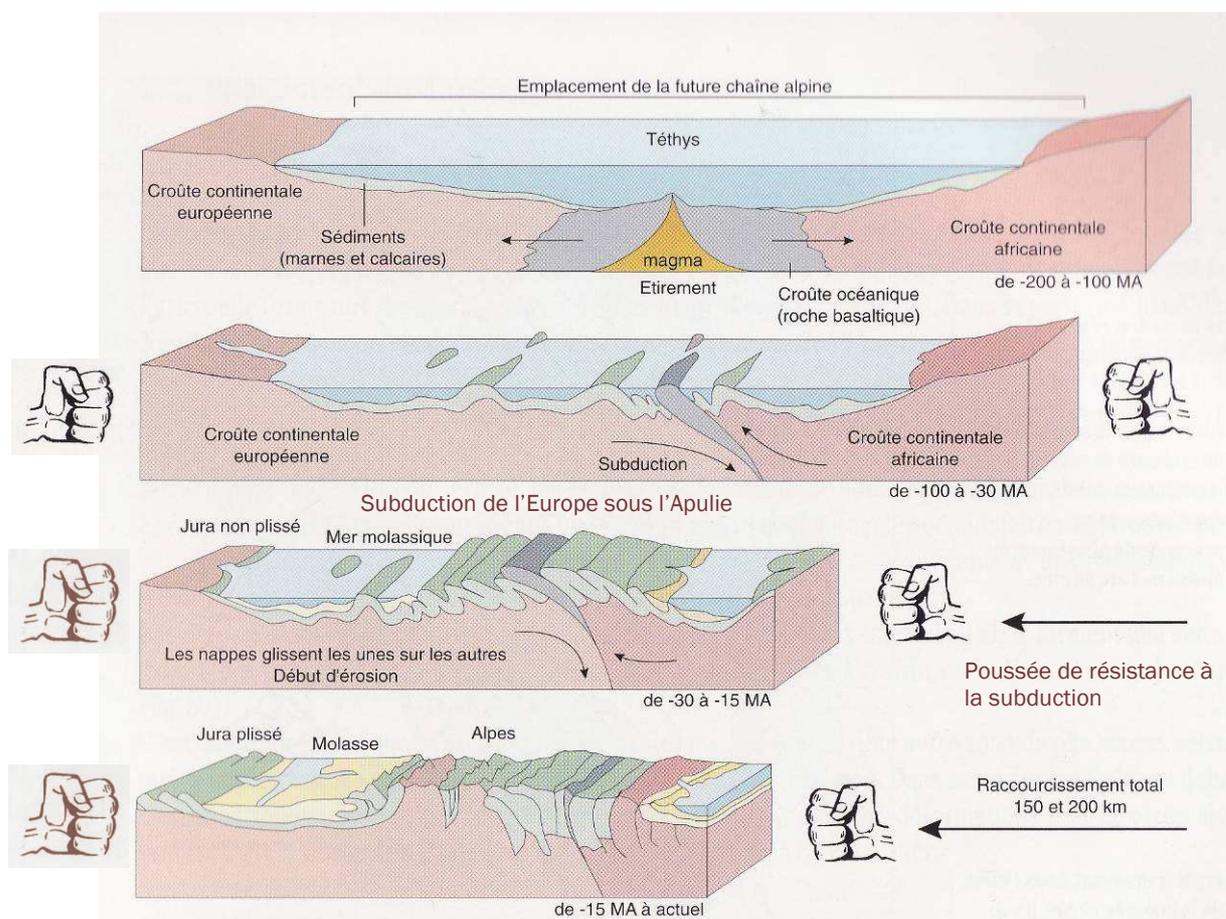


Figure 3.18 - Le plissement des Alpes et du Jura (d'après Schaer et al. 1998)

Revenons maintenant au plissement du Jura. Bien que la subduction ait presque cessé, des mouvements de poussées continuent de se produire. Le début exact du plissement du Jura ne fait pas l'unanimité parmi les spécialistes. Les roches plissées les plus récentes étant des Molasses du Miocène (~10 MA), le plissement ne peut donc pas avoir commencé avant cette période. Quant à savoir si le plissement a commencé juste après ou plus tard, la question est toujours en suspens ! L'origine des montagnes du Jura est due à une augmentation de la poussée alpine au Miocène supérieur (11 à 5 MA). Il faut imaginer que les couches sédimentaires étaient empilées

les unes sur les autres à la façon d'une pile de nappes (couverture) sur une table (socle). Entre les deux, une couche de sel, jouant le rôle de savon, a permis à la couverture de se détacher du socle et d'être plissée (Michel 2005). Cette poussée provient à la fois du NW, c'est-à-dire de la subduction de l'Europe sous l'Apulie (illustrée par le poing gauche dans la figure 3.18), et du SE, c'est-à-dire de la poussée de l'Apulie, qui tente de résister à la subduction (illustrée par le poing droit). Contrairement à ce que l'on pourrait croire, la poussée ne vient donc pas uniquement du Sud-Est. Ainsi, il n'y a pas que la pile de nappes qui bouge, mais également la table. Ces deux orientations, SE et NW, expliquent pourquoi les plis du Jura sont orientés NE - SW. Il ne faut cependant pas s'imaginer que le plissement s'est produit aussi facilement et aussi rapidement que celui des nappes sur une table ! Le plissement s'est étalé sur plusieurs millions d'années et dure encore aujourd'hui. La courbure annuelle moyenne est invisible à l'œil nu et seules des mesures faites par satellites permettent de quantifier ce mouvement.

Le plissement affectant des roches solides, il est bien clair qu'il ne s'est pas fait avec douceur. Certains plis ont ainsi rompu, puis glissé sur le pli situé plus en avant. Ce phénomène s'appelle un chevauchement et il est fréquent dans le Jura. Ainsi, le Jura n'est pas constitué d'une simple alternance d'anticlinaux et de synclinaux. Le Chasseral en est d'ailleurs un très bon exemple. Contrairement à ce que l'on pourrait croire, et comme l'illustrent les deux coupes géologiques présentées dans les figures 3.19 et 3.20, le Chasseral n'est pas constitué d'un grand anticlinal, mais de quatre anticlinaux asymétriques. Dans un souci de clarté, j'ai donné un nom à chacun. Du vallon de Saint-Imier au lac de Biemme, on rencontrera : 1) l'anticlinal de Villeret, 2) l'anticlinal de la Combe-Grède, 3) l'anticlinal de Chasseral et 4) l'anticlinal de Prêles.

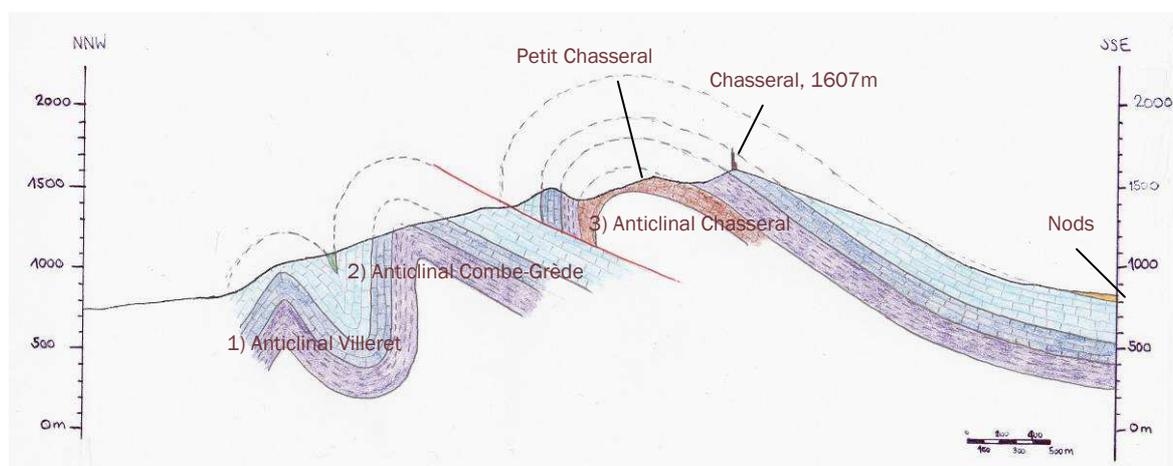


Fig. 3.19 – Coupe géologique du Chasseral (J. von Ballmoos)

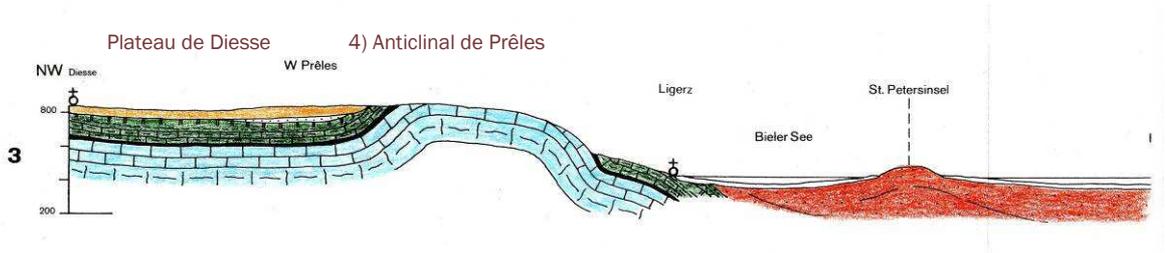
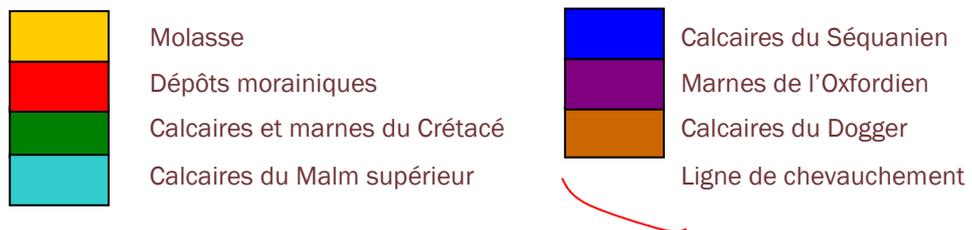


Fig. 2.19 – Coupe géologique du Plateau de Diesse (modifié d'après Schär 1971)

Légende :



Autre étape ayant un lien avec ce thème
 Etape 7 : La combe anticlinale

Etape 4 : Début du 2^{ème} anticlinal, couches verticales et toboggans de marnes

Thème : L'érosion différentielle

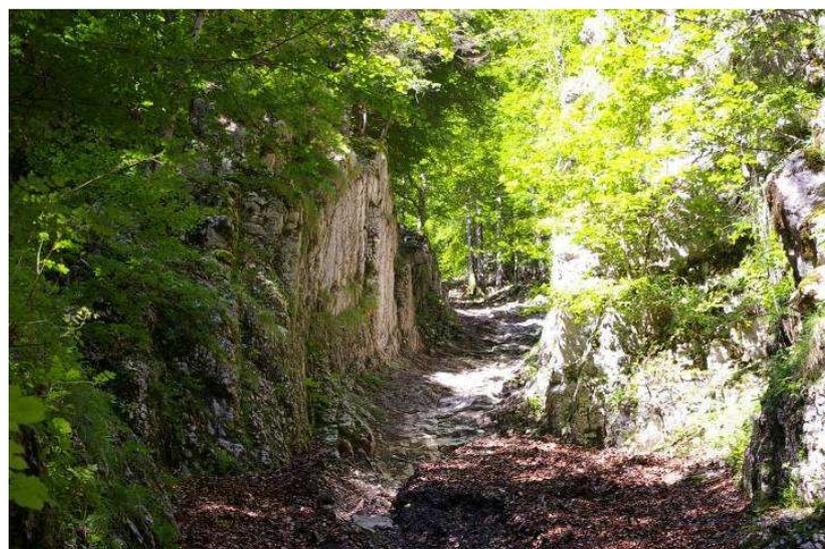
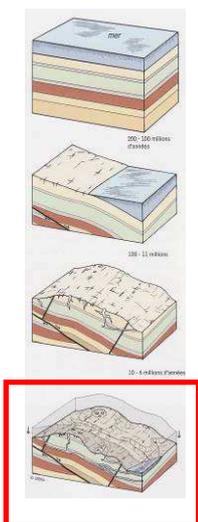


Fig. 3.21 – Toboggans de marnes entre les calcaires massifs (Photo : P. von Ballmoos)

A cet endroit, les bancs de calcaires sont verticaux, mais ne sont pas continus. Pourquoi y a-t-il des espaces entre les bancs de calcaire ?

Après avoir vu de quelle façon les calcaires se sont déposés puis plissés, il est grand temps de passer à la manière dont ils sont érodés (cf. fig. 3.22). Dès qu'une roche arrive à l'air libre, elle subit les assauts du temps (pluie, froid, vent, etc.), mais avant d'être érodée, au sens strict du terme, elle doit être altérée, c'est-à-dire que ses propriétés physico-chimiques vont être modifiées. L'altération se fait principalement par les agents atmosphériques, tels que la pluie, le gel, le vent, ou par les eaux souterraines (Foucault et Raoult, 2001). Ces processus fragilisent les roches, les rendant moins cohérentes et facilitent donc le travail de l'érosion.

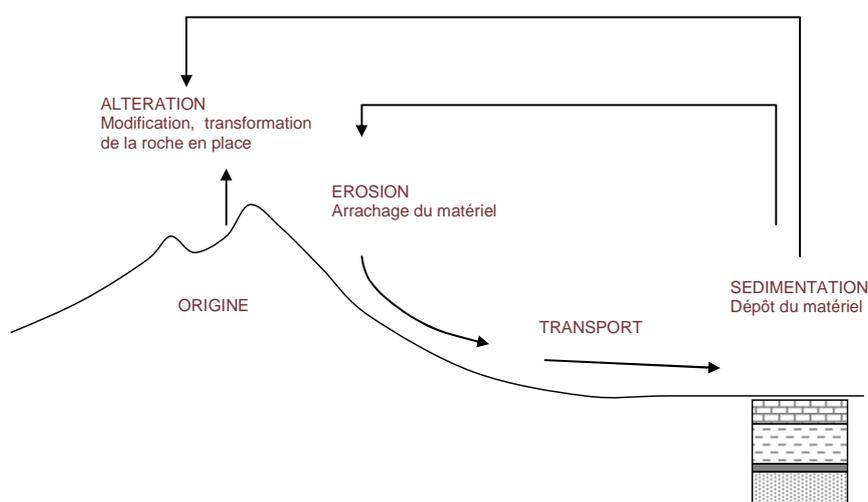


Fig. 3.22 – Les quatre phases principales de l'érosion (Schöneich)

L'érosion, quant à elle, regroupe tous les processus qui permettent d'enlever une partie du matériel, de désintégrer la roche, ce qui a pour conséquence une modification du relief. Ces processus sont séparés en deux catégories : les processus physiques ou mécaniques et les processus chimiques. A Chasseral, le paysage est marqué par les deux types de processus, mais dans le cas des toboggans de marnes, il s'agit d'érosion mécanique (cf. étape 5).

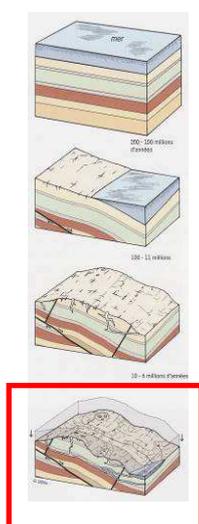
Ceci n'explique toutefois pas pourquoi, il y a des espaces entre les bancs de calcaire. La clé du mystère réside en deux mots : « érosion différentielle ». En effet, le maître-mot pour expliquer ce phénomène est la différence entre les bancs de calcaires. Comme on l'a vu lors de la première étape, pour être calcaire, une roche doit contenir au moins 2/3 de calcite. Tout ce qui est compris entre 2/3 et 100% de calcite est considéré comme un calcaire. Mais comment nomme-t-on une roche qui en contient

moins ? Tout dépend de quoi est composé le reste. Dans la région du Chasseral, dans la plupart des cas, il s'agit d'argile. On parle alors de marnes (cf. étape 9). Toute cette gamme de roches présente donc des caractéristiques particulières et réagit différemment à l'altération et à l'érosion. Parmi ces caractéristiques, on distingue notamment leur dureté, qui exprime la résistance d'une roche à l'usure, et leur porosité, qui est l'ensemble des vides entre les grains d'une roche. Plus une roche est poreuse, plus il y a d'endroits où l'air et l'eau peuvent passer. La surface qui peut être altérée par ces deux agents est donc plus importante.

Les espaces entre les calcaires étaient par conséquent occupés par des marnes qui, puisqu'elles sont moins compactes que les calcaires, ont moins bien résisté à l'érosion et ont été transportée plus loin par le torrent. Toutefois, même si elle n'affleure plus, la marne est toujours présente entre les couches de calcaires. Recouverte par les éboulis, cette couche de marne constitue le fond du toboggan.

Autres étapes ayant un lien avec ce thème :

- Etape 7 : La combe anticlinale
 Etape 10 : L'érosion karstique et les dolines



Etape 5 : Au cœur de l'anticlinal de la Combe-Grède

Thème : La gélifraction, le rôle du froid et de la neige

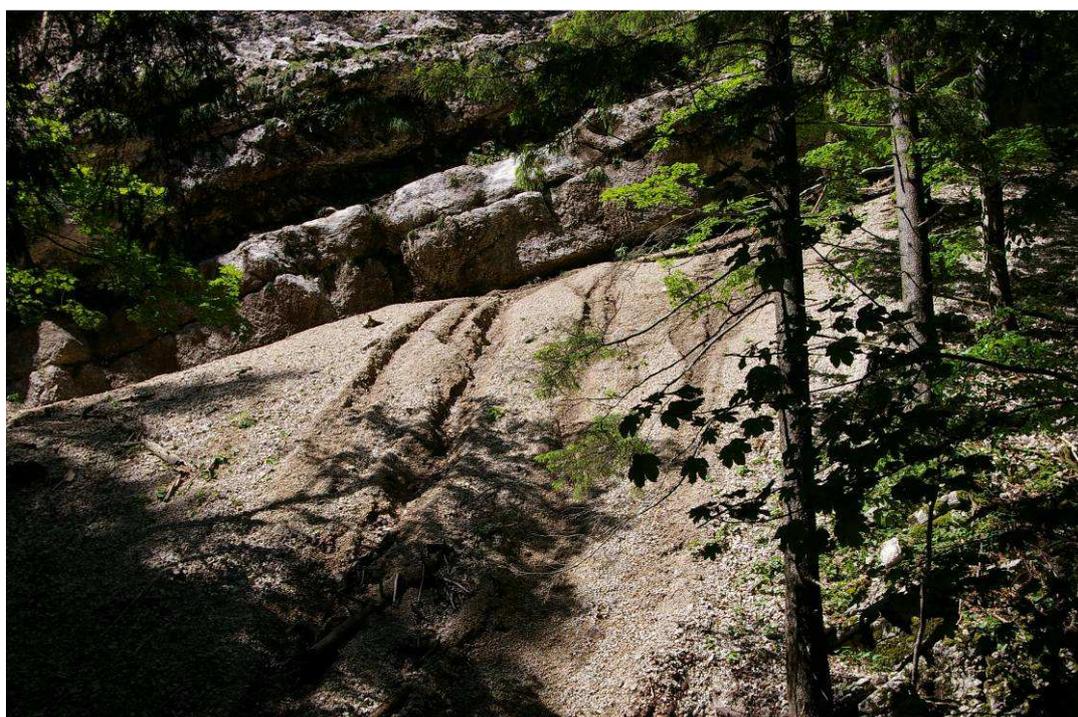


Fig. 3.23 – Eboulis au pied des couches de calcaires (photo : P. von Ballmoos)

Nous nous trouvons ici au cœur du 2^{ème} anticlinal, celui de la Combe-Grède. C'est à cet endroit que la cluse est la plus large. Sa taille imposante s'explique par la présence de deux cours d'eau latéraux qui rejoignent le talweg¹⁶ principal (cf. carte géomorphologique, Annexe 12). Contrairement à l'anticlinal Villeret, dont nous avons pu observer la charnière lors de la troisième étape, nous ne verrons pas la charnière de celui-ci, ni celle de l'anticlinal Chasseral. Les causes de l'érosion des charnières anticlinales seront détaillées lors de l'étape 7.

Sur environ un kilomètre, les couches de roches ne seront plus visibles, car elles sont recouvertes par des éboulis qui résultent de processus d'érosion mécanique. La troisième histoire nous cache donc la première histoire. Les cailloux composant ces éboulis proviennent des parois calcaires situées en amont. S'ils sont arrivés jusque-là c'est principalement grâce au travail du gel, qui est l'un des processus, avec la corrosion (cf. étape 9), qui marque le plus les formes du Jura (Panzca 1979). Lorsque l'érosion est due au gel, on parle de gélivation ou gélifraction. L'eau, qu'elle provienne de précipitations ou de la fonte des neiges, imbibe la roche en s'infiltrant dans les fractures. Lorsque les températures s'abaissent, l'eau gèle. La glace ayant un volume plus important que l'eau, elle exerce une pression sur la roche qui l'entoure (jusqu'à 14kg/cm²) et la fragilise. A force de subir de nombreux cycles gel – dégel, une partie de la roche finit par se désolidariser de l'ensemble de la paroi. Les cailloux se détachent principalement au printemps, quand la glace fond, car elle ne joue plus le rôle de ciment.

Mais avant que le gel ne puisse commencer son travail de sape, il faut que la roche soit gélive¹⁷, qu'elle présente des fractures dans lesquelles l'eau puisse s'infiltrer. Ses fractures peuvent avoir de multiples origines :

- Elles peuvent avoir été causées par la **tectonique** : en se plissant, les couches de calcaires subissent des tensions extrêmes, qui les fendent et créent des diaclases.
- Elles peuvent être **d'origine végétale** : les racines de certaines plantes parviennent à s'infiltrer par des microfissures et, de ce fait, les élargissent.
- Elles peuvent être dues à la **porosité** initiale de la roche.
- Elles peuvent être causées par la **dissolution karstique** (cf. Etape 10).

¹⁶ Talweg : « ligne de fond d'une vallée, suivie par le cours d'eau quand il en existe un » (Foucault et Raoult 2001).

¹⁷ Gélive : « Se dit d'une pierre poreuse absorbant facilement l'humidité atmosphérique (p. ex. craie et marne) et très sensible de ce fait à la gélifraction » (Foucault et Raoult 2001).



Fig. 3.24 – Le lit du torrent rempli d'éclats de calcaire (photo : P. von Ballmoos)

s'accumulent au pied des parois, formant d'importants éboulis. Dans le cas des toboggans de marnes de l'étape précédente, ils sont canalisés par les murs de calcaires et forment un cône d'éboulis dont la pointe est tournée vers l'amont.

Une fois dans l'éboulis, une pierre continue à subir les effets de la gravité. Ainsi, l'impact d'autres cailloux, ou le passage d'animaux la font bouger jusqu'à arriver dans le lit du torrent. Sur la figure 3.24, on remarque que le lit est occupé par une importante couche de roches blanches, qui proviennent des parois du fond de la combe.

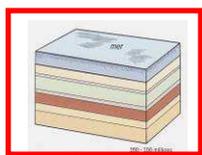
Les éboulis ont été colonisés par la végétation (principalement des hêtres et des épicéas). On peut constater qu'un grand nombre de ces arbres ont la base du tronc incurvée (cf. fig. 3.25). On dit qu'ils sont « en cor des Alpes ». Cette forme particulière, contrairement à ce que l'on pourrait croire, n'est pas due à une instabilité ou à un glissement du terrain mais à la présence d'un important manteau neigeux durant l'hiver qui exerce une pression sur les jeunes arbres qui vont ensuite se redresser.



Fig. 3.25 – Troncs en « cor des Alpes » (photo : J. von Ballmoos)

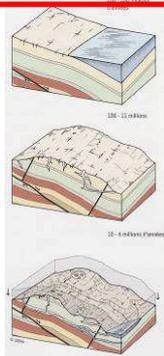
Autre étape ayant un lien avec ce thème :

Etape 10 : L'érosion karstique et les dolines



Etape 6 : Avant les échelles et le fond de la Combe

Thème : La lithostratigraphie et les temps géologiques



Avant d'attaquer la grande montée (220m de dénivelé sur moins d'un kilomètre), cela vaut la peine de s'arrêter au bas des échelles, devant les impressionnantes parois de calcaires qui bordent le fond de la combe. Alors qu'à l'étape précédente, la troisième histoire nous cachait la première histoire, cette dernière est ici révélée par l'érosion. Nous nous trouvons à présent sur le flanc nord de l'anticlinal de la Combe-Grède. Les couches présentent un faible pendage, de l'ordre d'environ 20°, alors que sur l'autre flanc de l'anticlinal, elles étaient verticales. Ce type de pli asymétrique est qualifié de pli déjeté (cf. fig. 3.6). A partir de ce point, le sentier va se transformer en machine à voyager dans le temps. Plus le chemin se rapprochera du sommet, plus les roches seront récentes. Ainsi, la paroi verticale que vous allez grimper fait environ 200m de haut et a été déposée en un peu plus de 10 MA. Imaginez donc qu'à chaque



Fig. 3.26 – Chaque barre d'échelle équivaut à une avancée de 10'000 ans (Photo : P. von Ballmoos)



Fig. 3.27 – Erosion différentielle (Photo : P. von Ballmoos)

fois que vous montez d'un mètre, vous avancez de 50'000 ans dans le temps (un barre d'échelle faisant environ 20 cm, vous grimpez de 10'000 ans à chaque barre). Durant ces 10 MA, les conditions de sédimentation (climat, température et profondeur de la mer, localisation géographique) ont été variables. Cela a engendré la création de roches présentant des caractéristiques différentes, ce qui explique pourquoi les deux parois, appelées « les Cornes », ne sont ni homogènes ni régulières (cf. fig. 3.27). Toutes les roches qui forment les Cornes ont été déposées durant le Jurassique, plus précisément au Malm. En stratigraphie¹⁸, le temps est subdivisé en différentes unités. Ainsi, l'ère secondaire est divisée en périodes (par exemple, le Jurassique), puis en systèmes (pour le

¹⁸ Stratigraphie : « science qui étudie la succession des dépôts sédimentaires, généralement arrangés en couches (ou strates). » (Raoult et Foucault 2001)

Jurassique : Lias, Dogger et Malm), eux-mêmes divisés en étages (cf. Annexe 8). En géologie, il est fréquent que le nom d'un étage provienne d'un lieu où les roches datant de cette époque sont bien visibles et fossilifères, facilitant ainsi leur étude. Plusieurs lieux du Jura ont donné des noms à des étages stratigraphiques comme le Valanginien (de Valangin), le Hauterivien (de Hauterive) ou l'Argovien (d'Argovie). Ces noms, qui désignent à l'origine un site géographique, sont donc devenus des indications temporelles, ce qui met bien en évidence l'étroite relation entre le temps et l'espace dans les sciences de la Terre.

Pour en savoir plus sur le Jurassique

Le Jurassique (208-144 MA) est une subdivision de l'ère secondaire qui, comme son nom l'indique, tire son nom du Jura. Le début du Jurassique est une période qui voit la Pangée commencer à s'ouvrir. L'énorme masse continentale commence à se scinder en deux. Une mer, la Téthys, va alors séparer ce qu'on appellera plus tard l'Europe et l'Afrique. Au cours du Jurassique, la région du Jura est recouverte d'une mer épicontinentale peu profonde, située en bordure de la Téthys, à une latitude de 30°N, c'est-à-dire à la même latitude que les îles Canaries actuellement (cf. fig. 3.28). Cette situation géographique et climatique est propice au développement de l'activité biologique.

Situation paléogéographique du Jura au jurassique. D'après Mosar & Stämpfli (1999) et Ziegler (1990).

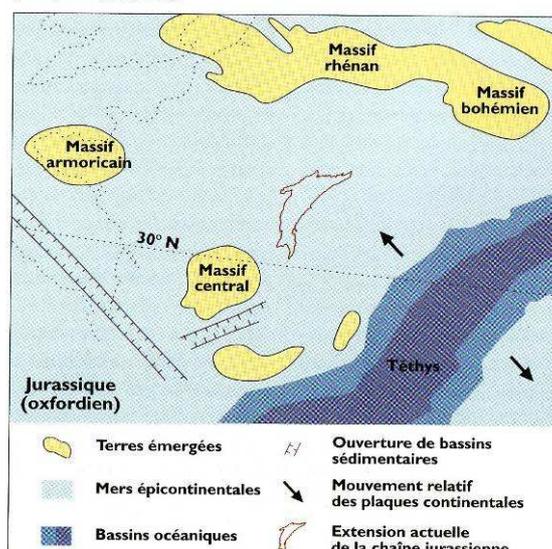


Fig. 3.28 – Localisation du Jura au Jurassique (Blant 2001)

A la base des Cornes, on trouve quelques affleurements séquaniens (Oxfordien supérieur). Ces couches sont les mêmes que celles qui forment les crêts de l'anticlinal du Chasseral (cf. Annexe 12). Mais la plupart des affleurements datent du Malm supérieur, c'est-à-dire du Kimméridgien et du Portlandien. A cette période, un ensemble cohérent de calcaires blancs massifs se dépose. Ces roches forment des bancs épais et sont pauvres en fossiles macroscopiques (Schär 1971). Elles vont former, bien plus tard, le coffrage externe des plis. C'est également dans ces calcaires qu'on a trouvé, dans plusieurs sites du Jura, des empreintes des dinosaures qui vivaient dans la région (cf. section 4.2.2).



Fig. 3.29 – Base de la Corne de l'Est (photo : P. von Ballmoos)

L'annexe 9 vous donnera une idée des différentes roches qui ont été formées au cours du Jurassique et du Crétacé, ainsi que les endroits où ces roches affleurent.

Autres étapes ayant un lien avec ce thème :

- Etape 2 : Les couches sédimentaires
Etape 8 : Le Dogger et la Dalle nacrée
Etape 11 : Les fossiles

Etape 7 : Pré aux Auges

Thème : La combe anticlinale

Changement radical de décors : après avoir marché dans la forêt et entre des parois rocheuses, nous arrivons dans un espace plus ouvert. Pourtant, le sommet est encore loin, puisque nous ne sommes qu'à 1270 m d'altitude.

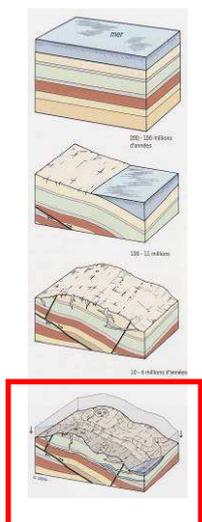


Fig. 3.30 – Pré aux Auges (Photo : J. von Ballmoos)

Nous sommes passés de l'anticlinal de la Combe-Grède à l'anticlinal de Chasseral, à nouveau sans traverser de synclinal. En fait, les tensions sur les couches étaient tellement fortes que des fractures sont apparues, cassant la continuité des couches entre les deux anticlinaux. L'anticlinal de Chasseral, désolidarisé de celui de la Combe-Grède, l'a ainsi chevauché (cf. fig. 3.31).

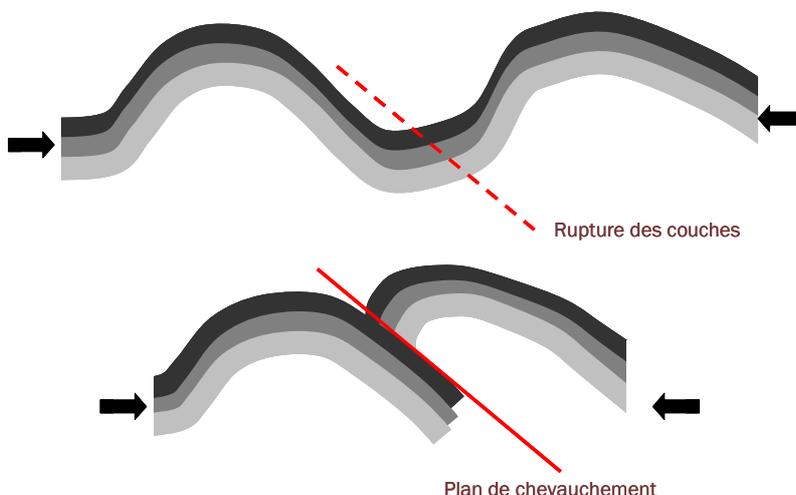


Fig. 3.31 – Chevauchement de l'anticlinal Chasseral sur l'anticlinal Combe Grède

Cet endroit marque l'opposition entre deux « vallées » : la première, la Combe-Grède, est le résultat de l'histoire des mouvements et des plis (origine tectonique), alors que la deuxième, la combe anticlinale, est le résultat de l'histoire des roches (origine lithologique). La Combe-Grède, qui est en fait une cluse (cf. fig. 3.7), est la conséquence de l'érosion régressive d'un cours d'eau qui a mis à profit une zone fragilisée par des failles. La combe anticlinale dans laquelle nous nous trouvons maintenant, est, quant à elle, une vraie combe, au sens géomorphologique du terme, c'est-à-dire qu'il s'agit d'une dépression creusée dans la voûte d'un anticlinal.

Voyons maintenant comment s'est formée cette combe. Comme l'illustre la figure 3.32, le plissement du Jura a engendré des distensions au sommet des anticlinaux, créant un réseau de diaclases¹⁹ au niveau des charnières anticlinales. Ces zones de fragilité ont été mises à profit par l'érosion karstique (cf. étape 10) et un réseau de dolines²⁰ s'y est formé. En s'agrandissant, les dolines ont évidé la combe jusqu'aux marnes de l'Argovien. Parallèlement, l'érosion mécanique effectuait son travail de sape sur les crêtes mis à nu. Ainsi, non seulement la combe s'est approfondie, mais elle s'est également élargie grâce au recul des têtes de banc (cf. fig. 3.33).

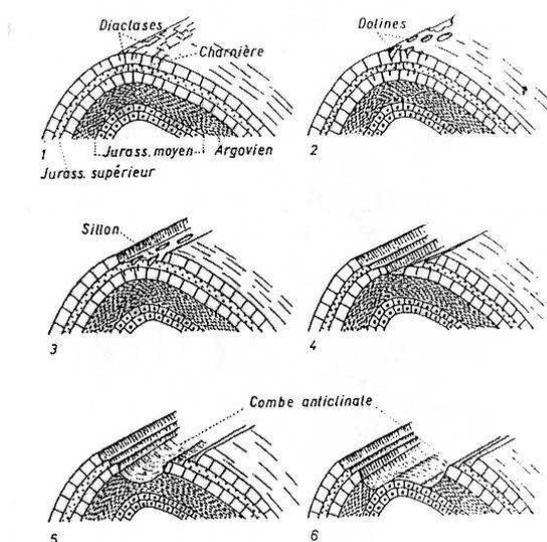


Fig. 3.32 – Formation d'une combe anticlinale 1 (Aubert et Guignard 1972)

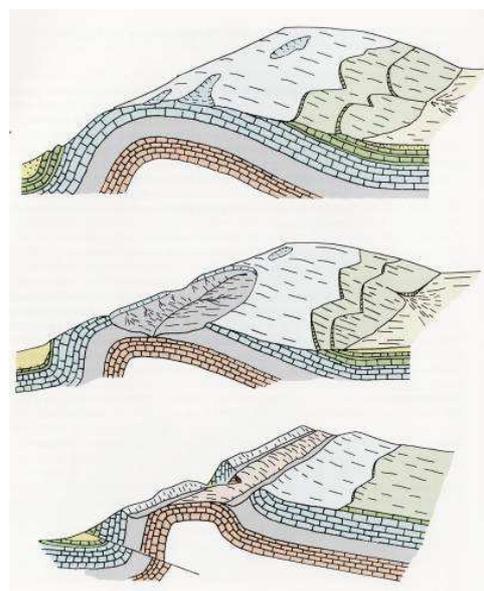


Fig. 3.33 – Formation d'une combe anticlinale 2 (Schaer et al. 1998)

¹⁹ Diaclase : « Cassure de roches ou de terrains sans déplacement relatif des parties séparées » (Foucault et Raoult 2001).

²⁰ Une doline est une dépression de forme arrondie et qui peut faire plusieurs mètres de diamètre et de profondeur.

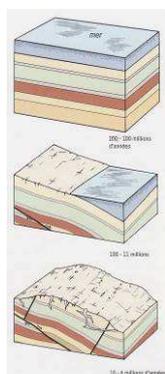
Contrairement aux calcaires qui jalonnaient le chemin dans la Combe-Grède, les marnes affleurent rarement car elles sont généralement recouvertes par de la végétation. Relativement imperméables, elles sont propices à la formation de sol et de zones marécageuses.

A partir du Pré-aux-Augés, vous pouvez choisir de poursuivre la randonnée par le chemin direct ou bifurquer à droite en direction de « La Corne » pour une variante, certes un peu plus longue, mais également très intéressante. Cette variante est décrite dans la section 4.1. Bien entendu, vous pouvez également faire un rapide aller-retour (~30 minutes) à « La Corne » pour profiter du magnifique point de vue sur le vallon de Saint-Imier, le Mont-Soleil et la Combe-Grède.

Etapes ayant un lien avec ce thème :

Etape 3 : La tectonique des plaques et le plissement du Jura

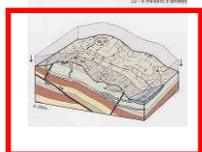
Etape 10 : L'érosion karstique et les dolines



Etape 8 : Petit Chasseral

Thème : Le Dogger et la Dalle nacrée

Après avoir quitté la Combe-Grède et traversé la combe anticlinale, le chemin recommence à monter. Nous pénétrons maintenant dans le cœur de l'anticlinal du Chasseral. La présence d'une colline au centre de l'anticlinal, le Petit Chasseral, s'inscrit dans la continuité de l'histoire racontée à l'étape précédente.



Nous avons vu que l'érosion karstique et mécanique s'attaquait au sommet de l'anticlinal pour l'évider couche après couche. Toutefois, il se peut qu'à force de creuser, une couche bien plus résistante soit mise à jour. L'érosion continue alors son travail sur les couches autour de ce noyau, laissant ainsi une colline au centre de la combe.

Cette colline, appelée « mont dérivé », va à son tour être progressivement rongée par la dissolution, exactement de la même façon que l'anticlinal initial, avec pour conséquence la création d'une nouvelle combe, dite emboîtée. C'est d'ailleurs, comme le montrent les figures 3.34 et 3.35, ce qui est en train de se passer au sommet du Petit Chasseral.

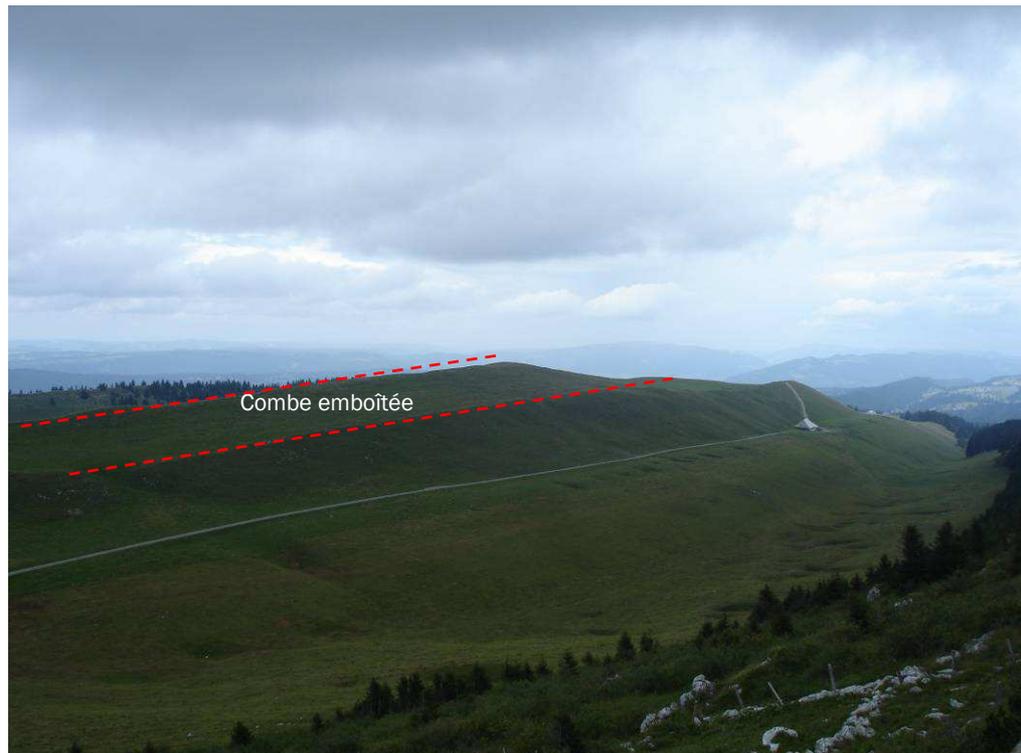
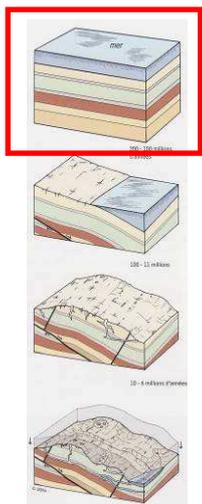


Fig. 3.34 – Combe emboîtée au sommet du Petit Chasseral (Photo : J. von Ballmoos)



Fig. 3.35 – Coupe géologique de l'anticlinal du Chasseral (CJP 2007)



L'érosion de la voûte d'un anticlinal complexifie certes le relief, mais elle présente l'avantage de mettre à jour des roches qui, autrement, resteraient cachées sous les autres couches. On peut ainsi observer des roches qui, partout ailleurs, sont recouvertes de centaines de mètres d'autres couches sédimentaires. En fait, il y existe un endroit où on pourrait également les voir : il s'agit du centre de la cluse (cf. étape 5), mais les affleurements sont de petite taille et difficiles à repérer à cause des éboulis qui les entourent. Les calcaires du Petit Chasseral sont les plus anciennes roches visibles de la chaîne du Chasseral. Bien entendu, il existe des roches bien plus anciennes²¹ sous nos pieds, mais elles n'ont pas encore été mises à jour par l'érosion.

Comme le montre la figure 3.35, les roches du Petit Chasseral ont été déposées pendant le Dogger (175 à 161 MA). Il s'agit principalement de calcaires biodétritiques (composés de débris de coquilles) et de calcaires à oolithes (cf. fig. 3.37). Les oolithes (cf. fig. 3.36) sont des petites sphères de 0,5 à 2 mm de diamètre (Foucault et Raoult 2001) formées par la précipitation, en couches concentriques, de la calcite autour d'une toute petite particule.

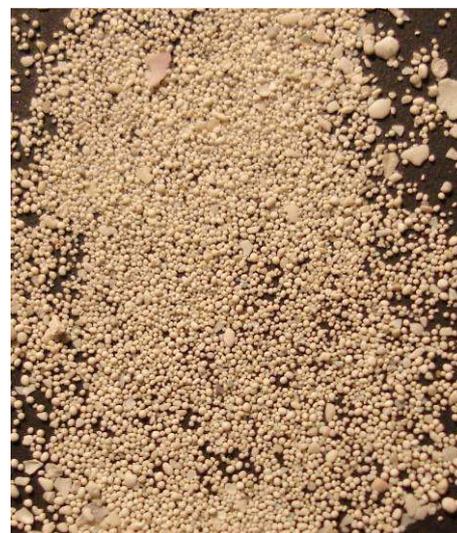


Fig. 3.36 - Sable oolithique d'Abu Dhabi
(Photo : J. von Ballmoos)



Fig. 3.37 - Calcaire oolithique

(http://www.teaser.fr/~gvanderrest/bcpst/docs/tp/geologie_petro/full/calcaire_oolithique1:modif1.jpg)

²¹ Les plus anciennes roches du Jura datent du Trias (250 à 199 MA).



Fig. 3.38 – Calcaires de la Dalle nacrée (Photo : J. von Ballmoos)

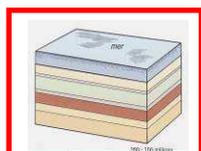
Nous avons vu, lors de la première étape, que l'aspect et la composition du calcaire varient en fonction du milieu où il a été formé. Les calcaires biodétritiques et à oolithes que l'on trouve au Petit Chasseral sont l'indication d'une sédimentation à faible profondeur et dans un milieu agité (Andrews et al. 2004). La dernière couche du Dogger est une couche bien connue des géologues et des collectionneurs de fossiles, puisqu'il s'agit de la Dalle nacrée (cf. fig. 3.38) qui est une roche calcaire riche en fossiles et donc composée en grande partie de coquilles et d'autres débris d'animaux (cf. fig. 3.39). Elle s'est déposée dans un environnement plus calme, témoignant d'une période d'approfondissement progressif de la mer à cet endroit (Sommaruga 1997). La Dalle nacrée est un calcaire spathique, c'est-à-dire que la lumière se réfléchit sur les cristaux de calcite, ce qui donne un aspect chatoyant à la roche.



Fig. 3.39 – Dalle nacrée du Petit Chasseral (Photo : J. von Ballmoos)

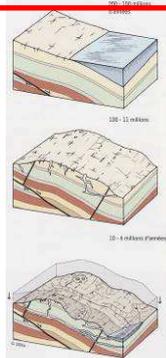
Autres étapes ayant un lien avec ce thème :

- Etape 1 : Le calcaire
- Etape 6 : La lithostratigraphie et les temps géologiques
- Etape 7 : La combe anticlinale
- Etape 11 : Les fossiles



Etape 9 : Croisement avec la route, avant la dernière montée

Thème : L'argile et les marnes



Juste avant de monter vers les crêts, le sentier coupe la route qui relie le sommet du Chasseral au vallon de Saint-Imier. A cet endroit, Nous pouvons observer que la terre qui est apparente est de couleur assez claire (cf. fig. 3.40). Il ne s'agit, en fait, pas de terre, mais de marnes.



Fig. 3.40 – Couche d'argiles presque purs
(Photo : J. von Ballmoos)

Ces marnes ont été déposées à l'Oxfordien. Elles sont le témoin d'une sédimentation en

eau plus profonde. A cette époque, le Jura est situé à la limite entre un domaine de plateforme au nord-ouest et une zone plus profonde au sud-est, où la sédimentation marneuse a duré plus longtemps et formé d'importantes couches de marnes, appelées « faciès argovien ». Cette différenciation paléogéographique explique pourquoi on ne trouve pas les mêmes roches et les mêmes épaisseurs dans l'ensemble du Jura.

Les marnes sont des roches détritiques constituées d'argiles et d'une petite proportion de calcite. C'est la proportion de ces deux éléments qui permet de définir s'il s'agit d'une marne ou d'un calcaire marneux (~2/3 calcaire et 1/3 argiles). Bien entendu, entre une argile pure et un calcaire pur, toutes les proportions sont possibles (cf. fig. 3.41). C'est comme entre le café et le lait : entre le café noir et le lait, tous les mélanges sont possibles!

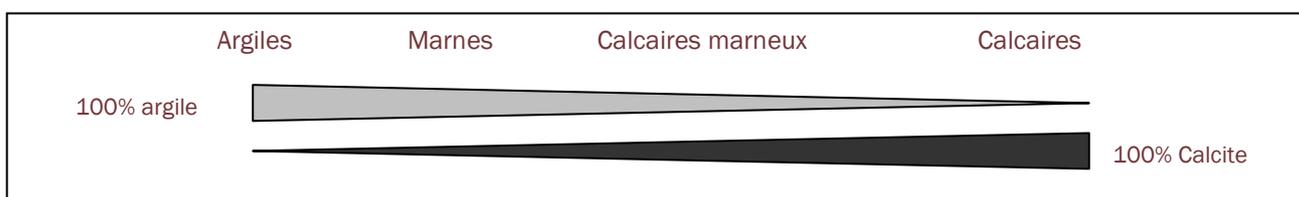


Fig. 3.41 – De l'argile au calcaire

L'origine des calcaires a été détaillée lors de la première étape, mais qu'en est-il des argiles ? Les argiles proviennent « d'une altération chimique des minéraux de la roche préexistante » (Burri et Marthaler 1994). Les argiles étant constituées de plaquettes microscopiques, elles sont très poreuses. Lorsqu'une goutte d'eau tombe sur une argile, elle pénètre directement et la fait gonfler (Michel 2005). Paradoxalement, c'est

donc la présence d'eau entre les minéraux qui rend l'argile imperméable et plastique. La plasticité des argiles leur permet également d'être plissées plus facilement et de moins se fracturer.

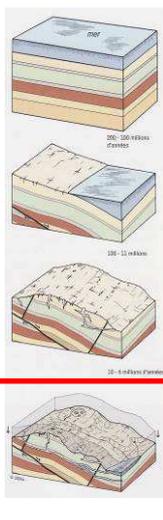
Etapes ayant un lien avec ce thème :

Etape 2 : Les roches sédimentaires

Etape 4 : L'érosion différentielle

Etape 10 : Depuis le chemin qui mène en haut des crêts

Thème : Erosion Karstique et dolines



Une fois le Petit Chasseral franchi, le sommet du Chasseral et son antenne se dévoilent enfin. Il ne reste plus qu'à passer une nouvelle combe avant d'attaquer la dernière montée. Une nouvelle combe, vraiment ? Non, il s'agit bel et bien de la même combe que celle dans laquelle débouche le sentier de la Combe-Grède (cf. étape 7). Elle est jalonnée de nombreuses dolines et, en prenant un peu de hauteur, nous pouvons remarquer qu'elles sont disposées en lignes. Ces dolines sont une illustration des phénomènes d'érosion karstique dont il est déjà question depuis un moment.

Le terme Karst tire son nom d'un plateau calcaire de Slovénie (Le Kras). Il s'agit, en fait, de régions présentant un relief particulier, engendré par la dissolution des roches dites karstiques par l'eau météoritique (pluie, neige). Les régions karstiques sont généralement localisées dans des zones calcaires, comme c'est le cas dans le Jura, mais il peut aussi y avoir des formes karstiques dans d'autres roches sédimentaires, telles que le gypse ou la dolomie.

L'eau qui tombe et stagne sur les calcaires dissout petit à petit la calcite, sculptant des formes particulières à la surface des roches. Mais le karst n'est pas uniquement un phénomène de surface, loin de là. Comme tout le banc de calcaire est fracturé, l'eau y pénètre, dissolvant la roche de l'intérieur et créant un réseau de galeries dans lesquelles l'eau peut circuler. Le fait que l'eau s'infilte directement dans la roche explique pourquoi il n'y a pas beaucoup de rivières en surface dans le Jura. Mais qu'advient-il de la calcite dissoute dans l'eau ? Elle continue son chemin en suivant le cycle de l'eau, jusqu'à la mer, où elle est à nouveau précipitée pour fabriquer les calcaires du futur. Même si la corrosion du calcaire est un phénomène très lent, la quantité de calcite dissoute est beaucoup plus impressionnante qu'on ne pourrait le

penser. Des mesures ont montré qu'environ 400 millions de kilogrammes de calcaire dissout arrivent chaque année dans le Lac de Thoune (Labhart et Decrouez 1997).

A Chasseral, on peut distinguer deux formes résultant du processus de karstification : les dolines et les lapiez.

A) Les lapiez

Les lapiez (cf. fig. 3.42) sont des rigoles, des trous ou des cannelures creusés à la surface d'une roche karstique par dissolution de cette dernière (Foucault et Raoult 2001). Contrairement à certains sites dans les Alpes ou dans le Jura plus septentrional, on ne trouve pas de champs de lapiez très étendus à Chasseral. La raison en est simple. Comme nous le verrons lors de la douzième et dernière étape, le Chasseral n'a pas été recouvert par les glaces lors de la dernière glaciation. L'absence de glaciers au sommet a permis à un sol et à une végétation de se développer, recouvrant les bancs de calcaires. Aubert (1965) parle dans ce cas de « Jura pelouse » par opposition au « Jura rocheux » recouvert par la calotte jurassienne et présentant davantage de bancs calcaires affleurants. On trouve toutefois quand même quelques beaux lapiez, notamment dans les crêts anticlinaux. Rappelons-nous que les couches de calcaires ont subi d'énormes tensions lors du plissement, tensions ayant engendré la fracturation des roches (cf. étape 7). La présence de ces diaclases a permis à l'eau d'y stagner et donc de dissoudre la calcite, élargissant ainsi progressivement ces diaclases.



Fig. 3.42 – Lapiez à la surface d'un calcaire (Photo : J. von Ballmoos)

B) Les dolines

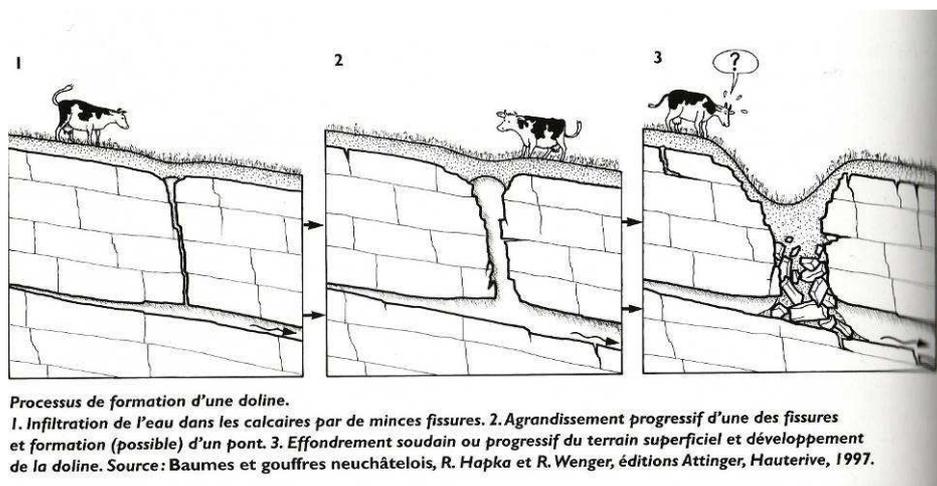


Fig. 3.43 – Formation d'une doline (Blant 2001)

Une doline est une dépression de forme arrondie pouvant mesurer jusqu'à plusieurs mètres de diamètre et de profondeur. L'eau s'infiltré dans le sol, puis dans les fractures de la roche, les agrandissant peu à peu par dissolution. Au bout d'un certain temps, la fracture atteint une taille importante et le sol qui la recouvre s'affaisse soudainement ou progressivement, générant une doline (cf. fig. 3.43). Une fois formée, la doline continue d'évoluer en profondeur et en largeur. La dissolution continue de creuser le fond de la doline, tandis que ses bords reculent par érosion mécanique et par dissolution. Les dolines du Jura atteignent rarement une très grande profondeur, car les calcaires ne sont généralement pas purs ce qui occasionne des résidus de dissolution. Ces particules non dissoutes, ainsi que les pierres provenant de l'érosion des bords, s'accumulent au fond et bouchent les conduites souterraines.

Les dolines de Chasseral sont très localisées : on ne les trouve que dans les combes anticlinales, ce qui est paradoxal. Lors de l'étape précédente, nous avons vu que les combes anticlinales étaient souvent marneuses. Comment se fait-il alors qu'on y trouve des dolines puisque la marne n'est pas une roche karstifiable ? En fait, il y a quelques niveaux de calcaires, dans les marnes de l'Oxfordien et c'est précisément sur ces niveaux que sont situées les dolines. Cela explique également pourquoi elles sont alignées. Toutefois, l'alignement peut aussi être dû à la présence de diaclases le long de la charnière anticlinale. C'est probablement une combinaison de ces deux raisons qui est à l'origine de l'alignement des dolines dans la combe anticlinale de Chasseral (cf. fig. 3.44).

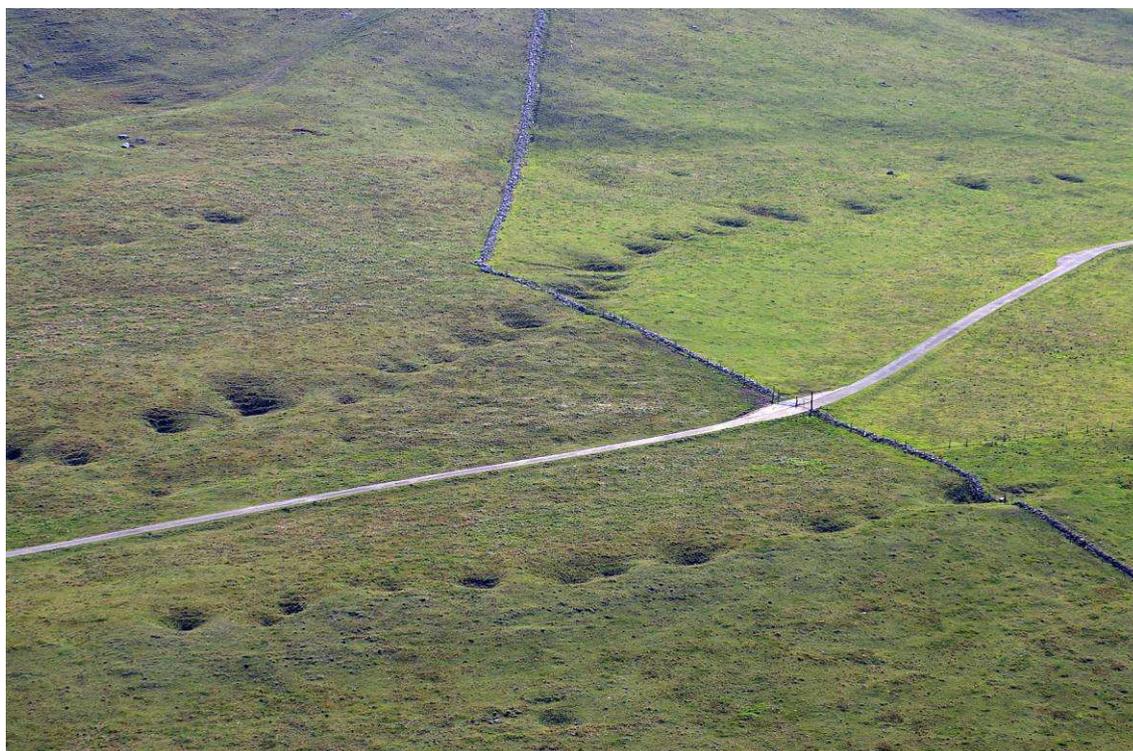


Fig. 3.44 – Alignement de dolines dans la combe anticlinale (Photo : P. von Ballmoos)

Etapas ayant un lien avec ce thème :

Etape 5 : La gélifraction et le rôle du froid et de la neige

Etape 7 : La combe anticlinale

Pour en savoir plus sur la dissolution du calcaire

Alors que le processus de précipitation du calcaire a été détaillé lors de la première étape, il s'agit ici du phénomène inverse, soit de la dissolution du calcaire. La dissolution karstique est la seule forme d'érosion qui est réversible. Le calcaire est légèrement soluble dans l'eau pure, mais certains facteurs peuvent fortement influencer le processus de karstification :

La teneur en CO₂ de l'eau

Le pouvoir corrosif de l'eau peut être augmenté en y ajoutant du CO₂, car sa présence rend l'eau plus acide et permet donc une dissolution beaucoup plus importante. La pollution atmosphérique, par exemple, peut faire augmenter la teneur en gaz carbonique dans l'eau de pluie, rendant ainsi les précipitations plus acides, donc plus agressives. La température de l'eau joue également un rôle, puisqu'une eau froide peut contenir plus de CO₂ qu'une eau chaude.

La lithologie et la tectonique

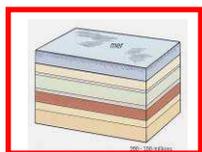
Plus un calcaire est pur, plus la roche est érodable et moins il y a de résidus de dissolution qui risquent de boucher les conduits souterrains. En plus, la présence de diaclases augmente la surface de contact entre l'eau et le calcaire.

La présence d'un sol et de végétation

En traversant un sol, l'eau augmente également son acidité, puisqu'elle se charge du CO₂ libéré par la respiration des racines et par la décomposition de la matière organique. Le sol joue également un rôle d'éponge et permet un contact continu, et sur une plus grande surface, entre l'eau et la roche. Pour finir, les racines de certaines plantes pénètrent dans les fissures pour aller chercher de l'eau, ce qui agrandit ces fissures.

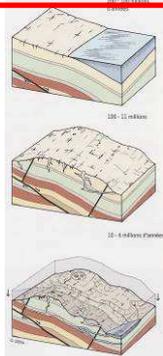
Le climat

Bien que l'eau froide soit plus agressive que l'eau chaude, ce n'est pas dans les climats froids que l'on trouve les plus importantes régions karstiques, pour la simple raison que l'eau n'y est pas disponible en grande quantité. Le milieu tropical, en revanche, est plus favorable à la karstification, car il y a beaucoup d'eau et de végétation. Selon Michel (2005) « *c'est la disponibilité en eau qui demeure le principal facteur de la karstification* ».



Etape 11 : Chemin au pied des crêts

Thème : Les fossiles



Lors de cette dernière montée, le chemin longe les crêts calcaires du Chasseral. Ces roches étant riches en fossiles (principalement coraux et bivalves), cela vaut la peine de bien ouvrir l'œil.

Toutes les preuves de la présence d'organismes vivants conservés dans des sédiments sont des fossiles. Il peut

s'agir de squelettes, de coquilles (entières ou non), d'empreintes de pas, etc. Les fossiles sont très utiles pour déterminer l'âge de la roche et le paléoenvironnement,



Fig. 3.45 – Ammonite dans les marnes de l'Araovien (Photo : J. von Ballmoos)



Fig. 3.46 – Coraux dans les calcaires du Séquanien (Photo : J. von Ballmoos)

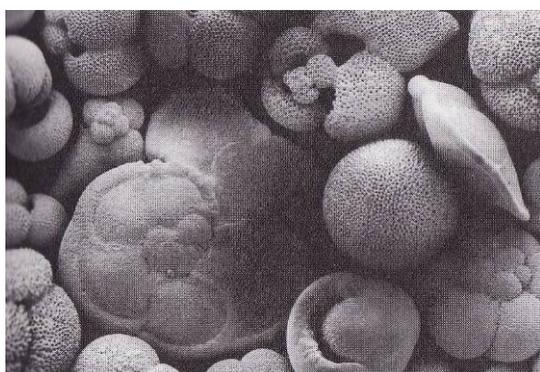


Fig. 3.47 – Foraminifères (Photo : Thurmann et Trujillo 2002)

c'est-à-dire le milieu dans lequel elle s'est formée. Ils sont donc indicateurs à la fois de temps et d'espaces. Prenons l'exemple d'un calcaire contenant des ammonites (cf. fig. 3.45). Les ammonites sont des mollusques nageurs qui ont rapidement évolué avant de s'éteindre à la fin du Crétacé (~65 MA). Lorsqu'on trouve des ammonites, on peut donc dire que les sédiments ont été déposés dans une mer relativement profonde et, en fonction de certaines caractéristiques très précises, on pourra également dire à quelle époque ils se sont déposés. Un calcaire corallien (cf. fig. 3.46), quant à lui, va nous indiquer la présence d'un récif. Mais ce n'est pas parce qu'on ne voit pas de fossiles dans un calcaire qu'il n'y en a pas. En effet, la grande majorité des fossiles sont invisibles à l'œil nu. Il s'agit entre autres d'algues calcaires microscopiques (p. ex. les foraminifères, fig. 3.47).

Les fossiles ont donc une grande importance pour la datation des roches sédimentaires. Néanmoins, il faut savoir que tous les cadavres ne se transforment pas en fossiles, et que tous les animaux ayant existé n'ont pas été conservés sous la forme de fossiles. Il n'y a que 150'000 espèces fossiles répertoriées, alors que les spécialistes estiment que le nombre d'espèces ayant existé sur Terre approche le milliard !

Etapas ayant un lien avec ce thème :

Etape 1 : Les calcaires

Etape 2 : Les roches sédimentaires

Etape 6 : La lithostratigraphie et les temps géologiques

Etape 12 : Arrivée au sommet de Chasseral**Thème : Lecture du paysage**

Après plus de deux heures de montée, voici enfin le sommet. Par beau temps, la récompense est à la hauteur de l'effort. En effet, nous pouvons, avec un peu de chance, avoir une magnifique vue sur toute la chaîne des Alpes, y compris sur le Cervin et sur le Mont Blanc (cf. fig. 3.48).

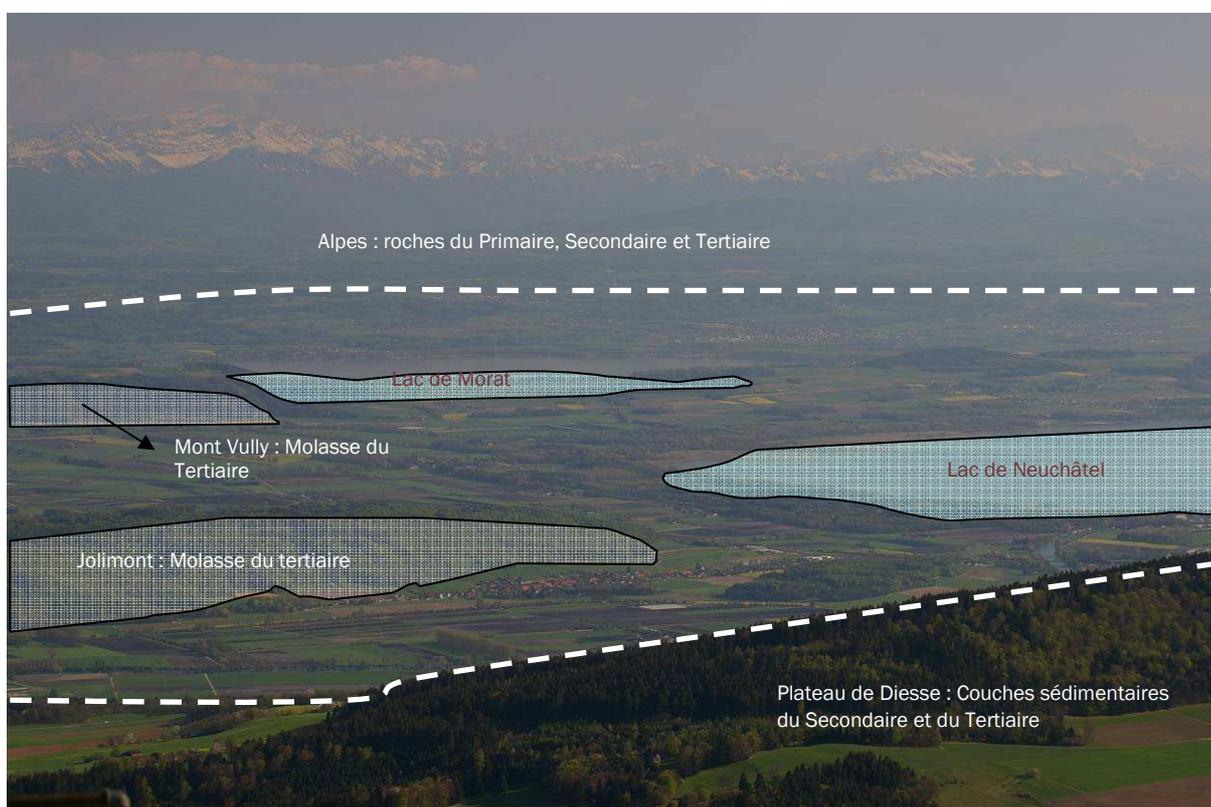


Fig. 3.48 – Le plateau suisse avec les lacs de Neuchâtel et de Morat (Photo : P. von Ballmoos)

Au premier plan de la figure 3.48, un grand replat, **le Plateau de Diesse**, nous cache une partie du lac de Biemme. Il s'agit d'un nouvel anticlinal, l'anticlinal de Prêles, dont le flanc sud plonge sous le lac de Biemme. Il est constitué de roches du Malm supérieur, donc des mêmes roches qui constituent l'extérieur de l'anticlinal Chasseral (cf. fig. 3.49). Contrairement à celle du Chasseral, la charnière de l'anticlinal de Prêles n'a pas été attaquée par l'érosion au point de former une combe anticlinale. Ce phénomène peut probablement s'expliquer par une courbure moins prononcée et donc par un réseau de diaclases moins important.

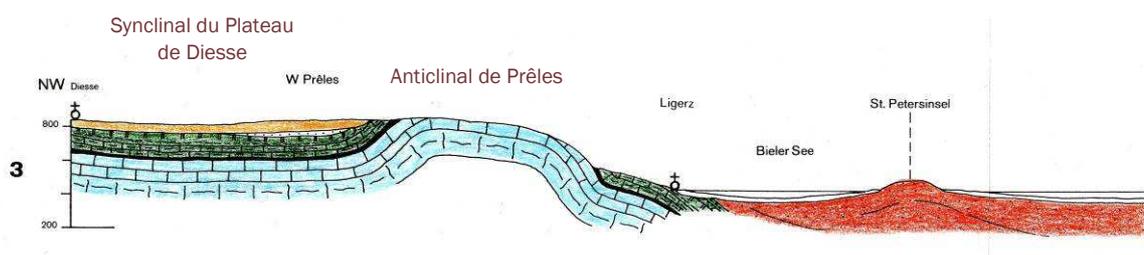


Fig. 3.49 – Coupe géologique du Plateau de Diesse (d'après Schär 1971)

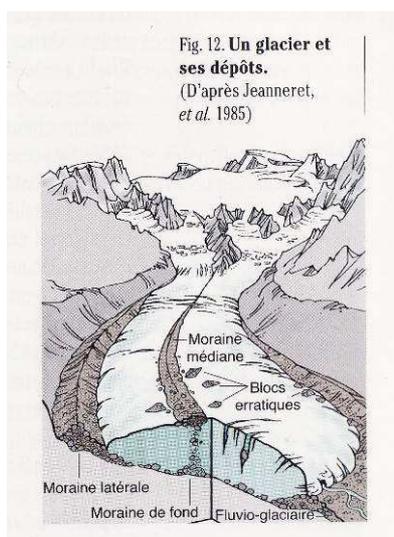


Fig. 3.50 – Un glacier et ses dépôts (Schaer et al. 1998)

Le plateau de Diesse, à proprement parler, est un synclinal. Une rivière y prend sa source. Il s'agit de la Douanne qui a entaillé l'anticlinal de part en part, formant ainsi une cluse, et qui se jette dans le lac de Biemme. Un chemin parcourt cette cluse, il est décrit plus en détails dans le chapitre suivant (cf. section 4.2.3). Le synclinal n'est pas très marqué, car il a été comblé par de la moraine de fond et des moraines latérales. On trouve également de nombreux blocs erratiques, tant sur le plateau de Diesse que plus bas, dans le Seeland. Ces moraines et blocs erratiques sont des preuves de la présence d'un glacier dans la région (cf. fig. 3.50). En fait, il y a même eu plusieurs glaciers qui se sont succédés à différentes époques. Durant le Quaternaire, les températures oscillent entre des périodes très froides, les

glaciations, et des périodes plus tempérées, les interglaciaires. La dernière glaciation, celle du Würm a eu lieu entre 25'000 et 18'000 ans et nous nous trouvons aujourd'hui dans une période interglaciaire. Lors des périodes froides, des glaciers (d'où le nom de glaciations) ont envahi notre pays ainsi qu'une grande partie de l'Europe. Le glacier du Rhône qui prenait son origine dans les Alpes, s'étendait alors jusque dans la région de Soleure (cf. fig. 3.51). La présence de moraines le long du Jura permet de délimiter l'extension du glacier. L'altitude de ces moraines diminue lorsqu'on se rapproche de

Soleure. Elles sont situées à 1100 m sur le versant Ouest de Chaumont, à 1030 m au-dessus de Lignièrès, à 970 m au-dessus de Bienne et à 930 m à la Montagne de Boujean (Panzca 1979). L'emplacement de ces moraines sur le Plateau de Diesse et leur absence dans la région sommitale du Chasseral confirme l'hypothèse que le Chasseral n'a pas été englacé au Würm. Une partie du Jura était également recouverte par un autre glacier. Ce glacier, la Calotte jurassienne, n'arrivait toutefois pas jusque dans la région du Chasseral. Le haut de Chasseral est donc resté libre de glace, mais pas de neige, ce qui explique pourquoi on ne trouve pas de moraines ou de blocs erratiques au sommet.

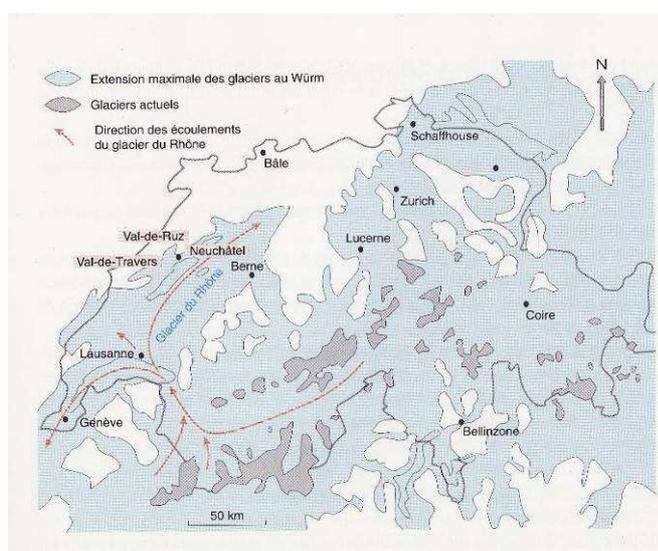


Fig. 3.51 - L'étendue des glaciers au Würm (Schaer et al.1998)

Au deuxième plan de la figure 3.48, après le plateau de Diesse, nous trouvons **le Moyen-Pays**. Cette grande zone relativement plane, située entre les Alpes et le Jura, est en fait un énorme bassin de 300km de long et 40 à 70km de large, rempli de Molasse (figurée en jaune sur la coupe géologique, fig. 3.52).

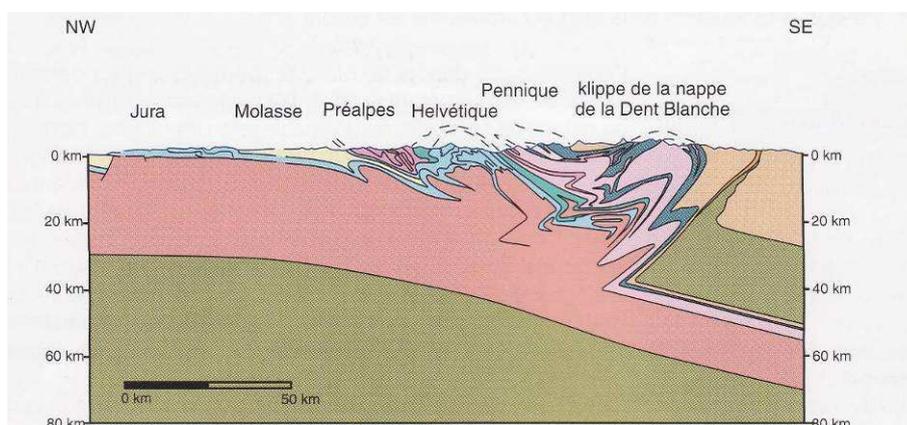


Fig. 3.52 - Coupe géologique de la Suisse (Marthaler 2002)

Contrairement aux calcaires ou aux marnes, la Molasse n'est pas une roche en soi. Il s'agit d'une accumulation de sédiments de différentes natures, provenant généralement de l'érosion des Alpes. Le dépôt de la Molasse est contemporain de la formation des Alpes. Nous revenons donc à une période de formation des roches (histoire 1), engendrée par l'érosion des Alpes (histoire 3), suite à la rencontre de deux plaques, celle de l'Europe et celle de l'Apulie (histoire 2). La Molasse s'est déposée au Tertiaire, entre l'Oligocène inférieur (33MA) et le Miocène moyen (10MA), formant des empilements allant de quelques centaines de mètres dans le Nord du Plateau suisse à plusieurs kilomètres (5 à 6km) près des Alpes (Labhart et Decrouez 1997). Par la suite, le Moyen-Pays a été recouvert à plusieurs reprises par le glacier du Rhône, qui y a sculpté des collines et déposé des moraines, ainsi que des blocs erratiques. Le Jolimont, près de Cerlier entre le lac de Bièvre et celui de Neuchâtel, ainsi que le Mont Vully au Nord du lac de Morat, sont donc des collines de Molasse (cf. fig. 3.48).

Pour en savoir plus sur la Molasse

La Molasse est issue d'une histoire compliquée. Les géologues distinguent deux types de Molasse, selon l'endroit où elle a été déposée : la Molasse marine, qui est une accumulation de sables et d'argiles dans un bras de mer, et la Molasse d'eau douce, qui a été déposée par des grands fleuves sur des terres émergées ou dans des lacs. Ces deux sortes de Molasse s'alternent.

Au début de l'Oligocène, le Moyen-Pays est recouvert d'une mer peu profonde qui s'étendait de la mer du Nord jusqu'au Jura. Des sables fins, des argiles et des marnes riches en fossiles (squelettes de poissons, dents de requins, etc.) s'y sont accumulés, formant la **Molasse marine inférieure**. Suite à un abaissement du niveau de la mer, le Plateau suisse est à nouveau émergé. À cette période, les Alpes sont le siège d'une érosion intense qui charge les rivières de sédiments. Ces sédiments se sont ensuite déposés, recouvrant petit à petit le Plateau et le Jura de **Molasse d'eau douce inférieure**.

Au Miocène inférieur (~20MA) a lieu la dernière invasion de la mer en provenance du Sud. La sédimentation redevient marine. C'est l'époque du dépôt de la **Molasse marine supérieure**. Après le retrait définitif de la mer, le dépôt des résidus de l'érosion des Alpes reprend dans le Moyen-Pays et le Jura. La **Molasse d'eau douce supérieure** sera la dernière à se former, mettant un terme au come-back de l'histoire 1, c'est-à-dire de la formation des roches.

Au dernier plan de la figure 3.48, c'est **la chaîne des Alpes**, avec notamment « les trois bernoises », l'Eiger, le Mönch et la Jungfrau (cf. fig. 3.53).



Fig. 3.53 – Vue sur les « trois Bernoises » (Photo : P. von Ballmoos)

Une partie des Alpes est également composée de roches sédimentaires plissées et déformées par le soulèvement des Alpes. Comme on peut le remarquer sur la coupe géologique (cf. fig. 3.52) les couches formant les Alpes calcaires sont les mêmes que celles que nous avons pu observer tout au long de notre randonnée. Ce n'est pas parce qu'elles passent sous la Molasse et la couverture quaternaire du Plateau suisse que ces couches ont disparu. Elles ont juste été recouvertes par plusieurs centaines de mètres, voire plusieurs kilomètres, de Molasse et de couverture quaternaire.



Fig. 3.54 – Vue sur les Alpes depuis le col du Chasseral (Photos : P. von Ballmoos)

Cette dernière étape de la randonnée montre qu'un paysage cache une certaine complexité derrière une apparente unité. Pour une lecture complète du paysage, il est nécessaire d'avoir compris, non seulement le fonctionnement des trois processus principaux (sédimentation, collision, érosion) à la base de tout paysage, mais également d'avoir compris comment ces trois processus, ces trois histoires s'agencent, comment elles interagissent et comment elles « *modifient le résultat des processus antérieurs* » (Kramar 2003).

3.5) Le chemin du retour

Une fois arrivés à l'Hôtel Chasseral, plusieurs possibilités s'offrent à vous. Bien entendu, je ne peux que vous conseiller de faire un petit crochet jusqu'à l'antenne, point le plus haut du massif. Ensuite, vous pouvez effectuer le trajet du retour en transports publics, soit par Saint-Imier, soit pas Nods (seulement le week-end). Si vous souhaitez poursuivre votre randonnée, vous pouvez redescendre à pied et, là également, vous avez le choix entre le versant Nord et le versant Sud. Si vous choisissez de descendre en direction de Nods, suivez l'ancienne piste de ski qui traverse la forêt et qui arrive en haut du village. Si vous souhaitez retourner en direction du vallon de Saint-Imier, vous pouvez suivre la variante proposée au chapitre suivant (cf. section 4.1). Arrivés à la Corne, vous pouvez revenir en arrière pour rejoindre la route principale, à la hauteur de la métairie des Planes où le bus s'arrête.

C HAPITRE 4 : VARIANTE ET AUTRES SUGGESTIONS

Ce chapitre est séparé en trois parties. D'une part, il présente une variante ou un supplément à l'itinéraire de la Combe-Grède (section 4.1) et d'autre part, il propose d'autres balades GEO dans le massif du Chasseral (section 4.2). Bien entendu, la liste n'est pas exhaustive, car toute balade peut se prêter à la lecture du paysage. La section 4.3, quant à elle, présente certains livres pour tous ceux qui désirent en savoir plus sur le Jura ou sur la géologie de la Suisse.

4.1) Variante de l'itinéraire de la Combe-Grède

La variante que je vous propose ici (en bleu sur l'Annexe 11) peut se faire de différentes manières. Vous pouvez l'effectuer de façon totalement indépendante en partant de l'Hôtel Chasseral puis en rejoignant le sentier de la randonnée de la Combe-Grède au Pré-aux-Augues ou alors faire ce trajet supplémentaire en redescendant en direction du vallon de Saint-Imier. Mais quel que soit le sens dans lequel vous effectuerez ce parcours, l'effort en vaut la peine, car les trois étapes que je vous propose apportent des informations complémentaires et une nouvelle approche à ce qui a été vu tout au long de la randonnée de la Combe-Grède.

Etape A : Corne de l'Ouest

Depuis le Pré aux Auges, il faut compter environ 10 minutes de marche pour arriver à la Corne de l'Ouest, endroit idéal pour avoir une vue d'ensemble sur la Combe-Grède, le vallon de Saint-Imier et le Mont Soleil. De l'autre côté du vallon de Saint-Imier, sur le flanc sud du Mont Soleil, nous pouvons observer une zone surcreusée en forme de demi cercle. De nombreuses théories ont été élaborées pour expliquer l'origine de cette forme énigmatique. A la fin des années 1970, certains scientifiques ont émis l'hypothèse qu'il pouvait éventuellement s'agir de la trace laissée par l'impact d'une météorite. Toutefois, cette forme particulière n'est pas unique dans le Jura Bernois, puisqu'on en trouve plusieurs, notamment sur les flancs du Raimeux (BE). D'après Monbaron (1990), ces hémicycles seraient une marque particulière de l'érosion karstique. Il a remarqué que toutes ces formes sont situées dans le Malm, dans une zone de flexure, donc une zone fragilisée par des diaclases, et qu'une source jaillit à



Fig. 4.1 – La Corne de l'Ouest
(Photo : P. von Ballmoos)

leur origine. Il en a donc déduit qu'il s'agissait simplement de ruz qui présentent une forme spécifique due à leur localisation, ainsi qu'à la combinaison de certains facteurs particuliers.

La Corne de l'Ouest est également le meilleur endroit pour comprendre la structure du flanc nord de Chasseral. En regardant à l'Est, nous avons une image miroir de l'endroit où nous nous trouvons (cf. fig. 4.1) et nous pouvons très bien observer les couches extérieures de l'anticlinal de la Combe-Grède. En revanche, même si nous apercevons bien le crêt rocheux de l'anticlinal Chasseral, nous ne distinguons pas le pendage des couches. Entre ces deux affleurements, à peu près au niveau de la forêt, se trouve la ligne de chevauchement qui sépare les deux anticlinaux (cf. fig. 4.2).

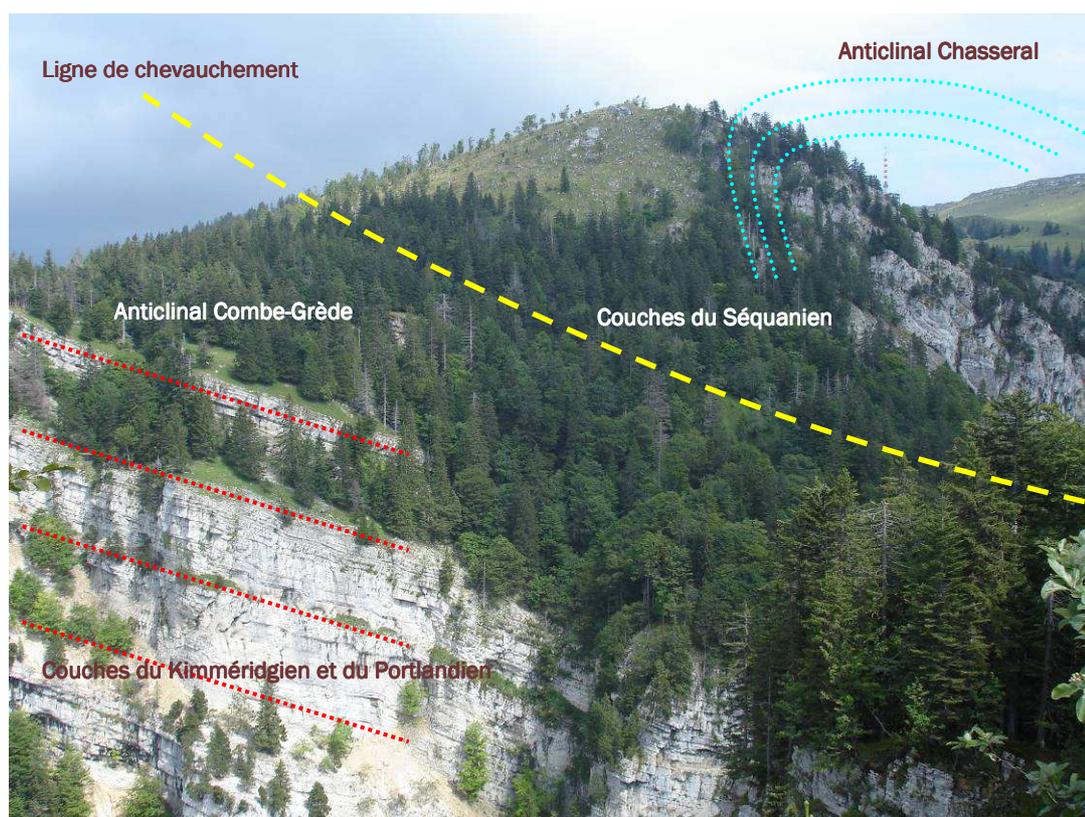


Fig. 4.2 – La zone de chevauchement (Photo : J. von Ballmoos)

Nous avons vu, lors de l'étape 7, que la charnière de l'anticlinal Chasseral avait été évidée, créant ainsi une combe anticlinale. Ici également, l'anticlinal Combe-Grède a été évidé mais le résultat est une cluse (cf. fig. 4.3). Pourquoi cette différence ?

Rappelons que l'érosion du sommet du Chasseral est principalement le résultat de la dissolution karstique le long de la charnière. Dans le cas de cet anticlinal, l'agent d'érosion est un cours d'eau et son action est perpendiculaire à l'axe du pli. Une cluse est le résultat d'une érosion régressive, c'est-à-dire qu'à partir de l'endroit où il arrive à l'air libre, le cours d'eau grignote petit à petit ce qui se trouve en amont. Pourtant, à part quelques petits ruisseaux, il n'y a que très peu d'eau qui coule dans la Combe-Grède. Alors comment de si petits torrents ont-ils pu entailler de part en part un anticlinal de cette taille ? D'abord, il a fallu beaucoup de temps pour former cette cluse et si elle se trouve précisément ici et pas à un autre endroit, c'est parce qu'il s'agissait probablement d'une zone de faiblesse causée par la présence d'un réseau de failles. Ensuite, le climat a énormément varié au cours du quaternaire, engendrant des périodes très humides et d'autres plus sèches. La fonte des glaciers et de la neige à la fin du Würm marque également une période où l'eau était plus abondante dans le Jura. Il est donc fort probable que cette cluse ait été formée par un important torrent, à une époque où les conditions climatiques étaient fort différentes de celles que l'on rencontre actuellement.

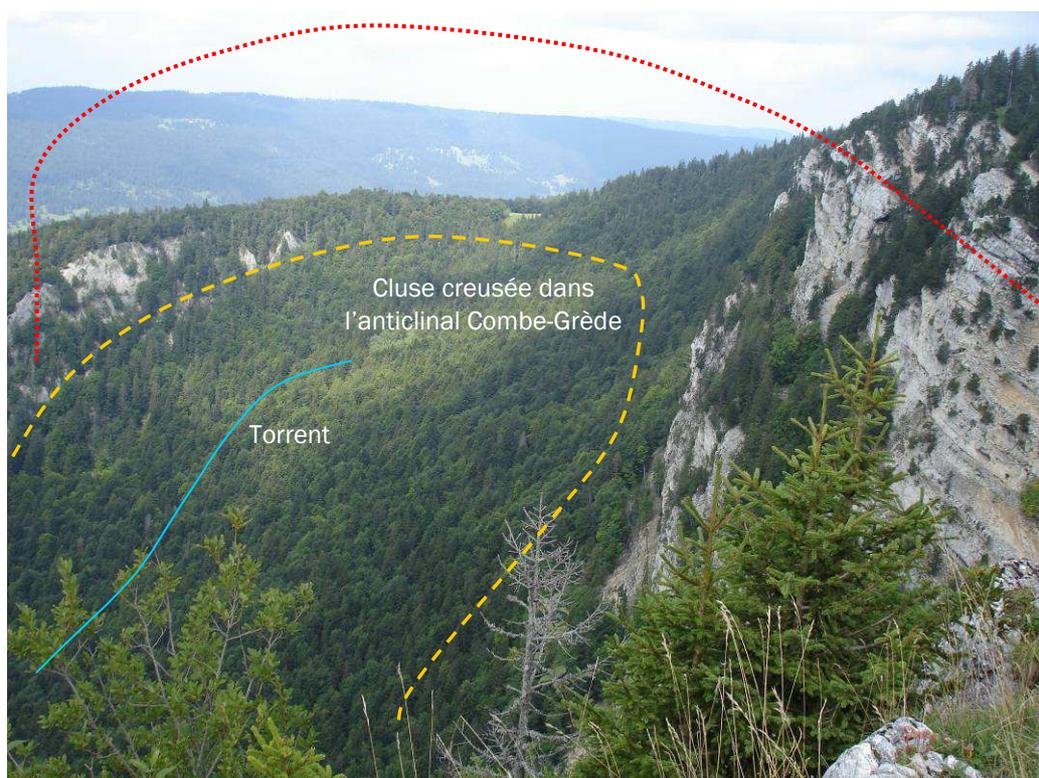


Fig. 4.3 – La cluse formée au cœur de l'anticlinal Combe-Grède (Photo : J. von Ballmoos)

Etape B : L'Egasse (569.225/220.200)

A la sortie de la forêt, le chemin atteint le sommet de l'Egasse, qui correspond au premier crêt de l'anticlinal Chasseral. On voit très nettement que ces couches sont verticales alors que nous ne parvenons pas à distinguer le pendage des couches depuis le Pré aux Auges. Cet exemple illustre très bien le fait que les plis qui forment le Jura sont rarement des plis symétriques, bien au contraire. Les anticlinaux du Jura correspondent



Fig. 4.4 – Couches verticales à l'Egasse. (Photo : J. von Ballmoos)

généralement à des plis coiffés ou déjetés. Dans le cas de l'anticlinal Chasseral (et également de l'anticlinal Combe-Grède), il s'agit d'un pli en genou (cf. fig. 3.6).

En quittant le sommet de l'Egasse pour redescendre dans la combe anticlinale, une vue d'ensemble de la combe anticlinale s'offre à nous depuis le bord de la route (cf. fig. 4.5). Sur cette photo, on distingue très nettement, de gauche à droite : L'Egasse, l'entaille de la Combe-Grède, le Houbel (crêt septentrional), le Petit Chasseral (mont dérivé) et l'antenne au sommet du Chasseral (crêt méridional).

De ce point de vue, nous pouvons remarquer que la combe anticlinale n'est pas symétrique. Pourquoi les deux crêts n'ont-ils pas le même aspect, alors qu'ils sont formés par la même couche ? C'est la dissymétrie du pli qui en est la cause principale. Nous venons de voir que les couches du crêt nord sont verticales, alors qu'elles ont un pendage d'environ 30° de l'autre côté de la combe. L'érosion, qu'elle soit karstique ou mécanique, n'adonc pas le même effet sur les couches d'un côté et de l'autre. En outre, l'orientation des couches est également un facteur explicatif. Ainsi, les crêts orientés S ou SE, comme le crêt septentrional, sont plus exposés aux rayons solaires. En hiver, ils sont donc soumis à davantage de cycles gel – dégel, d'où une érosion mécanique plus importante. De loin, nous arrivons également mieux à nous représenter la structure originelle de l'anticlinal, et donc toute la matière qui a été enlevée. En sachant que l'érosion karstique représente une ablation de 0,1 mm par an (CJP 2007) et que le sommet de l'anticlinal devait culminer autour de 2500 m (App 2000), nous pouvons imaginer le temps qu'il a fallu pour arriver au relief actuel.

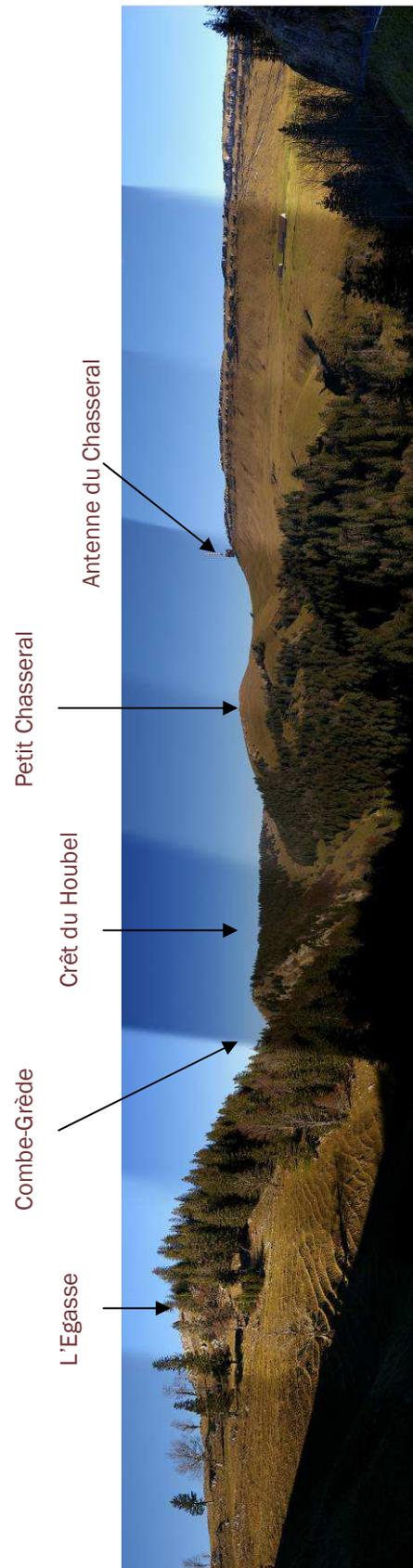
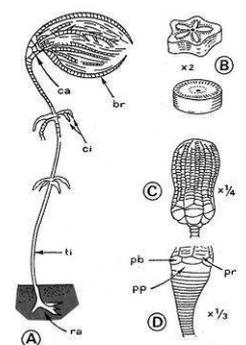


Fig. 4.5 – Combe anticlinale (Photos : P. von Ballmoos)

Etape C : Paroi pleine de fossiles le long de la route (569.300/220.050)

Juste après l'Egasse, la route contourne la Cornette, longeant des parois calcaires. Ces parois sont composées de calcaires du Séquanien, tout comme les crêts bordant la combe anticlinale. Pourtant, ils n'ont pas le même aspect. Il ne faut pas oublier que le Séquanien a duré quelques millions d'années pendant lesquelles les conditions de sédimentation n'ont pas toujours été les mêmes. Ce sont précisément ces différences qui ont engendré des calcaires d'aspects différents. En cherchant attentivement le long de la paroi, juste avant les filets de protection, nous pouvons observer de nombreux fossiles, notamment des bivalves et des crinoïdes (cf. fig. 4.7). Les crinoïdes sont des échinodermes, c'est-à-dire qu'ils font partie du même embranchement que les oursins et les étoiles de mer. On ne peut généralement observer que des débris de tiges ou de bras. Ces débris sont appelés entroques (cf. fig. 4.6) et sont généralement ronds ou pentagonaux avec un trou au milieu. Lorsqu'un calcaire contient beaucoup d'entroques, il peut être spathique, c'est-à-dire qu'il est chatoyant à cause de la réflexion de la lumière sur les cristaux de calcite.



Crinoïdes

A : Crinoïde en position de vie – br : bras – ca : calice – ci : cirres – ra : racines – ti : tiges.
 B : deux articles de tige (ou entroques) isolés.
 C : calice et bras d'*Enocrinus* (Trias moyen).
 D : calice et portion de tige d'*Apticrinus* (Jurassique sup. – pb, pr, pp : plaques basale, radiale, proximale).

Fig. 4.6- Entroques



Fig. 4.7 – Crinoïdes dans les calcaires de la Cornette (photo : P. von Ballmoos)

4.2) Autres suggestions d'excursions GEO dans la région de Chasseral

La carte topographique de l'Annexe 10, indique la localisation de ces trois sites.

4.2.1) Le Creux de Glace (572.900/222.550)

Situé à environ 500 m à l'Ouest de la Métairie de la Petite Douanne, le « Creux de Glace » (1320 m d'altitude) est un trou d'une profondeur d'environ 20 m et d'un diamètre d'environ 15 m. Il s'agit, en fait, d'une glacière dans laquelle on trouve de la glace tout au long de l'année, même lorsque les températures extérieures sont positives. La morphologie particulière des glacières en fait de véritables « pièges à froid »²² (cf. fig. 4.9). Pendant l'hiver, l'air froid s'engouffre à l'intérieur de la cavité et chasse l'air plus chaud qui s'y trouve. Durant l'été, l'air chaud, du fait de son poids plus léger, ne parvient pas jusqu'au fond du trou, limitant les échanges de chaleur et ralentissant l'augmentation des températures. Contrairement à ce que l'on peut penser, ce n'est pas pendant l'hiver que



Fig. 4.8 – Le Creux de Glace (Photo : P. von Ballmoos)

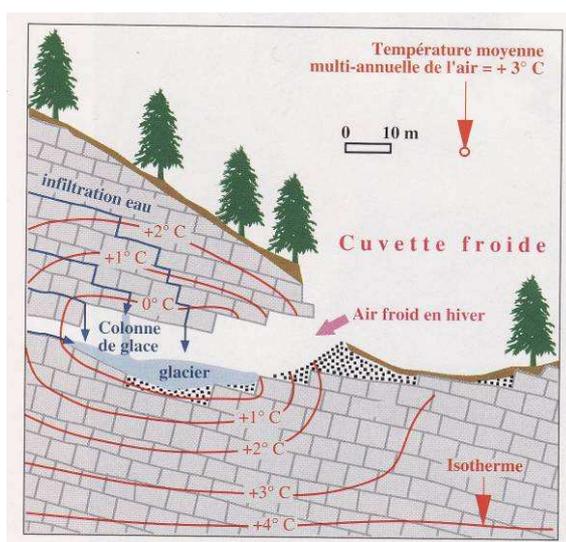


Fig. 4.9 – Glacière statique, piège à air froid (Dysli et Lütscher 2003)

le niveau de glace est au maximum. En effet, à cette saison, l'eau se trouve généralement sous forme de neige ou de glace à l'extérieur et elle ne pénètre pas, ou très peu, dans la cavité. Par contre, au début du printemps, la neige et la glace fondent, et l'eau de fonte goutte dans la glacière. A cet endroit, elle entre au contact avec l'air glacial du fond de la cavité et se transforme en glace. Celle que l'on trouve au fond du Creux de Glace (cf. fig. 4.10) est donc de la glace de regel. Durant l'été, l'air se réchauffant

²² Les informations sur le fonctionnement des glacières proviennent du site Internet : http://t.s.l.free.fr/glaciere_naturelle/

légèrement, la glace fond. Paradoxalement, la fonte de la glace contribue au maintien de températures proches de 0°C, car la fusion est un processus qui consomme de l'énergie, donc de la chaleur.

On trouve de nombreuses glaciers dans le Jura, comme par exemple celles de Saint-Georges ou de Pré-Saint-Livres dans le canton de Vaud et celle du Monlési dans le canton de Neuchâtel. Ces trois glaciers ont été exploités jusqu'au début du 20^{ème} siècle (Blant 2001) et celle du Monlési peut être visitée.



Fig. 4.10 – L'intérieur du Creux de Glace au mois d'avril (Photo : P. von Ballmoos)

4.2.2) Les traces de dinosaures à la Heutte (584.500/226.200)

A environ 30 minutes de marche de la gare de la Heutte, on peut observer des traces de dinosaures. Ces empreintes se trouvent dans les calcaires du Kimméridgien. Elles ont été mises à jour en 1997, lors de la construction d'un chemin de desserte forestière. Elles ont été laissées par des dinosaures appartenant à deux groupes différents : d'une part, les théropodes, des dinosaures bipèdes et carnivores qui ont laissé derrière eux des empreintes tridactyles, et d'autre part, les sauropodes, herbivores quadrupèdes dont les membres en forme de pilier ont laissé des empreintes plus ou moins circulaires. Celles de la figure 4.11 sont des empreintes de

brachiosaure, un sauropode du même groupe que les diplodocus. Ce reptile pouvait mesurer jusqu'à 9m et pesait environ 20 tonnes.



Fig. 4.11 – Traces de dinosaures dans les calcaires kimméridgien à la Heutte
(Photo : J. von Ballmoos)

C'est également dans les couches du Kimméridgien que les travaux de construction de la Transjurane (autoroute A16) ont révélé une grande dalle calcaire couverte de pistes de dinosaures dans la région de Courtedoux.

Les dinosaures, tout comme les ammonites et beaucoup d'autres espèces, ont disparu à la limite entre le Crétacé et le Tertiaire (65 MA). Les spécialistes ne s'accordent toujours pas sur la cause de cette extinction massive qui a touché environ 65% des espèces. Certains l'expliquent par une éruption volcanique massive qui aurait provoqué un refroidissement du climat à la suite de l'émission d'un nuage de cendres empêchant les rayons du soleil d'atteindre le sol. D'autres préconisent plutôt l'hypothèse d'une pluie de météorites, dont la preuve la plus manifeste est la présence d'énormes cratères d'impact dans le Yucatan, au Mexique. Bien entendu, il est tout à fait plausible que les deux phénomènes aient eu lieu simultanément.

4.2.3) Les Gorges de Douanne

En une heure et demie, cette randonnée vous mènera de Prêles à Douanne, en traversant des gorges longues de deux kilomètres, taillées dans les calcaires du Malm supérieur. Ce sont des calcaires massifs assez clairs qui forment des bancs, comme vous pourrez le voir tout au long du sentier. Ils contiennent principalement des fossiles de foraminifères, donc microscopiques, ainsi que quelques fossiles de mollusques (Schär 1971). Comme la Combe-Grède, les Gorges de Douanne permettent de voir l'intérieur d'un anticlinal. Vous remarquerez notamment que les pendages varient énormément, tantôt presque horizontaux, tantôt presque verticaux, présentant une structure en marche d'escaliers. Sur toute la longueur des gorges, l'action érosive de l'eau est particulièrement visible, la rivière ayant creusé des bassins ou sculpté des marmites dans les bancs calcaires qui bordent son lit. À la sortie des gorges, sur la rive gauche, il y a des grottes, qui sont le résultat de l'action combinée du cours d'eau qui a fragilisé les couches calcaires et de la dissolution karstique qui a dissout la roche le long des joints de stratification, c'est-à-dire à la limite entre deux couches. L'eau s'infiltré le long de ces faiblesses de la roche et, petit à petit, la dissolution les agrandit jusqu'à former, parfois, des grottes.

3.3) Quelques références bibliographiques pour celles et ceux qui souhaitent en savoir plus

Que vous soyez férus de géologie ou que vous souhaitiez juste en savoir un peu plus sur le Jura, voici une petite sélection d'ouvrages²³ qui vous donnera peut-être d'autres idées d'excursions.

Livres sur le Jura

[Le Jura. Les paysages, la vie sauvage, les terroirs](#) (M. Blant 2001)

Complet et bien illustré, ce livre présente à la fois les aspects géologiques, biologiques et culturels de l'ensemble du Jura.

[Jurassique... Jura. Métamorphose d'un paysage](#) (CJP 2007)

Cet ouvrage qui vient d'être publié par la Société jurassienne d'émulation, est uniquement consacré à l'histoire GEO du Jura. Richement illustré et facilement compréhensible, même pour les personnes n'ayant que quelques connaissances de base, c'est un excellent exemple de vulgarisation des sciences de la Terre. Il contient également un DVD du film « Sur la piste des dinosaures jurassiens ».

²³ Vous trouverez les références complètes dans la bibliographie

Idées de randonnées

Lignes & Chemins (PRC)

Brochure éditée chaque année par le PRC, elle présente 12 randonnées dans le massif du Chasseral, réalisables en utilisant les transports publics. Chaque randonnée est l'objet d'une brève présentation incluant la difficulté, le temps de marche et les horaires des bus et/ou trains.

Randonnée pédestre (Revue Intervalles n° 47)

Cette brochure présente différentes randonnées dans tout le Jura et le Jura Bernois.

Livres sur la géologie de la Suisse

Le Cervin est-il africain ? (M. Marthaler 2002)

Ce livre raconte « une histoire géologique entre les Alpes et notre planète ». Ouvrage richement illustré et très didactique, il répond à toutes les questions que nous pouvons nous poser sur l'origine de nos montagnes.

La géologie de la Suisse (Labhart et Decrouez 1997)

Ce livre présente une synthèse de la géologie de la Suisse, du Jura aux Alpes en passant par le bassin molassique. Destiné au grand public, son contenu est facilement compréhensible.

C HAPITRE 5 : CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Le paysage est le concept clé du PRC. Sans son paysage, le massif du Chasseral n'attirerait pas autant de visiteurs qui, été comme hiver, fréquentent la région en masse. Et sans son paysage, le PRC ne pourrait pas non plus prétendre à une reconnaissance fédérale, et donc à l'obtention du label « Parc Naturel Régional ». Cependant, presque aucun lien n'est établi entre le paysage et la GEO. Or parler d'un paysage, sans parler de GEO, c'est comme décrire un gâteau sans mentionner sa composition. Certes, c'est le glaçage et la décoration qui nous donnent envie d'y goûter, mais c'est ce qu'il y a dedans qui lui donne toute sa saveur. C'est donc dans le but de faire découvrir ce qui se cache généralement sous la surface, mais qui peut être visible en certains endroits bien précis, que j'ai décidé de réaliser cette étude.

5.1) Critique de la méthode des trois histoires

Si j'ai choisi une approche didactique pour ce travail, c'était principalement pour rendre les résultats de mon étude accessibles à toutes les personnes qui souhaitent en savoir plus sur les paysages du Chasseral, ainsi que pour faire découvrir la région du Chasseral à celles qui ne la connaissent pas. De plus, comme vous avez pu le constater, la région se prête très bien à la mise en valeur des Sciences de la Terre.

Dans cette optique, j'ai opté pour la « méthode des trois histoires du paysage », qui a l'avantage indéniable de donner une structure au paysage. Elle permet de mettre en avant les trois processus (sédimentation, collision, érosion) à la base de chaque paysage, et de donner un aperçu de la chronologie des événements. Selon Kramar (2005) « le modèle sert de schéma cohérent pour replacer dans une temporalité relative, les objets géologiques présentés. ». Mais cette méthode présente les trois processus comme étant une succession d'événements, alors que la situation est loin d'être aussi simple. La méthode des trois histoires ne permet pas de mettre en évidence les interconnexions qu'il y a entre les trois histoires, de montrer à quel point chacune est liée aux deux autres et dépend des deux autres. L'histoire de la Molasse en est le meilleur exemple. Sa formation fait appel aux trois histoires simultanément : la formation des Alpes engendre une érosion, qui elle-même est à l'origine de la sédimentation de la Molasse.

Cette méthode fournit néanmoins un excellent outil pour expliquer la structure du paysage à des personnes n'ayant aucune connaissance préalable, puisqu'elle permet de poser les fondations sur lesquelles on pourra ensuite construire un savoir plus complet. Elle est d'autant plus adaptée à la randonnée que les formes observées au fil du chemin ne suivent pas un déroulement chronologique. La subdivision du cycle orogénique en trois histoires distinctes permet donc de contextualiser les événements qui ont généré la forme observée, « *de tisser des liens entre le local et le mondial, entre le passé et le présent, entre une géométrie apparemment figée mais visible et des processus actifs mais inaccessibles au regard* » (Martaler 2004a). Ensuite, une fois les fondations bien ancrées, une fois acquise l'idée qu'un paysage résulte d'une succession de processus ayant eu lieu à des époques et dans des lieux différents, le médiateur scientifique pourra complexifier la méthode, imbriquant et reliant les histoires entre elles.

Lorsqu'on souhaite passer du paysage en tant qu'ensemble de processus complexes à une grille de lecture simplifiée, il faut évidemment accepter de perdre de l'information. Ce sera ensuite à l'accompagnateur de trouver le juste milieu en fonction de l'endroit, du niveau de connaissance du public et de sa curiosité.

5.2) Vers une interdisciplinarité du paysage

Tout au long de ce travail, ce sont les aspects GEO du paysage qui ont été au centre de la problématique. L'interdisciplinarité des Sciences de la Terre est, en effet, indispensable à une bonne lecture du paysage. Toutefois, il ne faut pas oublier que si la GEO forme l'ossature du paysage, elle offre également une multitude de milieux où peuvent se développer et vivre différentes espèces animales et végétales. Il est donc nécessaire d'aller plus loin dans l'interdisciplinarité en ajoutant, pour une vision complète, les aspects biotiques du paysage.

Au Chasseral, 498 espèces de plantes ont été recensées au-dessus de 1300m. Il s'agit du troisième massif le plus riche en plantes du Jura (Blant 2001). Cette richesse végétale est directement liée aux aspects GEO. La végétation varie par exemple en fonction des couches qui, selon leur pendage et leur intersection avec le relief, forment des replats, des combes, des crêts, etc. La composition et l'épaisseur des sols varient également en fonction du substratum rocheux (Blant 2001). D'autre part, le Chasseral n'ayant pas été recouvert par les glaciers lors du Würm, différentes plantes originaires

des Alpes y ont trouvé refuge. Ces plantes, dites « relicttes », se sont adaptées à ces milieux et continuent aujourd'hui d'y pousser.

Les aspects GEO jouent également un rôle dans la répartition de la faune. Ainsi les parois rocheuses bordant la Combe-Grède offrent le terrain escarpé nécessaires aux chamois (cf. fig. 5.1 et 5.2). Ces mêmes parois représentent également une zone propice à l'implantation du faucon pèlerin ou du grand corbeau. Tout au long de votre balade, gardez donc une oreille attentive et ouvrez l'œil car, comme le disait Paracelse, alchimiste suisse du 16^{ème} siècle, « *Il y a des invitations partout pour l'œil qui sait voir.* »



Fig. 5.1 – Trace de chamois sur le sentier de la Combe-Grède (Photo : J. von Ballmoos)



Fig. 5.2 – Chamois sur l'Egasse (Photo : J. von Ballmoos)

5.3) Perspectives de cette étude

Cette étude a contribué à mettre en lumière les différents processus à la base du paysage du Chasseral si souvent admiré mais rarement analysé. Nous avons, sous nos pieds, le témoignage d'une histoire lointaine, tant au niveau temporel que spatial. A nous maintenant de prendre conscience de la valeur de ce dont nous avons hérité. L'obtention du label Parc Naturel Régional sera déjà un grand pas dans cette direction.

Après avoir parcouru le Chasseral dans tous les sens, seule ou en groupe, je comprends mieux, maintenant, la réticence du PRC à l'installation de sentiers didactiques (cf. chap. 1). D'une part, la localisation même de la Combe-Grède ne se prête pas à la mise sur pied d'une telle infrastructure (problèmes d'accessibilité, région enneigée plusieurs mois par année, etc.) et d'autre part, l'organisation de visites guidées permet une approche plus personnalisée en fonction du public. Toutefois, la réalisation de petits guides au format de poche pourrait être une idée à développer. Ils permettraient notamment au randonneur venu spontanément à Chasseral, ou à celui qui ne désire pas participer à une sortie en groupe, d'obtenir des informations de qualité sur la région qu'il va parcourir. Le Chasseral recèle, en outre, une multitude d'aspects GEO qui pourraient faire l'objet de petites présentations. C'est le cas notamment de tout l'aspect hydrologique de la région ou encore de l'utilisation par l'Homme des ressources géologiques (ciment, chaux, etc.). Bien entendu, la randonnée que je vous ai proposée pourrait également être présentée sous cette forme. Je reste donc persuadée que, bien présentés, ces sujets peuvent intéresser davantage de personnes qu'on ne le croit et qu'ils pourraient être permettre une diversification de l'offre qu'on aurait tort de négliger.

Glossaire

Sauf indication contraire, les définitions ci-dessous sont inspirées du dictionnaire de géologie (Foucault et Raoult 2001).

Affleurement	Portion de roche qui est à l'air libre et non recouverte par d'autres matériaux.
Anticlinal	Pli convexe (\cap) dont l'intérieur est occupé par les roches les plus vieilles.
Bivalve	Mollusque présentant deux coquilles (ex : moules, coquilles Saint-Jacques, etc.).
Charnière	Ligne reliant les points de courbure maximale d'un pli.
Chevauchement	Recouvrement d'un terrain par un autre suite à un mouvement tectonique.
Cluse	Entaille creusées par un cours d'eau et traversant un anticlinal de part en part.
Combe	Dépression creusée au sommet d'un anticlinal, parallèlement à ce dernier.
Crêt	Escarpelements rocheux bordant une combe anticlinale.
Cycle orogénique	Succession d'événements à l'origine de la formation puis de la destruction d'une chaîne de montagne.
Diaclase	Fissure de la roche.
Diagenèse	« Ensemble de processus chimiques et physiques qui transforment les sédiments déposés (boues gorgées d'eau) meubles et plastiques en roches cohérentes et compactes » (Daumas et Laudet 1992).
Doline	Dépression circulaire creusée dans des roches karstiques et pouvant atteindre plusieurs mètres de diamètre et de profondeur.
Erosion	Ensemble de phénomènes qui enlèvent une partie des terrains et modifient ainsi le relief. Elle peut être causée par des processus chimiques, tels l'altération et la dissolution des roches par l'eau ou par des processus mécaniques tels la désagrégation et l'enlèvement des roches par un fluide (p. ex. vent, eau, glace, etc.).
Fusion	Passage de l'état solide à l'état liquide. Exemple : transformation de la glace en eau.
Lapiez	Rigoles, cassures ou cannelures créées par dissolution à la surface des roches karstiques.

Molasse	Accumulation de sédiments de différentes natures, provenant généralement des Alpes.
Oolithe	Petites sphères de 0,5 à 2 mm de diamètre, formées par la précipitation de la calcite en couches concentrique autour d'une toute petite particule.
Orogenèse	« Ensemble de processus de formation des chaînes de montagne » (Larousse 1999).
Pendage	Angle qui mesure le plongement d'une couche par rapport à l'horizontale.
Photosynthèse	Processus inverse de la respiration qui permet aux plantes de produire du glucose à partir du gaz carbonique contenu dans l'atmosphère.
Ruz	Entaille faite par un cours d'eau sur le flanc d'un anticlinal.
Subduction	Enfoncement d'une partie d'une plaque tectonique, généralement océanique, sous une autre.
Synclinal	Pli concave (U) dont l'intérieur est occupé par les roches les plus jeunes.

Bibliographie

- App B. (2001), *Le Chasseral, roi des sommets jurassiens*, Bienne, Editions Gassmann et Pro Jura
- Andrews J.E, Brimblecombe P., Jickells T.D., Liss P. S et Reid B.J. (2004), *An Introduction To Environmental Chemistry*, Malden/MA, Blackwell Publishing.
- Aubert D. (1965), « Calotte glaciaire et morphologie jurassienne », in : *Eclogae geologicae Helvetiae*, vol. 58/1, 555-578, Bâle.
- Aubert D. (1969), « Phénomènes et formes du Karst jurassien », in : *Eclogae geologicae Helvetiae*, vol.62/2, 325-399, Bâle.
- Aubert D. et Guignard J.-P. (1972), « Découverte du Jura calcaire », in : *Mém. Soc. Vaud. Sc. Nat.* N° 92, vol. 15, fasc. 2.
- Bassin A. et Fallot P. (2001), *Plan directeur Chasseral, Rapport explicatif*, Associations régionales Jura-Bienne et Centre-Jura.
- Bissig G. et Reynard E. (2006), *L'eau en zone calcaire, Le Brassus*, Excursions hydrologiques en Suisse n° 3.3, Région Léman – Jura, Berne, Atlas hydrologique de la Suisse.
- Blant M. (2001), *Le Jura. Les paysages, la vie sauvage, les terroirs*, Paris, Delachaux et Niestlé.
- Brahier A, Cuche F., Rothenbühler A., Vivone M. et Vogelsperger F. (2007), *Etude de faisabilité*, version du 5 juin 2007, Parc Régional Chasseral
- Burri M. et Marthaler M. (1994), *Roches et minéraux : une introduction à la géologie*, Matériaux pour les cours et séminaires n° 19, Université de Lausanne.
- Centre Jurassien du Patrimoine (2007), *Jurassique... Jura, Métamorphose d'un paysage*, Besançon, Société jurassienne d'émulation.
- Cojan I. et Renard M. (1996), *Sédimentologie*, Paris, Dunod.
- Daumas J.-C. et Laudet R. (1992), *Quand la terre montre l'os, circuits géologiques autour de la Motte-Chalancon en Drôme Provençale*, La Motte-Chalancon, Cahiers de L'Oule.
- Derruau M. (2001), *Les formes du relief terrestre. Notions de géomorphologie*, Paris, Armand Colin.
- Dysli M. et Lüscher M. (juillet 2003), *Un phénomène peu connu. Les glaciers du Jura*, Les Alpes.
- Foucault A. et Raoult J.-F. (2001), *Dictionnaire de Géologie*, Paris, Dunod.
- Gentizon C. (2004), *Méthode d'évaluation des réserves naturelles en Suisse, les cas de la Pierreuse et des Grangettes*, Lausanne, Institut de Géographie, Travaux et Recherches N° 28, Thèse de doctorat.
- Grandgirard V. (1997), *Géomorphologie, protection de la nature et gestion du paysage*, Université de Fribourg, Faculté des sciences, Thèse de doctorat.

- Revue culturelle du Jura Bernois et de Bienne (février 1997), *Randonnée Pédestre*, Prêles, Intervalles n° 47.
- Kramar N. (2003), « Le cycle orogénique comme outil didactique », *Acte du Colloque de Nice sur la didactique des Sciences de la Terre*, Nice, Association Quartz.
- Kramar N. (2005), « Enjeux didactiques et épistémiques liés à l'utilisation d'un modèle historique en Sciences de la Terre ». in : Giordan A., Martinand J.-L., Raichvarg D., *Actes JIES XXVII*.
- Labhart T. et Decrouez D. (1997), *Géologie de la Suisse*, Paris, Delachaux et Niestlé.
- Marthaler M, (2002), *Le Cervin est-il africain ?* Lausanne, Editions L.E.P. (Loisirs et Pédagogie).
- Marthaler M., (2004a) « Lecture et analyse d'un paysage : Zermatt et le Cervin. Un exemple de la mémoire de la terre révélée par les panoramas », in : Reynard E., Pralong J.P., *Paysages géomorphologiques*, Lausanne, Institut de Géographie, Travaux et Recherches N° 27, 51-66,
- Marthaler M., (2004b) « La Pierreuse, un paysage pétrifié par le temps », in *Paysages en poésie*, Mont-sur-Lausanne, Editions LEP (Loisirs et Pédagogie).
- Marthaler M. et Kramar N., (2003), « Les paysages valorisés par leur histoire géodynamique. Quelques exemples où la mémoire de la terre est révélée par les panoramas », in *Acte du Colloque de Nice sur la didactique des Sciences de la Terre*, Nice, Association Quartz.
- Michel F. (2005) *Roches et paysages. Reflets de l'histoire de la Terre*, Saint-Amand-Montrond, Belin.
- Monbaron M. (1990), « Impacts de météorites ou cicatrices d'érosion ? Etude de quelques formes en hémicycle du Jura plissé Suisse », in : *Hommage à Daniel Aubert, un demi-siècle e recherches en sciences de la terre dans le Jura*, Neuchâtel, Bulletin de la société neuchâteloise des sciences naturelles, Tome 113.
- OFEQ (1979), *Inventaire fédéral des Paysages, sites et monuments naturels d'importance nationale*, Berne.
- Panzca A. (1979), *Contribution à l'étude des formations périglaciaires dans le Jura*, Université de Neuchâtel, Faculté des sciences, Thèse de doctorat.
- Pauli F. (1982), « Un peu d'histoire... », in : *Parc Jurassien de la Combe-Grède/Chasseral 1932-1982*, Saint-Imier, Association du Parc Jurassien de la Combe-Grède/Chasseral.
- Portmann J.-P. (1995), *Paysages de Suisse : Le Jura. Introduction à la géomorphologie*. Geographica Bernensia P24, Berne, Institut de géographie de l'université de Berne.
- Pralong J.-P. (2003), « Valorisation et vulgarisation des sciences de la Terre : les concepts de temps et d'espace et leur application à la randonnée pédestre », in : Reynard E., Holzmann C., Guex D., Summermatter N. (Eds). *Géomorphologie et tourisme*, Lausanne, Institut de géographie, Travaux et Recherches N° 24, 115-127.

- Pralong J.-P. (2004) *Les plis du temps : découvrir la mer par la montagne*. Pont de Nant – Col des Perris – Javerne, in *Paysages en poésie*, LEP, Mont-sur-Lausanne
- Ramade F. (1998), *Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau*, Paris, Edisciences international.
- Réseau franco-suisse d'Education à l'Environnement (2000), « Le paysage, témoin vivant de l'évolution de notre société », in : *Cahier ressources n°8, la lecture du paysage*, Yverdon.
- Reynard E. (2004), « La géomorphologie et la création des paysages », in : Reynard E., Pralong J.P., *Paysages géomorphologiques*, Lausanne, Institut de Géographie, Travaux et Recherches N° 27, 9-20.
- Reynard E. et Gentizon C. (2004), « Les instruments de protection du paysage en Suisse : état des lieux », In : Reynard E., Pralong J.P., *Paysages géomorphologiques*, Lausanne, Institut de Géographie, Travaux et Recherches N°27, 95-109.
- Salomon J.-N. (2006), *Précis de Karstologie*, Bouloc, Presses universitaires de Bordeaux.
- Schaer J.-P., Stettler R., Aragno P.-O., Burkhard M. et Meia J. (1998), « Géologie du Creux du Van et des Gorges de l'Areuse », in *Nature au Creux du Van*, Colombier, Editions du Club Jurassien.
- Sommaruga A. (1997), *Geology of the Central Jura and the Molasse Basin: New Insight into an Evaporite-Based Foreland Fold and Thrust Belt*, Neuchâtel, Mémoire de la Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles, Tome XII.
- Thivent V. (2007), « Les couches géologiques », in: *les Sciences de la Terre en 18 mots-clés*, La Recherche, Hors-série, septembre 2007.
- Thurmann H. V. et Trujillo A. P. (2002), *Essentials of Oceanography*, Upper Saddle River/NJ, Prentice Hall.

Documents du Parc Régional Chasseral²⁴

Journal du Parc régional Chasseral : *Le Relais* (divers numéros)

Bulletin de l'association du Parc régional Chasseral : @1607m (n° 1 et n° 2)

Dépliant : *Lignes et chemins, 12 randonnées combinées aux transports publics* (été 2007)

Textes de loi

LPN, *Loi fédérale sur la protection de la nature et du paysage*, du 1^{er} juillet 1966 (RS 451), état le 1^{er} juillet 2007.

OParcs, *Ordonnance sur les parcs d'importance nationale*, projet du 30 janvier 2007.

Cartes topographiques

Carte nationale de la Suisse au 1:25'000, Feuille 1125 *Chasseral*, 2007, Wabern, Office Fédéral de la Topographie.

²⁴ Tous ces documents peuvent être téléchargés sur le site du PRC, dans la rubrique « téléchargements » (www.parcchasseral.ch)

Carte nationale de la Suisse au 1:25'000, Feuille 2504 *Macolin*, 2004, Wabern, Office Fédéral de la Topographie.

Cartes géologiques

Schär U. (1971), *Bielersee, feuille 1145 de l'Atlas géologique de la Suisse* (avec notice explicative), Berne, Commission géologique suisse.

Aufranc J. (2005), *Chasseral, feuille 1125 de l'atlas géologique de la Suisse*, Berne, Commission géologique suisse. Non publié.

Sites Internet

Parc Régional Chasseral : www.parcchasseral.ch

Cartes topographiques : www.swissgeo.ch

Office fédéral de l'environnement : www.bafu.admin.ch

Site sur les glaciers : http://t.s.l.free.fr/glaciere_naturelle/

Annexe 1 : Activités organisées dans la région de Chasseral en 2007

5 et 6 janvier	• Luge-fondue à l'Hôtel Chasseral
6, 12 et 26 janvier	• Randonnées raquettes guidées
20 janvier	• Trophée du Chasseral
1er au 3 février	• Luge-fondue à l'Hôtel Chasseral
4, 9, 10, 23 et 24 février	• Randonnées raquettes guidées
2 et 3 mars	• Luge-fondue à l'Hôtel Chasseral
2, 9, 23 et 24 mars	• Randonnées raquettes guidées
30 et 31 mars	• Luge-fondue à l'Hôtel Chasseral
7 mai	• Le réveil de la nature à Chasseral, <i>randonnée nature et paysage</i>
12 mai	• Fondue à la lune, <i>randonnée nature et paysage</i>
13 mai	• Chasseral : Tour du Mont Sujet, <i>Chasseral à VTT</i>
14 mai	• Chasseral par les métairies, <i>Chasseral à VTT</i>
20 mai	• Journée européenne des Parcs, diverses manifestations dans la région du PRC
25 au 28 mai	• 12 ^{ème} édition de la Juracime sur les crêtes du Jura
25 mai	• Autour de Lignièrès, <i>découverte du patrimoine bâti et naturel</i>
	• De la soupière à la théière, <i>découverte botanique</i>
26 mai	• Autour de Diesse et Lamboing, <i>découverte du patrimoine bâti et naturel</i>
	• De la soupière à la théière, <i>découverte botanique</i>
27 mai	• Autour de Prêles et des moulins de Lamboing, <i>découverte du patrimoine bâti et naturel</i>
	• De la soupière à la théière, <i>découverte botanique</i>
28 mai	• De la soupière à la théière, <i>découverte botanique</i>
	• Circuit des combes, à la découverte des saveurs sauvages, <i>randonnée nature et paysage</i>
3 juin	• Circuit des combes, à la découverte des saveurs sauvages, <i>randonnée nature et paysage</i>
4 juin	• Circuit des combes, à la découverte des saveurs sauvages, <i>randonnée nature et paysage</i>
5 juin	• Descente de Chasseral su variations florales, <i>découverte botanique</i>
	• Circuit des combes, à la découverte des saveurs sauvages, <i>randonnée nature et paysage</i>
10 juin	• Autour de Lignièrès, <i>découverte du patrimoine bâti et naturel</i>
10-11 juin	• Circuit des crêtes : balcon des lacs, <i>randonnée nature et paysage</i>
11 juin	• Flore alpine à Chasseral, <i>découverte botanique</i>
17 juin	• Chasseral : Tour du Mont Sujet, <i>Chasseral à VTT</i>
17-18 juin	• Des coteaux du Lac de Biènnè au vallon de Saint-Imier, <i>randonnée nature et paysage</i>
18 juin	• Chasseral par les métairies, <i>Chasseral à VTT</i>
24 juin	• Autour de Diesse et Lamboing, <i>découverte du patrimoine bâti et naturel</i>
	• Descente de Chasseral su variations florales, <i>découverte botanique</i>

25 juin	<ul style="list-style-type: none"> • Château, tourbière et flore jurassienne, <i>randonnée nature et paysage</i>
30 juin	<ul style="list-style-type: none"> • Nuit suisse de la randonnée dans la région du PRC
2 juillet	<ul style="list-style-type: none"> • Autour de Prêles et des moulins de Lamboing, <i>découverte du patrimoine bâti et naturel</i>
6 juillet	<ul style="list-style-type: none"> • Autour de Diesse et Lamboing, <i>découverte du patrimoine bâti et naturel</i>
8 juillet	<ul style="list-style-type: none"> • Autour de Lignièrès, <i>découverte du patrimoine bâti et naturel</i> • Flore alpine à Chasseral, <i>découverte botanique</i> • Château, tourbière et flore jurassienne, <i>randonnée nature et paysage</i>
9 juillet	<ul style="list-style-type: none"> • Chocolat, glace et gentiane, <i>randonnée nature et paysage</i>
13 juillet	<ul style="list-style-type: none"> • Autour de Prêles et des moulins de Lamboing, <i>découverte du patrimoine bâti et naturel</i>
15 juillet	<ul style="list-style-type: none"> • Autour de Diesse et Lamboing, <i>découverte du patrimoine bâti et naturel</i>
16 juillet	<ul style="list-style-type: none"> • Descente de Chasseral su variations florales, <i>découverte botanique</i>
17-18 juillet	<ul style="list-style-type: none"> • Circuit des crêtes : balcon des lacs, <i>randonnée nature et paysage</i>
19 juillet	<ul style="list-style-type: none"> • Circuit des combes, à la découverte des saveurs sauvages, <i>randonnée nature et paysage</i>
20 juillet	<ul style="list-style-type: none"> • Autour de Lignièrès, <i>découverte du patrimoine bâti et naturel</i> • Circuit des combes, à la découverte des saveurs sauvages, <i>randonnée nature et paysage</i>
21 juillet	<ul style="list-style-type: none"> • Circuit des combes, à la découverte des saveurs sauvages, <i>randonnée nature et paysage</i>
22 juillet	<ul style="list-style-type: none"> • Chocolat, glace et gentiane, <i>randonnée nature et paysage</i>
23 juillet	<ul style="list-style-type: none"> • Autour de Prêles et des moulins de Lamboing, <i>découverte du patrimoine bâti et naturel</i>
27 juillet	<ul style="list-style-type: none"> • Autour de Diesse et Lamboing, <i>découverte du patrimoine bâti et naturel</i>
29 juillet	<ul style="list-style-type: none"> • Autour de Lignièrès, <i>découverte du patrimoine bâti et naturel</i>
3 août	<ul style="list-style-type: none"> • Autour de Prêles et des moulins de Lamboing, <i>découverte du patrimoine bâti et naturel</i>
6 août	<ul style="list-style-type: none"> • Autour de Diesse et Lamboing, <i>découverte du patrimoine bâti et naturel</i>
10 août	<ul style="list-style-type: none"> • Autour de Lignièrès, <i>découverte du patrimoine bâti et naturel</i>
12 août	<ul style="list-style-type: none"> • Autour de Prêles et des moulins de Lamboing, <i>découverte du patrimoine bâti et naturel</i>
17 août	<ul style="list-style-type: none"> • Autour de Diesse et Lamboing, <i>découverte du patrimoine bâti et naturel</i>
20 août	<ul style="list-style-type: none"> • Autour de Lignièrès, <i>découverte du patrimoine bâti et naturel</i>
24 août	<ul style="list-style-type: none"> • Autour de Prêles et des moulins de Lamboing, <i>découverte du patrimoine bâti et naturel</i>
26 août	<ul style="list-style-type: none"> • Chocolat, glace et gentiane, <i>randonnée nature et paysage</i>
27 août	<ul style="list-style-type: none"> • Château, tourbière et flore jurassienne, <i>randonnée nature et paysage</i>

31 août	<ul style="list-style-type: none"> • Autour de Lignièrès, <i>découverte du patrimoine bâti et naturel</i>
1er septembre	<ul style="list-style-type: none"> • Course pédestre Villeret-Chasseral-Villeret • Brunch pédestre, sortie guidée
2-3 septembre	<ul style="list-style-type: none"> • Des coteaux du Lac de Biènnè au vallon de Saint-Imier, <i>randonnée nature et paysage</i>
7 septembre	<ul style="list-style-type: none"> • Autour de Diesse et Lamboing, <i>découverte du patrimoine bâti et naturel</i>
14 septembre	<ul style="list-style-type: none"> • Autour de Prêles et des moulins de Lamboing, <i>découverte du patrimoine bâti et naturel</i>
16 septembre	<ul style="list-style-type: none"> • Château, tourbière et flore jurassienne, <i>randonnée nature et paysage</i>
17 septembre	<ul style="list-style-type: none"> • Autour de Lignièrès, <i>découverte du patrimoine bâti et naturel</i>
22 septembre	<ul style="list-style-type: none"> • Chocolat, glace et gentiane, <i>randonnée nature et paysage</i> • Chasseral en voyageant dans le temps, <i>randonnée nature et paysage</i>
24 septembre	<ul style="list-style-type: none"> • Autour de Diesse et Lamboing, <i>découverte du patrimoine bâti et naturel</i>
30 septembre	<ul style="list-style-type: none"> • Chasseral : Tour du Mont Sujet, <i>Chasseral à VTT</i>
1 octobre	<ul style="list-style-type: none"> • Chasseral par les métairies, <i>Chasseral à VTT</i>
8 octobre	<ul style="list-style-type: none"> • Autour de Prêles et des moulins de Lamboing, <i>découverte du patrimoine bâti et naturel</i>
21 octobre	<ul style="list-style-type: none"> • Chocolat, glace et gentiane, <i>randonnée nature et paysage</i>
22 octobre	<ul style="list-style-type: none"> • Château, tourbière et flore jurassienne, <i>randonnée nature et paysage</i>

Autres sorties guidées dans la région

La Neuveville :	La vieille ville Le musée d'histoire La cité médiévale de nuit
Lignièrès :	Histoires de bornes et de fontaines
Villeret :	Fondue à la lune
Prêles :	De l'eau au moulin
Lamboing :	Que reste-t-il des moulins ?

Remarque : Ces manifestations sont celles que l'on trouve sur le site Internet du PRC ainsi que dans le Relais, le Journal du Parc. Toutefois, d'autres associations et les universités populaires de la région organisent également des sorties à Chasseral, qui ne sont pas forcément mentionnées dans ces deux sources.

Annexe 2 : Questionnaire distribués à trois guides du PRC

Questionnaire Guides

- 1) Quelle formation avez-vous ?
- 2) Comment avez-vous acquis vos connaissances en géographie et en géologie ?
- 3) Quels sont vos domaines de prédilection ? (nature, culture, gastronomie...)
- 4) Quelles sorties avez-vous déjà organisé dans la région du Chasseral ?
- 5) Quel matériel utilisez-vous pour préparer ces excursions (livres, sites Internet, etc.) ?
- 6) Comment définiriez-vous le niveau de connaissance du public qui participe à vos excursions ?
- 7) Utilisez-vous du matériel lors de vos sorties avec du public ? Si oui, quoi ?
- 8) Pensez-vous que mon travail pourrait vous être utile d'une certaine façon ? Si oui, comment ? Y a-t-il des sujets, dans le domaine de la géographie ou de la géologie, qui vous intéresseraient plus particulièrement ?
- 9) Remarques, questions

Annexe 3 : Les communes membres du PRC

Cantons	Districts	Communes
Berne	Courtelary	Corgémont
		Cormoret
		Cortébert
		Courtelary
		La Heutte
		Orvin
		Péry
		Plagne
		Renan (BE)
		Romont (BE)
		Saint-Imier
		Sonceboz-Sombeval
		Sonvilier
		Vauffelin
	Villeret	
	La Neuveville	Diesse
		Lamboing
		La Neuveville
		Nods
		Prêles
Nidau	Douanne	
	Gléresse	
	Tüscherz-Alfermée	
Bienne	Evilard	
Neuchâtel	Val de Ruz	Cernier
		Chézard Saint-Martin
		Dombresson
		Le Pâquier
		Villiers
	Neuchâtel	Enges
		Lignères

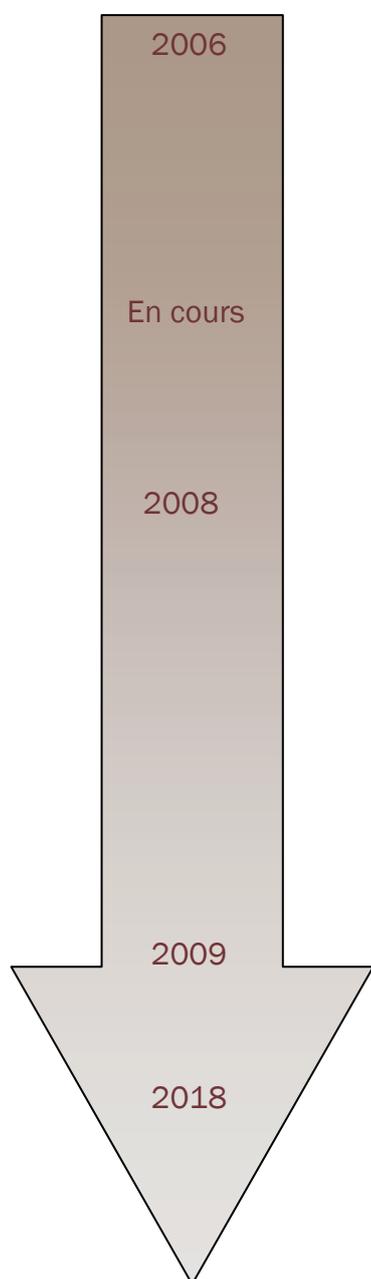
Source : Brahier et al. 2007

Annexe 4 : Les projets de Parcs Naturels Régionaux en Suisse

- 1) Dreiklang Aargauer Jura (AG)
- 2) Naturpark Thunersee Hohgant (BE)
- 3) Parc Régional Chasseral (BE & NE)
- 4) Regionaler Naturpark Diemtigtal (BE)
- 5) Regionaler Naturpark Gantrisch (BE)
- 6) Erlebnisraum Tafeljura (BL)
- 7) Parc Naturel Régional Gruyère Pays d'Enhaut (Fr & VD)
- 8) Parc Naturel Régional Genevois (GE)
- 9) Parc Ela (GR)
- 10) Biosfera Val Müstair Parc Naziunal Svizerra (GR)
- 11) Naturpark Schamserberg (GR)
- 12) Parc Naturel Régional dans la vallée du Doubs (JU & NE)
- 13) Réserve de biosphère de l'UNESCO de l'Entlebuch (LU)
- 14) Naturpark Thal (SO)
- 15) Naturpark Werdenberg – Toggenburg (SG)
- 16) Naturpark Schwyz (SZ)
- 17) Naturpark Seerücken (TG)
- 18) Parco del Camoghé (TI)
- 19) Naturpark Maderanertal (UR)
- 20) Parc Jurassien vaudois (VD)
- 21) Landschaftspark Binntal (VS)
- 22) Naturpark Pfyn – Finges (VS)
- 23) Réserve de biosphère Mays – Mont-Noble (VS)

Source: OFEV (www.bafu.admin.ch)

Annexe 5 : Les différentes étapes pour obtenir le titre de Parc Naturel Régional



1) Étude de faisabilité

Comme son nom l'indique, cette première étape a pour but de vérifier si un projet de parc d'importance nationale est réalisable. Elle doit aussi faire une proposition concernant la structure, l'organisation et le financement du parc. Cette étude aura également pour objectif d'informer les différents milieux concernés.

2) Projet de parc d'importance nationale

Cette étape doit apporter la preuve de la faisabilité du projet. Elle doit également contenir le périmètre définitif du parc, ainsi qu'une planification précise comprenant « les mesures à prendre, les ressources nécessaires et un calendrier » (OParcs).

3) Création d'un parc d'importance nationale

Il s'agit, lors de cette troisième étape, de mettre sur pied le projet de l'étape 2. Pour ce faire, il est nécessaire de rédiger une charte précisant les points suivants:

- « a) la conservation des valeurs naturelles, paysagères et culturelles du parc;
- b) les mesures de valorisation et de développement sur le territoire du parc;
- c) l'orientation sur les exigences à remplir par le parc des activités qui ont un impact sur l'organisation du territoire communal;
- d) la planification des besoins en matière de personnel, finance et infrastructures nécessaires à la gestion et à l'assurance de la qualité du parc. » (OParcs, art. 26)

4) Gestion d'un parc d'importance nationale

Cette étape est l'aboutissement d'un processus de plusieurs années. Elle consiste à mettre en œuvre les différentes activités prévues, afin d'atteindre les objectifs fixés dans la charte. Cette quatrième étape dure 10 ans et peut être renouvelée.

Source : Ordonnance sur les parcs d'importance nationale (OParcs) et son commentaire
Brahier et al. 2007

Annexe 6 : Le chant du Parc Jurassien

Chant du Parc Jurassien (Dr Charles Krähenbühl)

Sur l'air de « Salut glaciers sublimes »

*L'été débute à peine
Au rythme des saisons
Des vallons, de la plaine
Rassemblés nous marchons
Passant la Combe-Grède,
Le ruz sous les sapins,
Grimpant la pente raide,
Jusqu'au crêt séquanien
Du plus haut sommet jurassien.*

*Observons bien mes frères
Les rochers stratifiés,
Dont l'ère secondaire
Nous a tant gratifiés,
Tout farcis d'ammonites,
De bivalves et d'oursins,
De rostre à bélemnites
Et de bancs coralliens,
A travers tout le Rauracien.*

*Mais de nos jours on note
De plus beaux animaux :
Le chamois, la marmotte,
Le renard, le blaireau,
Le geai, la gélinotte,*

*Le pic, le grand corbeau,
La chouette hulotte,
L'épervier, l'étourneau
Et quantité de passereaux.*

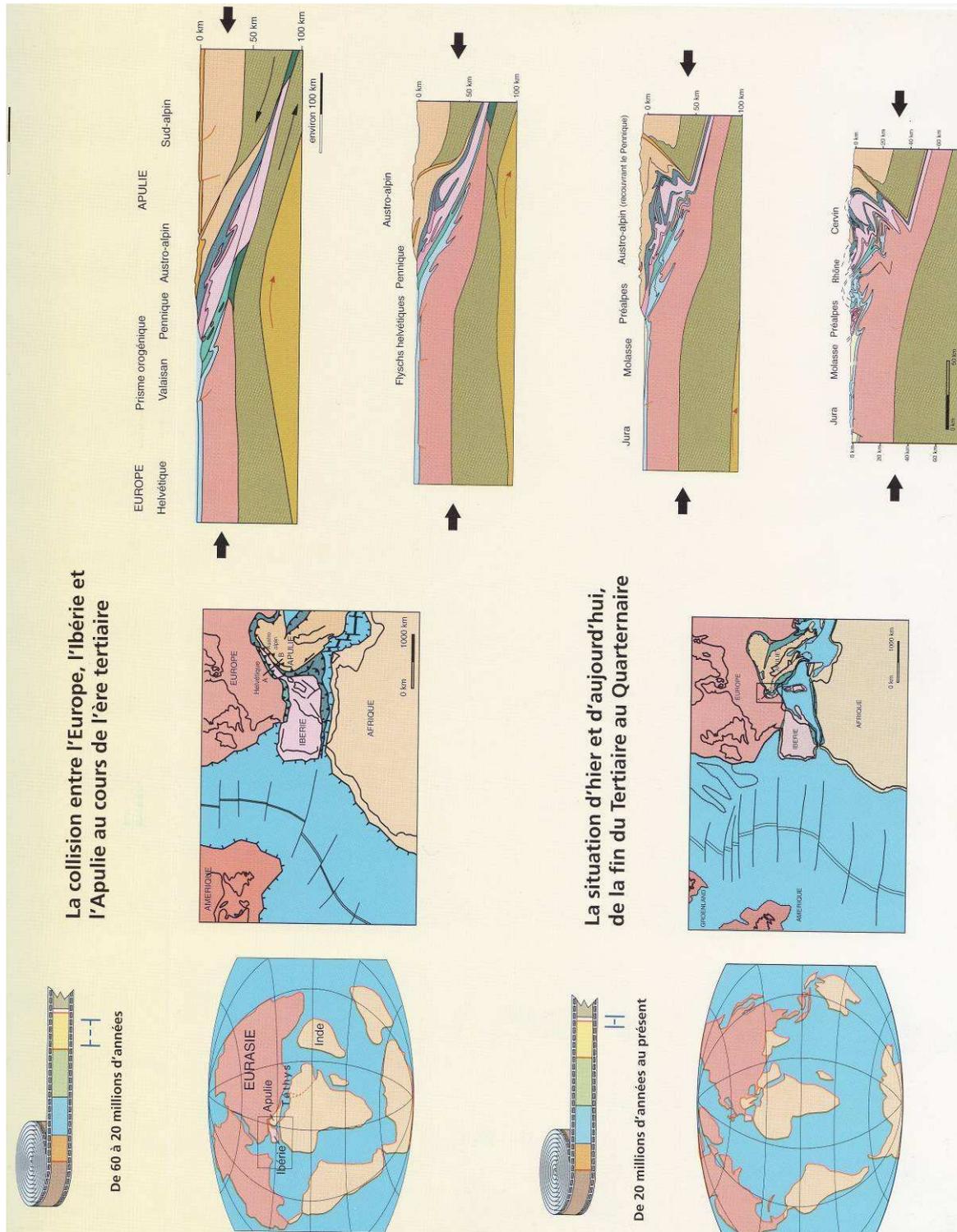
*Puis admirons la flore
Des pâquis subalpins,
Ou ce qui reste encore
Après tant de larcins !
La graine qui s'envole
Après maturité,
Des gardes bénévoles,
Dit la fidélité
Et toute l'efficacité.*

*Protégeons la nature,
C'est un devoir pieux ;
Conservons sa parure
Intacte sous les cieux.
Aimons ce coin de terre
Joyau parmi nos biens.
Qu'il vive et qu'il prospère
Le Parc Jurassien
Le riant Parc Jurassien !*

Tiré de la brochure : « Parc Jurassien de la Combe-Grède / Chasseral, 1932 – 1982 »

Annexe 7 : L'histoire des Alpes

Tiré de Marthaler 2002



Annexe 8 : Echelle des temps géologiques

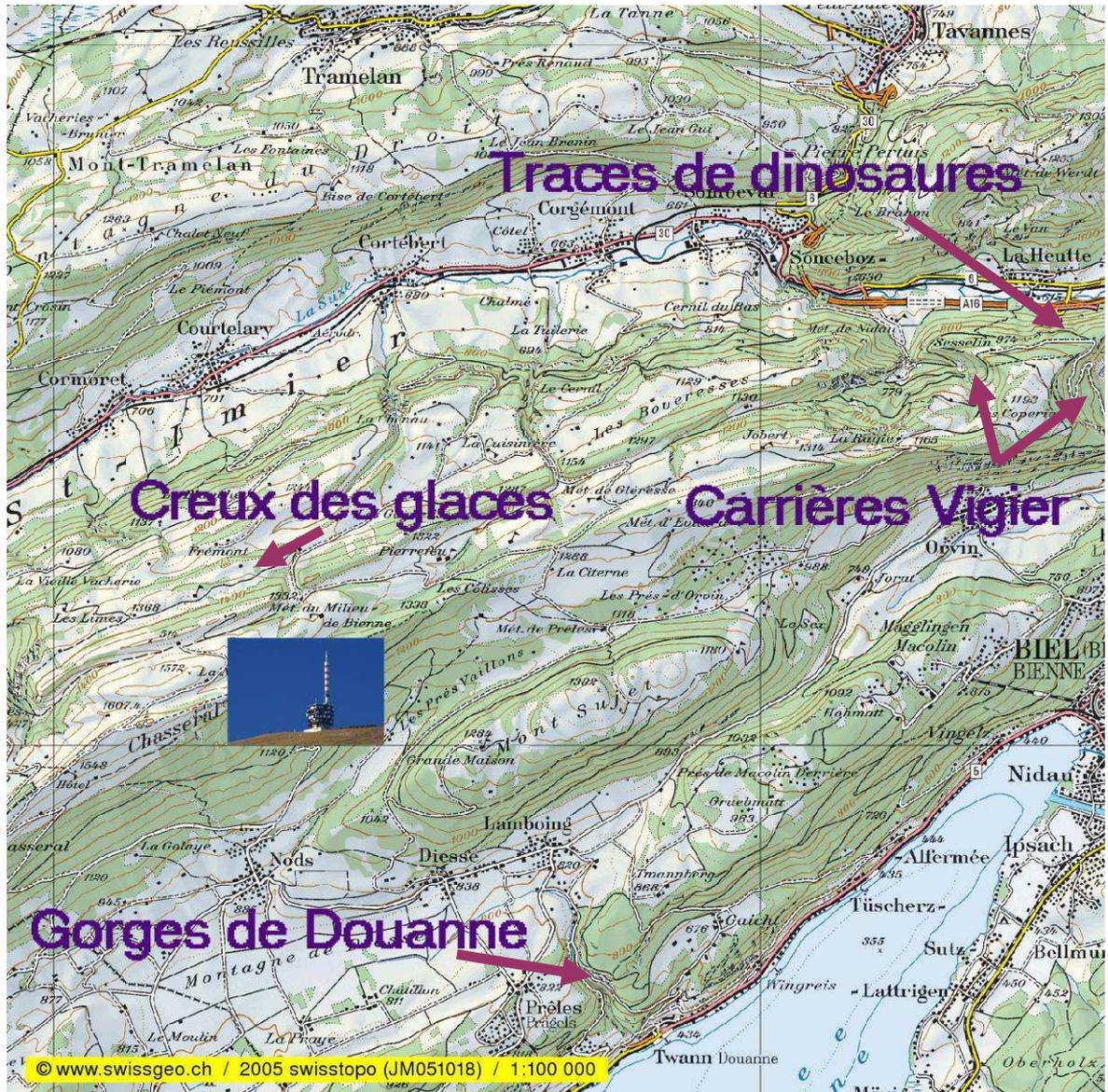
Eres	Périodes	Systèmes	Étages	Âges (en MA)	Événements	
Quaternaire	Néogène	Holocène		0,0115 (11'500 ans)	Dernière période interglaciaire qui dure encore aujourd'hui.	
		Pléistocène		1.8	Alternance de périodes glaciaires et interglaciaires	
Pliocène		5		Apparition des premiers hominidés.		
TERTIAIRE		Paléogène		Miocène	23	Dès 10 MA, début du plissement jurassien
				Oligocène	33	Début du dépôt de la Molasse (dure jusqu'au Miocène).
				Éocène	55	Phases paroxysmales du plissement alpin
				Paléocène	65	
SECONDAIRE	Crétacé	Supérieur	Maastrischien	70	Extinction massive de nombreuses espèces vivantes.	
			Campanien	83		
			Santonien	85		
			Coniacien	89		
			Turonien	93		
			Cenomanien	99		
		Inférieur	Albien	112		Début de la subduction de l'Europe sous l'Apulie
			Aptien	125		
			Barrémien	130		
			Hauterivien	136		
			Valanginien	140		
			Berriasien	145		
	Jurassique	Malm	Thitonien	150		
			Kimméridgien	155		
			Oxfordien	161		
		Dogger	Callovien	164		
			Bathonien	167		
			Bajocien	171		
			Aalénien	175		
	Lias		199			
	Trias			251	Début de l'ouverture de la Téthys.	

Sources :

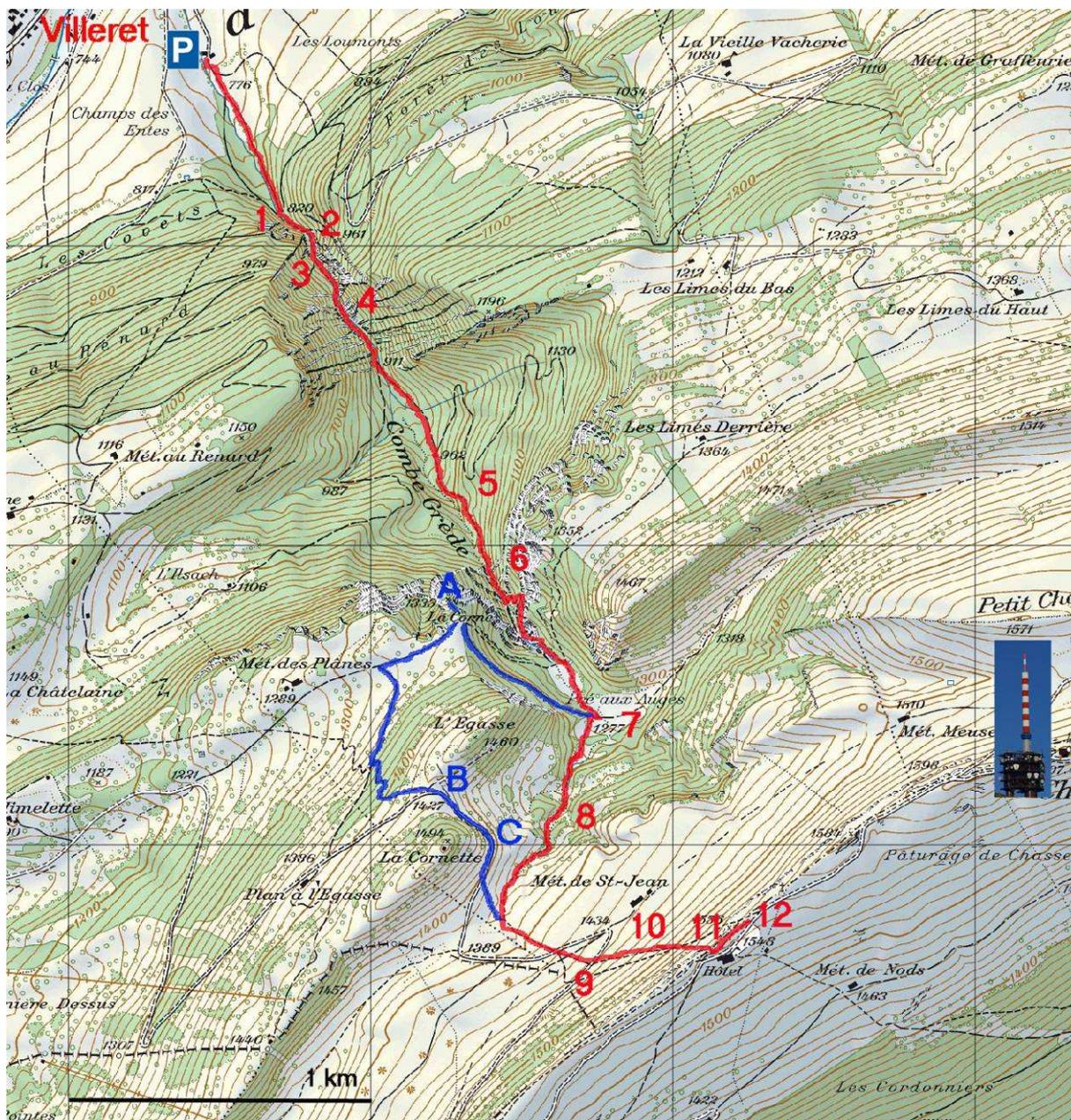
Annexe 9 : La stratigraphie des roches affleurantes à Chasseral

CRETACE		Hauterivien	Marnes jaunes et calcaires parfois spathiques (« Pierre jaune de Neuchâtel »). Affleurent à quelques rares endroits au pied de l'anticlinal Villeret
		Valanginien	Calcaires roux. Même localisation que pour le Hauterivien
		Berriasien	Calcaires jaunes (« Marbre bâtard ») et marnes du Purbeckien. Quelques affleurements au cœur des synclinaux, notamment à la limite du chevauchement de l'anticlinal Chasseral sur l'anticlinal Combe-Grède
JURASSIQUE	MALM	Portlandien	Calcaires finement lités et dolomies. Cornes et flancs Sud du Chasseral
		Kimméridgien	Calcaires gris clairs, compacts et en gros bancs. Même localisation que les calcaires du Portlandien.
		Oxfordien	Supérieur : Calcaires en partie oolitiques (« Séquanien »). Affleurent au pied des Cornes et forment les crêts de l'anticlinal Chasseral. Moyen : alternance de marnes et de calcaires (« Argovien »). Forment la combe anticlinale. Couches dans lesquelles se trouvent les dolines. Inférieur : argiles. Affleurent juste après que le chemin ait traversé la route avant de monter en direction des crêts.
	DOGGER	Callovien	Calcaires spathiques (« Dalle nacrée »). Couchent extérieures du Petit Chasseral
		Bathonien	Calcaires clairs, oolitiques (« Grande Oolithe »). Roches les plus vieilles affleurant au Chasseral, on les trouve au sommet du Petit Chasseral.

Annexe 10 : Carte topographique du massif de Chasseral

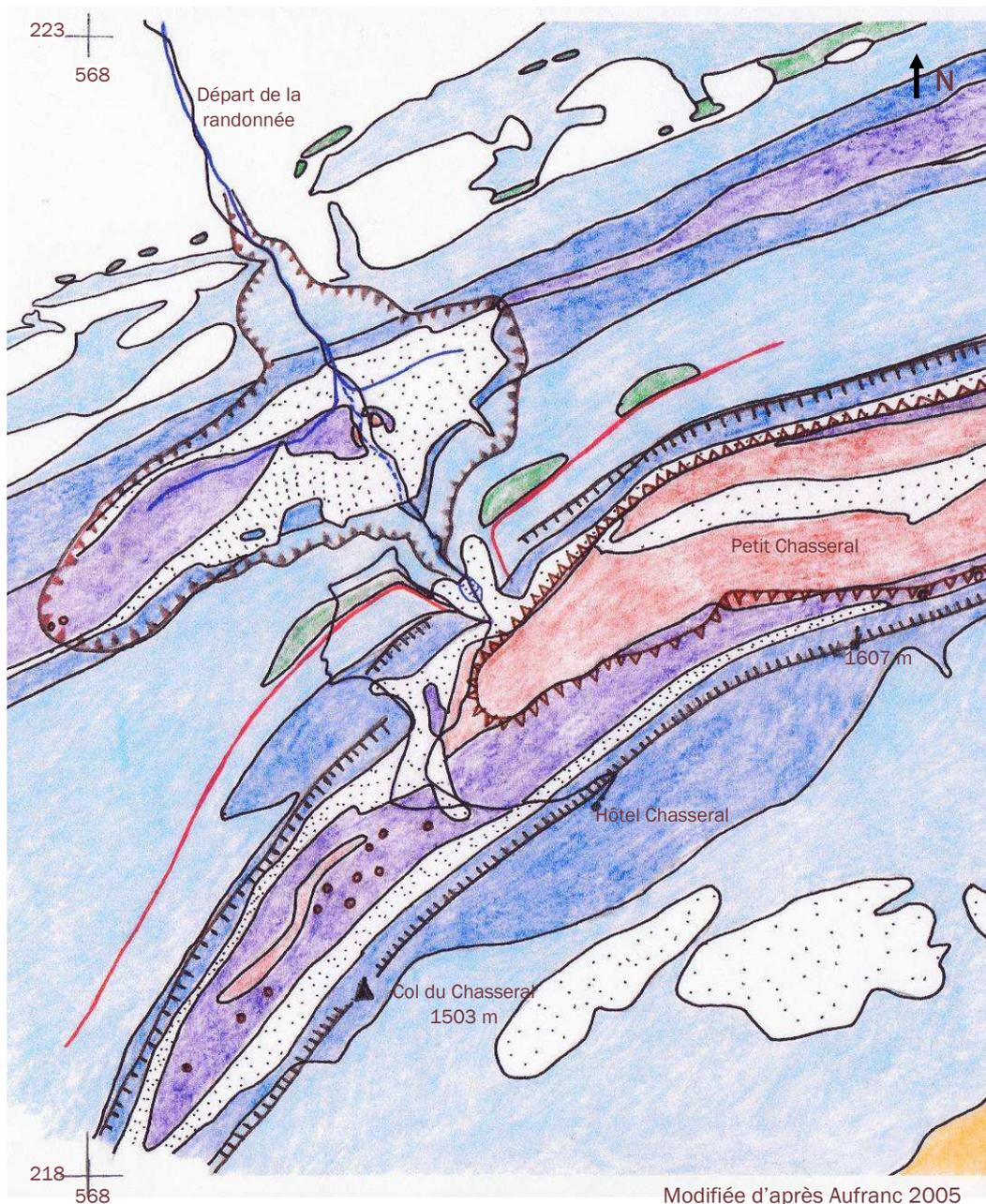


Annexe 11 : Carte topographique de la randonnée



Source : CN 1125 Chasseral, 2007, 1:25'000 (www.swissgeo.ch)

Annexe 12 : Carte géologique simplifiée du Chasseral



Légende

<table border="0"> <tr><td style="width: 20px; height: 15px; background-color: yellow; border: 1px solid black;"></td><td>Moraines</td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 15px; background-color: green; border: 1px solid black;"></td><td>Roches du Crétacé</td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 15px; background-color: cyan; border: 1px solid black;"></td><td>Calcaires du Malm sup.</td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 15px; background-color: blue; border: 1px solid black;"></td><td>Calcaires du Séquanien</td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 15px; background-color: purple; border: 1px solid black;"></td><td>Marnes de l'Oxfordien</td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 15px; background-color: brown; border: 1px solid black;"></td><td>Calcaires du Dogger</td></tr> </table>		Moraines		Roches du Crétacé		Calcaires du Malm sup.		Calcaires du Séquanien		Marnes de l'Oxfordien		Calcaires du Dogger	<table border="0"> <tr><td style="border-top: 2px solid red; width: 30px;"></td><td>Chevauchement</td></tr> <tr><td style="border-top: 1px solid black; width: 30px;"></td><td>Crêts</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">▲▲▲</td><td>Cluse</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">▽▽▽</td><td>Mont dérivé</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">○</td><td>Dolines</td></tr> </table>		Chevauchement		Crêts	▲▲▲	Cluse	▽▽▽	Mont dérivé	○	Dolines
	Moraines																						
	Roches du Crétacé																						
	Calcaires du Malm sup.																						
	Calcaires du Séquanien																						
	Marnes de l'Oxfordien																						
	Calcaires du Dogger																						
	Chevauchement																						
	Crêts																						
▲▲▲	Cluse																						
▽▽▽	Mont dérivé																						
○	Dolines																						