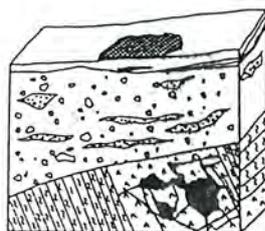


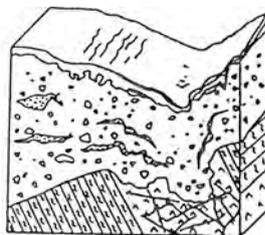
RAPPORT D'ACTIVITES 1991/1992

BW 91-92/3

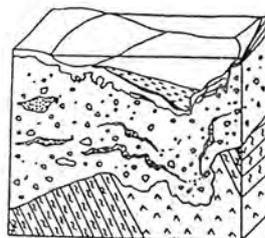
SEDIMENTOLOGIE - MICROMORPHOLOGIE



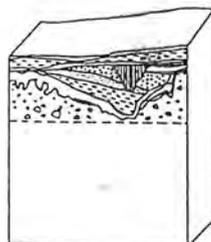
stade 1



stade 2



stade 3



stade 4

Michel GUELAT, Bernard MOULIN et Philippe RENTZEL

A.R.I.A.

Archéologie et Recherches Interdisciplinaires dans les Alpes
(juin 1993)

[Faint, illegible text, likely bleed-through from the reverse side of the page]

Document de travail A.R.I.A.
Archéologie et Recherches Interdisciplinaires dans les Alpes, Sion-Valais.

Ne pas citer sans l'autorisation des auteurs.
Mentionner : Auteur, titre. *In* : "Rapport d'activités BW91-92/3"

TABLE DES MATIÈRES

1. SÉDIMENTOLOGIE	1
1.1. Contexte géomorphologique local et zonation morphosédimentaire	1
1.2. La zone ouest : la séquence ancienne et le comblement récent de la dépression karstique... 2	2
1.2.1. La séquence ancienne	2
1.2.2. La séquence récente	3
1.3. La zone est (prospection 92) : grandes lignes de la structure morphosédimentaire	5
1.4. Conclusion	6
1.5. Bibliographie	7
2. MICROMORPHOLOGIE.....	25
2.1. Introduction.....	25
2.2. Méthodologie.....	25
2.2.1. Présentation de la méthode	25
2.2.2. Terminologie utilisée.....	26
2.3. Etude des profils	27
2.4. Interprétation. Synthèse.....	36
2.4.1. Les sédiments : remarques générales.....	36
2.4.2. Zone ouest.....	36
2.4.3. Zone centrale : tranchée Tr. 2, profil R47	38
2.4.4. Zone est / Bildacker.....	40
2.4.5. Essai de synthèse à l'échelle du site	41
2.5. Conclusion. Discussion	42
2.6. Bibliographie	43

1. SÉDIMENTOLOGIE

Les campagnes de terrain des saisons 1991 (1 juin - 15 septembre) et 1992 (8 avril - 15 octobre) ont été consacrées, d'une part à l'étude détaillée de la zone ouest du site, d'autre part à des compléments d'information dans la zone centrale (relevé partiel de la stratigraphie de la tranchée Tr. 4 en particulier), ainsi qu'au suivi géologique des sondages de prospection effectués en avril 1992 dans la zone est du site (lieu-dit Bildacker).

1.1. CONTEXTE GÉOMORPHOLOGIQUE LOCAL ET ZONATION MORPHOSÉDIMENTAIRE

Le contexte géomorphologique local est, rappelons-le, celui d'un piémont en versant nord, matérialisant le raccord entre le flanc nord du Glishorn (2525 m) et la plaine du Rhône (660 m) (fig. 1.1). La partie inférieure de l'ubac présente, entre les altitudes de 740 m et 760 m, un petit ressaut à faible déclivité, actuellement en prairie, sur lequel ont été aménagés les bisses. En amont de ce ressaut un cône de déjection, actuellement recouvert par une pinède, s'est constitué au débouché d'un petit thalweg drainant vraisemblablement de façon épisodique les eaux d'un petit bassin d'alimentation (lieu-dit Grüebe, 1300 m, en contrebas de la ligne incurvée de falaises correspondant à la niche d'arrachement d'un important glissement de terrain). La bande de terrain affleurant en dessous du ressaut, relativement abrupte, est constituée, d'une part de calcschistes, d'autre part de gypses, ceux-ci étant à l'origine de toute une série de petites dolines "égueulées" ouvertes dans la pente et s'organisant en deux lignes bien distinctes, probablement suite à un décalage d'origine tectonique. Un glissement de terrain, d'importance mineure, masque le substrat rocheux au sud-est du cône torrentiel sur lequel s'est installé le village du 1^{er} âge du Fer.

La zonation morphosédimentaire du site de Gamsen est illustrée par la figure 1.2; dans cette figure n'a pas été prise en compte la partie est du site correspondant à la zone prospectée au printemps 1992 (rapport BW92/1). Les différents domaines mis en évidence sont les suivants :

- a) **affleurement du substrat rocheux** : calcschistes et gypses affleurent dans une zone à forte déclivité.
- b) **séquence ancienne** : sur une aire relativement restreinte du site, une séquence sédimentaire complexe, remontant probablement à la fin du Tardiglaciaire et au début de l'Holocène, a été préservée des érosions ultérieures. Les sondages effectués au printemps 92 ont montré qu'à Bildacker, il existait une séquence sédimentaire présentant de grandes similitudes avec cette séquence ancienne de la zone ouest, quoique moins complexe, prouvant qu'il s'agit là dans les deux cas d'une sédimentation résiduelle témoignant de phénomènes sédimentaires de plus grande ampleur.

- c) **sédimentation récente piégée dans une dépression karstique** : couvrant également une aire assez restreinte, ce domaine constitue une entité bien délimitée; une gouttière perpendiculaire à la pente, consécutive à un effondrement postérieur à des occupations romaines, s'est comblée avant l'installation de fours médiévaux.
- d) **"glacis" d'accumulation** : ce domaine morphosédimentaire occupe une assez grande superficie dans la partie centrale de la zone étudiée; il est constitué de matériaux assez grossiers, hétérométriques (dépôts de gravité), entre lesquels s'intercalent quelques dépôts torrentiels lenticulaires bien triés. La mise en place de ce glacis est probablement assez ancienne (fin Tardiglaciaire ? début Holocène ?). Les deux cônes torrentiels (e et f) constituent en quelque sorte des reliefs postiches, bien que peu accentués, surimposés plus tardivement à ce glacis d'accumulation.
- e) **cône torrentiel ouest, de mise en place tardive** : ce cône, d'assez petite extension topographique, a commencé à se mettre en place dès la période de La Tène; son activité a continué postérieurement à la période romaine.
- f) **cône torrentiel est** : de plus grande étendue que le précédent, ce cône torrentiel s'est mis en place dès le début de l'occupation du 1^{er} âge du Fer et son activité a perduré jusqu'aux périodes historiques.
- g) **piémont à sédimentation condensée** : une séquence colluviale peu développée repose sur les sédiments hétérométriques gris acier d'un glissement de terrain vraisemblablement tardiglaciaire.
- h) **plaine du Rhône** : il s'agit d'une zone à sédimentation sablo-limoneuse reposant en transgression sur les dépôts de pente.

1.2. LA ZONE OUEST : LA SÉQUENCE ANCIENNE ET LE COMBLEMENT RÉCENT DE LA DÉPRESSION KARSTIQUE.

1.2.1. La séquence ancienne

Nous ne reprendrons pas dans ce rapport les données concernant les caractéristiques sédimentologiques des dépôts, celles-ci ayant fait l'objet du précédent rapport (rapport BW90 chap 3), mais nous présenterons les nouvelles données concernant la géométrie des dépôts (fig. 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 1.9 et 1.10).

Les figures 1.4 et 1.5 montrent deux coupes sérieées perpendiculaires à la pente (tranchée Tr. 15 / STG 575 et tranchée Tr. 19 / STG 578). Les deux séquences de sédiments lacustres mises en évidence dans le profil BW-X (rapport BW90) sont inégalement représentées : la séquence de base (limons laminés gris-vert et sables fins jaunâtres) est perturbée à ses extrémités est et ouest par des phénomènes qui ne sont pas synchrones : à l'ouest des structures diapires se développent suite à un réajustement hydrostatique consécutif au dépôt d'une coulée boueuse de faible importance (phase de déformation A, fig. 1.10). A l'est, par contre, la séquence sédimentaire est perturbée par une coulée boueuse de grande ampleur plus tardive, dont l'axe est vraisemblablement perpendiculaire à la coupe. La stratigraphie STG 578 (fig. 1.5), parallèle à la coupe STG 575, montre l'existence d'un petit chenal d'importance secondaire contemporain de cette coulée de grande ampleur et également emprunté par des *debris flows* (fig. 1.6; phase de déformation B, fig. 1.10).

Les coupes stratigraphiques réalisées depuis l'étude du profil BW-X ont en outre permis de préciser les données concernant la géométrie et l'insertion stratigraphique des horizons d'altération présents dans le tiers supérieur de la séquence. Les analyses micromorphologiques effectuées par Michel Guélat et Philippe Rentzel ont également permis d'étudier les aspects pédogénétiques difficiles à appréhender par les analyses sédimentologiques classiques. Les premières analyses palynologiques effectuées par Evelyne Bezat permettent d'autre part de proposer une esquisse de calage chronologique de cette séquence.

Les coupes STG 575, 578 et 579 (tranchées Tr. 15 et Tr. 19) montrent clairement l'existence d'un horizon d'altération ayant été préservé dans une petite structure piège (prélèvements micromorphologiques GM 36, GM 37, GM 38, GM 40, GM 43 et GM 44), montrant à la base un contact graduel avec la séquence sédimentaire non rubéfiée, et limité à son contact supérieur par une surface de discordance érosive. Les résultats des analyses micromorphologiques (chapitre Micromorphologie) montrent qu'il s'agit d'un horizon pédogénétique en place. Les analyses palynologiques préliminaires montrent que ce sol rubéfié s'est développé sur un sédiment à dominante de *Corylus* qui pourrait donc être attribué au Boréal. Il s'agit là du premier exemple de pédogénèse en place étudié en Haut-Valais.

1.2.2. La séquence récente

La zone étudiée se présente sous forme d'une gouttière d'environ 60 m de longueur et 10 à 15 m de largeur, orientée perpendiculairement à la pente du piémont; cette gouttière, totalement comblée, n'est pas régulière mais présente, d'une part une inflexion médiane de l'axe est-ouest de la gouttière (fig. 1.8), d'autre part une dissymétrie entre le flanc nord et le flanc sud (fig. 1.7). Cette structure, dont l'axe d'allongement est parallèle à la linéation régionale des structures du substrat rocheux, résulte de toute évidence d'un effondrement suite à des phénomènes karstiques dans les gypses. Deux coupes sériées ont été effectuées perpendiculairement à l'axe d'allongement de cette structure; il s'agit des coupes STG 469 et STG 427, située douze mètres à l'est de la précédente.

1.2.2.1. La coupe STG 469

On peut différencier dans cette coupe trois grandes phases de sédimentation :

- une longue période, entrecoupée de hiatus, prenant fin avec l'effondrement karstique,
- une phase correspondant au comblement de la dépression creusée par l'effondrement,
- une phase postérieure au comblement de la dépression, durant laquelle le terrain reprend un profil d'équilibre.

- La sédimentation antérieure à l'effondrement karstique.

La formation de base est constituée de sédiment hétérométrique gris-vert, présentant localement des lentilles gravillonneuses mieux triées. On peut admettre qu'avant l'effondrement le toit de cette formation présentait une pente régulière sud-nord peu prononcée. Au nord, la séquence se continue, après un important hiatus, par des colluvions beige-brunâtre renfermant dans leur tiers inférieur un premier horizon archéologique (romain). Au sommet de ces colluvions se trouve un second niveau d'occupation dont le matériel date de la fin du I^{er} siècle après J.- C. (document n°4, ORA VS Gamsen, 1992).

- L'effondrement karstique.

Les structures d'effondrement se présentent de la façon suivante :

- au nord, des fissures d'extension en forme de coin d'environ un mètre de profondeur se sont ouvertes dans le sédiment gris-vert et sont comblées de colluvions brunâtres (fig. 1.10, phase de déformation C).
- au sud, les couches ont acquis un pendage subvertical; les structures en coins sont rares.

L'effondrement maximal, au centre de la gouttière, peut être estimé à environ trois mètres.

- Le comblement de la dépression

Grosso modo, la sédimentation, de type alluvial, présente un gradient granulométrique croissant de la base au sommet. Nous pouvons y distinguer trois ensembles :

- un ensemble à dominante limoneuse à la base,
- un ensemble à dominante sableuse dans le tiers médian,
- un ensemble à dominante gravillonneuse dans le tiers supérieur.

Les structures synsédimentaires de type *load structure* et *convolute lamination* y sont fréquentes, en relation avec les changements brutaux de granulométrie des sédiments (phase de déformation D, fig. 1.10).

- Les limons de base, de teinte gris-vert, présentent des intercalations lenticulaires gravillonneuses, témoignant de courtes phases à plus fort régime hydrodynamique. Les séquences limoneuses résultent probablement d'apport de matériel ruisselé, venant se décanter dans la petite dépression oblongue nouvellement créée. Lors des périodes de précipitation, il a pu ainsi se former un petit lac temporaire. Des lits à cailloux et blocs pourraient correspondre à des apports colluviaux voire anthropiques (présence de faune associée à ces niveaux de pierres) venant s'intercaler entre les épisodes de sédimentation fine.
- La séquence médiane, à dominante sableuse, présente de rapides changements granulométriques : sables fins, gravillons, limons, laminites sablo-limoneuses. Les structures de charge de petite amplitude, ainsi que de petites structures de *slump* y sont abondantes. Durant la mise en place de cette séquence médiane, la sédimentation devient plus proximale.
- La séquence supérieure est constituée de gravillons gris sans litage net. Le grand axe des gravillons est perpendiculaire au plan de la stratigraphie. Alors que les couches sont en concordance avec le fond de la dépression sur le flanc nord de celle-ci, la discordance est très nette sur le flanc sud entre le terrain encaissant et les sédiments du remplissage, phénomène en corrélation avec la forte dilatation des couches du nord au sud.

Des aménagements anthropiques viennent ensuite tronquer cette séquence naturelle après le comblement de la cuvette : un niveau charbonneux tronque les dépôts naturels. Un aménagement de dalles de schiste, à l'extrémité sud de la coupe, peut lui être associé. Des lentilles gravillonneuses sus-jacentes à une petite séquence de colluvions témoignent d'une petite activité torrentielle tardive, antérieure aux vestiges d'un four dont la datation C14 calibrée est la suivante : 890 - 1160 cal AD (intervalle de confiance¹ : 2 σ).

¹ Stuiver et Becker 1986, Radiocarbon n° 28

- la sédimentation postérieure au comblement :

La sédimentation récente montre qu'après les perturbations naturelles et anthropiques ayant affecté la topographie locale, un nouveau profil d'équilibre a été acquis, comme le prouve la présence d'un petit niveau colluvial constant tout le long de la coupe, scellé par les limons sableux résultant des débordements de bisse.

1.2.2.2. La coupe STG 427

La coupe STG 427 (fig. 1.9, bloc-diagramme général) est située douze mètres à l'est de la coupe précédente. Le profil, que nous ne présenterons que de façon schématique, montre les grandes lignes suivantes :

- la formation hétérométrique gris-vert à nombreuses intercalations lenticulaires gravillonneuses constitue l'unité de base,
- une séquence comprenant, de la base au sommet, des colluvions rubéfiées, des colluvions brun-beige, un petit dépôt lenticulaire de gravillons torrentiels, puis un horizon avec indices anthropiques (céramique, structures en fosse) est antérieure aux déformations d'origine karstique. La séquence postérieure à l'effondrement est constituée de petits graviers torrentiels, dont l'épaisseur atteint un mètre au centre, puis de colluvions récentes et de limons de débordement de bisse.

1.2.2.3. Dynamique de comblement de la dépression

L'effondrement a lieu après les deux occupations romaines (*Terminus post quem* : deuxième moitié du I^{er} siècle après J.-C.), suite à l'ouverture de la doline dont l'allongement correspond à la direction de l'affleurement de la bande de gypse. Le comblement s'amorce dans la partie basse de la dépression alors que cette aire s'est transformée en un petit lac temporaire (fig. 1.11). La dépression, allongée parallèlement aux courbes de niveau, a conduit à la capture partielle du système torrentiel responsable de l'édification du petit cône présent à une cinquantaine de mètres au nord-est (fig. 1.8). Les données de la fouille (document n°4, ORA VS Gamsen, 1992) montre l'existence de chenaux venant recouvrir les structures romaines; l'axe de ces chenaux suggère une direction d'écoulement diagonale entre le cône torrentiel et la gouttière due à la dépression karstique (fig. 1.8). Dans la dépression elle-même, après un début de sédimentation en milieu calme fait suite une sédimentation de type torrentiel : la gouttière est rapidement comblée par des sédiments de granulométrie de plus en plus grossière.

1.3. LA ZONE EST (PROSPECTION 92) : GRANDES LIGNES DE LA STRUCTURE MORPHOSÉDIMENTAIRE

Nous ne reprendrons pas ici la description systématique des sondages (rapport BW92/1 : catalogue des sondages), mais nous en donnerons seulement les grandes lignes morphosédimentaires. Il ressort en premier lieu que la zone prospectée se subdivise en deux grands ensembles (fig. 1.13) : la zone basse, subhorizontale, correspond à des accumulations récentes sablo-limoneuses de matériel rhodanien (sédiments de débordement, transgressifs); cette zone est en continuité avec la zone (h) de Waldmatte (fig. 1.2). La zone située en amont est caractérisée par la prédominance des accumulations de gravité. Des coulées boueuses,

vraisemblablement anciennes (fin du Tardiglaciaire, première moitié de l'Holocène) sont responsables de l'aspect bosselé de la topographie actuelle : leur composante grossière a fortement limité leur abrasion ultérieure. Comme sur la partie située plus à l'ouest du site de Gamsen (lieu-dit Waldmatte), deux grands types de dépôts de gravité peuvent être reconnus :

- la formation affleurant au sondage 19 est caractérisée par sa composition monogénique et l'angulosité de ces éléments alors que les autres dépôts de gravité sont caractérisés par un émoussé léger des éléments;
- la séquence glacio-lacustre, dont l'extension reconnue correspond *grosso modo* à un petit ensellement actuel (zone plus aisément érodable), est à corréliser avec la séquence analysée dans la partie ouest du site (profil BW-X, phases I, II et III). La succession stratigraphique est similaire pour ces deux points situés à environ 800 m l'un de l'autre :
 - laminites limoneuses gris-vert à la base,
 - sables limoneux jaune clair en position médiane,
 - diamictes gris-bleu au sommet.

Les structures sédimentaires (diapirs, injections, *load structures*) sont en tout point comparables dans ces deux séquences.

Ces données nouvelles permettent d'envisager l'existence, durant la dernière crue glaciaire ("récurrence des Dryas") d'un petit bassin lacustre allongé, parallèle à l'axe de la vallée du Rhône, résultant d'une accumulation d'eau de fonte à la confluence des langues glaciaires d'Aletsch et de la Gamsa. En nous basant sur le modèle publié récemment par M. Burri (1990), nous proposons une reconstitution paléogéographique de la dépression de Brig/Glis (fig.15). Les analyses palynologiques complémentaires en cours provenant du profil BW-X devraient permettre d'en préciser le cadre chronologique.

L'originalité de la zone de Bildacker réside d'autre part dans l'existence d'une séquence de travertin qu'il serait intéressant de caler précisément dans son contexte lithostratigraphique et biostratigraphique.

1.4. CONCLUSION

Les données de terrain acquises durant les deux dernières campagnes de fouilles ont donc permis de préciser un certain nombre de points concernant l'évolution morphodynamique du site.

Les quatre grands types de sédimentation qui ont contribué au relief actuel du site de Gamsen sont les suivants : sédimentation glacio-lacustre, dépôts de gravité, sédimentation torrentielle et sédimentation alluviale rhodanienne. Si trois de ces types ont eu une influence limitée si l'on considère le paramètre temporel (sédimentation glacio-lacustre au Tardiglaciaire, sédimentation torrentielle principalement à l'Holocène récent, sédimentation alluviale rhodanienne à l'époque moderne), les phénomènes gravitaires paraissent avoir eu une importance tout au long de la période concernée, présentant toutefois des faciès variés : glissements de terrain, coulées boueuses, colluvions. Ceci tient vraisemblablement à plusieurs facteurs : déstabilisation des versants au moment du retrait glaciaire, environnement périglaciaire puis à faible couvert végétal ayant pu favoriser les coulées de solifluxion au Tardiglaciaire (Sulebak 1969, Nieuwenhuijzen et Van Steijn 1990), forte déclivité du versant et qualité médiocre du substrat. Cailleux et Tricart (1950) soulignent également l'importance de

ce type de phénomène en climat tempéré et méditerranéen dans le façonnement du modelé. Le facteur anthropique ne doit pas non plus être négligé (déboisement pouvant entraîner des érosions régressives). Si les données de terrain ont montré que durant la seconde partie de l'Holocène, la dynamique torrentielle (édification des deux cônes) et colluviale a pris le pas sur les phénomènes de gravité de grande ampleur, les données de fouille 1992 ont montré une récurrence des coulées boueuses à l'ouest du cône torrentiel est à des périodes relativement récentes.

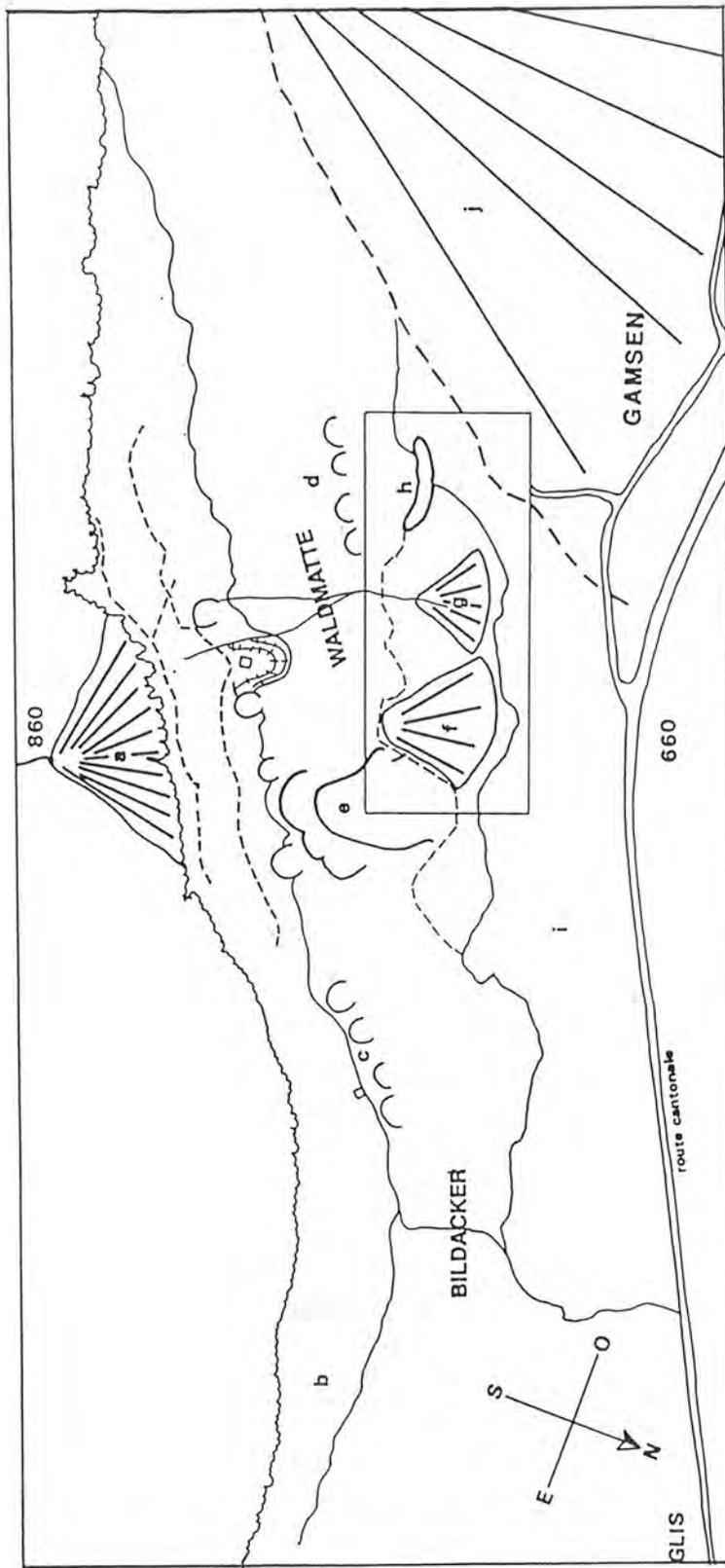
La zonation morphosédimentaire explicitée sur la figure 1.2 montre que les différents domaines ont évolué chacun d'une façon propre, en fonction des paramètres locaux (nature du substrat, déclivité du terrain, altitude, existence d'un thalweg en amont de la zone centrale du site).

B. MOULIN

1.5. BIBLIOGRAPHIE

- Burri 1990. BURRI (M.). Aperçu géologique du Valais. Stratigraphie du Quaternaire, évolution de la végétation et préhistoire du bassin de l'Aar, du Valais et de la région des Trois Lacs. Livre-guide AFEQ / SQUAT, Bâle, 1990, p. 34-40.
- Brodzikowski et van Loon 1980. BRODZIKOWSKI (K). et VAN LOON (A. J.). Sedimentary deformations in saalian glaciolimnic deposits near Wlostow (Zary area, western Poland). *Geologie en Mijnbouw* 59 (3), 1980, p. 251-272.
- BW90. CURDY (P.), MOTTET (M.) et NICOUD (C.) *et al.*. Brig-Glis/Waldmatte; Chantier protohistorique; Rapport d'activité 1989. Rapport, 1991.
- BW92/1. BAUDAIS (D.). - Rapport de prospection archéologique; Brig-Glis, Waldmatte-est & Bildacker. Rapport, 1993.
- Cailleux et Tricart 1950. CAILLEUX (A.) et TRICART (J.). Un type de solifluction : les coulées boueuses. *Revue de Géographie dynamique* 1, 1950, p. 4-46.
- Cook et Mullins 1983. COOK (H.E.) et MULLINS (H. T.). Basin Margin Environment. In : P. Scholle et al. (éd), carbonate depositional environments. AAPG memoir 33, 1983, p. 539-617.
- Dott 1963. DOTT (R. H. Jr.). Dynamics of suaqueous gravity depositional processes. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 47 (1), 1963, p. 129-149.
- Fairbridge 1947. FAIRBRIDGE (R.W.). Possible causes of intraformational disturbances in the Carboniferous varves rocks of Australia. *Journal and proceeding of the Royal Society of New South Wales*, 1947, p. 99-121.
- Kuenen 1958. KUENEN (Ph. H.). Experiments in geology. *Transactions of the geological Society of Glasgow* 23, 1958, p. 1-28.
- Nagtegaal 1965. NAGTEGAAL (P.J.C.). An approximation to the genetic classification of non-organic sedimentary structures. *Geologie en Mijnbouw* 44, 1965, p. 347-352.
- Plint 1983. PLINT (A.G.). Liquefaction, fluidization and erosional structures associated with bituminous sands of the Bracklesham Formation (Middle Eocene) of Dorset, England. *Sedimentology* 30, 1983, p. 525-535.
- Lowe 1975. LOWE (D. R.). Water escape structures in coarse-grained sediments. *Sedimentology* 22, 1975, p. 157-204.

- Moulin 1991. MOULIN (B.). Hauterive-Champréveyres, 3. La dynamique sédimentaire et lacustre durant le Tardiglaciaire et le Postglaciaire. Saint-Blaise, Editions du Ruau (Archéologie neuchâteloise 9), 1991.
- Moulin 1992. MOULIN (B.) Phénomènes gravitaires et déformations plastiques; deux exemples, deux contextes. Hauterive-Champréveyres et Brig-Glis Waldmatte. Poster SQUAT Bâle, 1992.
- Nieuwenhuijzen et van Steijn 1990. NIEUWENHUIJZEN (M.E.) et VAN STEIJN (H.) - Alpine debris flows and their sedimentary properties. A case study from the french Alps. Permafrost and periglacial Processes 1, 1990, p. 111-128.
- Reineck et Singh 1980. REINECK (H.E.) et SINGH (I.B.). Depositional sedimentary environments. Springer, 1980.
- Sulebak 1968. SULEBAK (J.R.). Mudflow in the low alpine region. Norsk Geografisk Tidsskrift 22,1, 1968, p. 15-23.
- Ten Haaf 1956. TEN HAAF (E.). Significance of convolute lamination. Geologie en Mijnbouw 18, 1956, p. 188-194.
- Tissieres 1990. TISSIERES (P.). Etude sédimentologique et géotechnique des dépôts deltaïques de Granges-près-Marnand. Thèse, EPFL, 1990.
- Vandenberghe et van den Broek 1982. VANDENBERGHE (J.) et VAN DEN BROEK (P.). Weichselian convolution phenomena and processes in fine sediments. Boreas 11 (4), 1982, p. 299-315.
- van Loon et Wiggers 1976. VAN LOON (A. J.) et WIGGERS (A.J.). Metasedimentary "graben" and associated structures in the Lagoonal Almere Member (Groningen Formation, the Netherlands). Sedimentary Geology 16, 1976, p. 237-354.
- Vesajoki 1982. VESAJOKI (H.). Deformation of soft sandy sediments during deglaciation and subsequent emergence of land areas; examples from northern Karelia, Finland. Boreas 11 (1), 1982, p. 11-18.



- f) Cône torrentiel est
- g) Cône torrentiel ouest
- h) Effondrement karstique en gouttière
- i) Plaine du Rhône
- j) Cône de la Gamsa

- a) Cône de déjection
- b) Aire à faible déclivité, actuellement en prairie avec aménagement de bisses
- c) Ligne "amont" de dolines "égueulées"
- d) Ligne "aval" de dolines "égueulées"
- e) Glissement de terrain

Le rectangle représente à peu près la surface du bloc-diagramme de la figure 2

fig. 1.1 : grands traits morphologiques du piémont du Glis horn dans les environs du site de Gamsen, d'après les données des photographies aériennes, de la carte topographique au 1/25 000 et des documents de terrain.

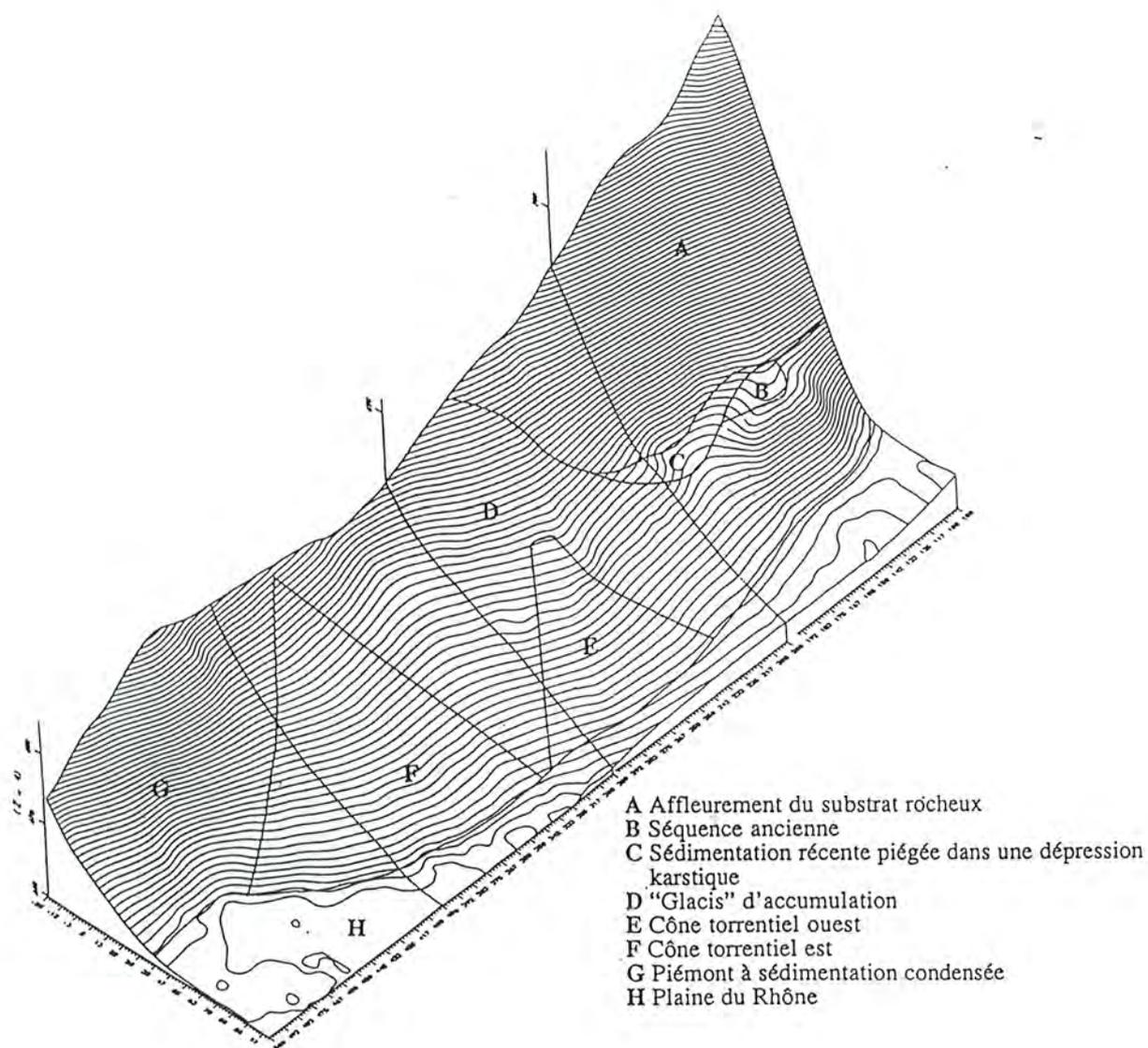


fig. 1.2 : zonation morphosédimentaire du site de Gamsen.

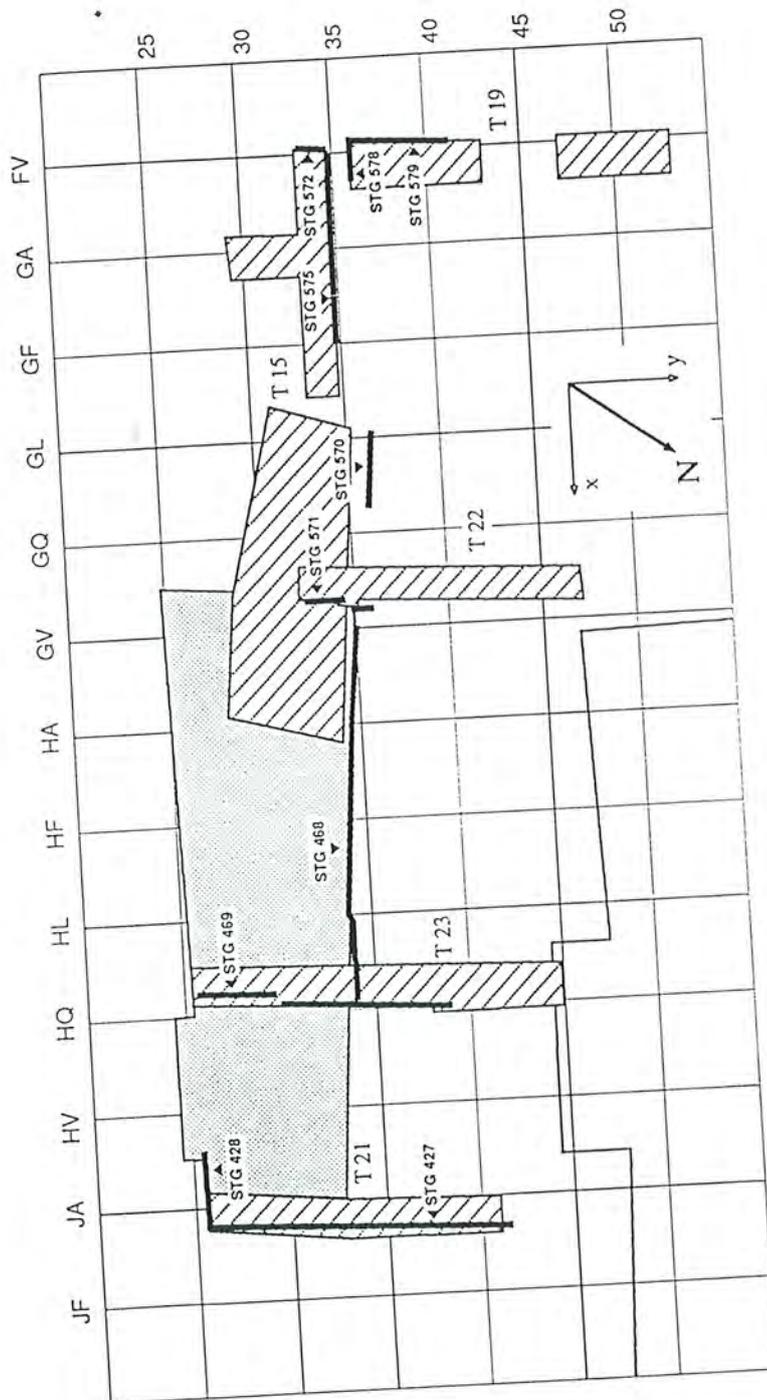


fig. 1.3 : plan de situation des coupes stratigraphiques de la zone ouest mentionnées dans ce rapport.

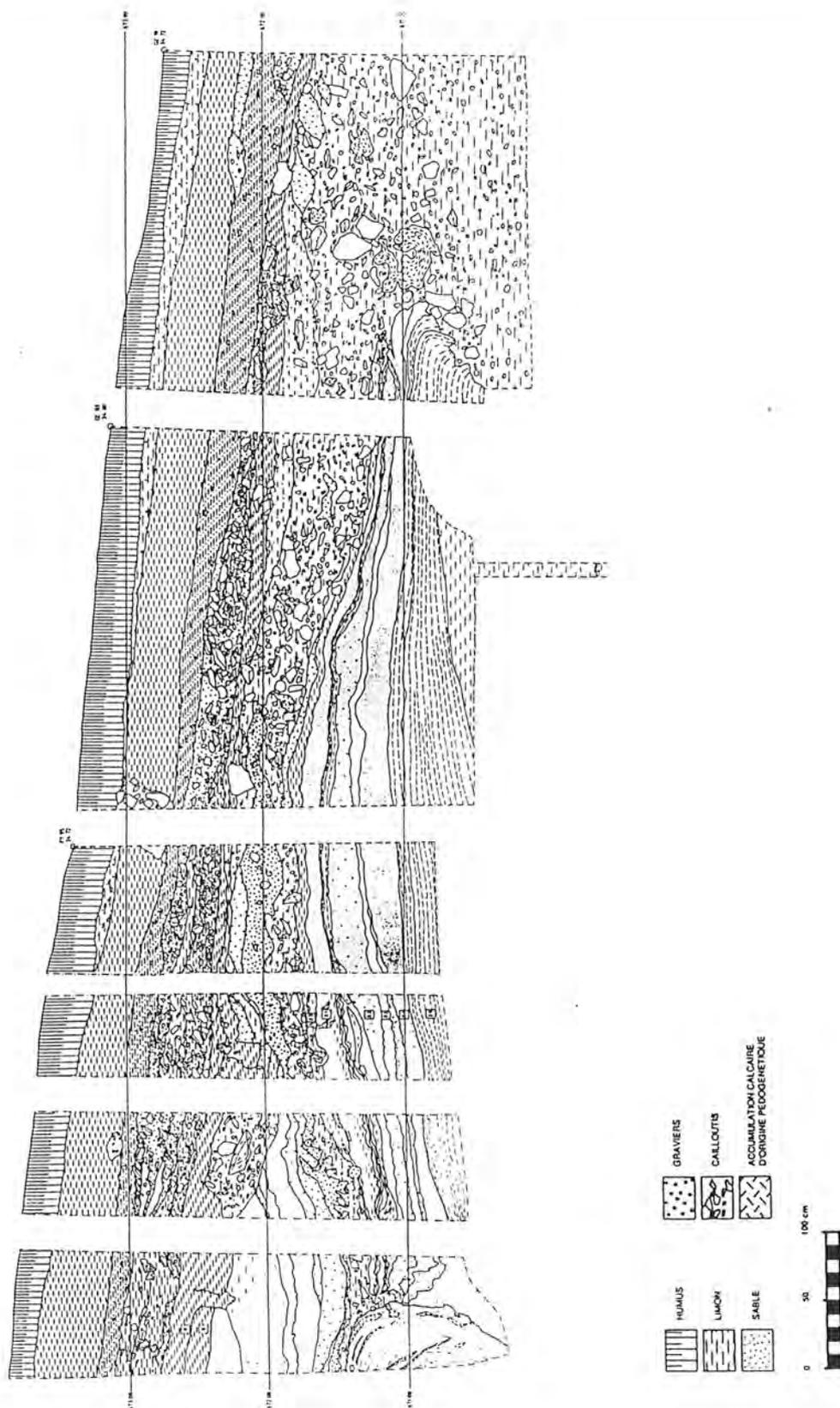


fig. 1.4 : tranchée Tr 15, coupe STG 575. La séquence de base, constituée de laminites limoneuses et de sables fins correspond à la première phase glacio-lacustre. Les structures diapires présentes à gauche appartiennent à la première phase de déformation. Les perturbations visibles sur la droite (injections, galets mous) sont plus tardives (cf. fig.9).

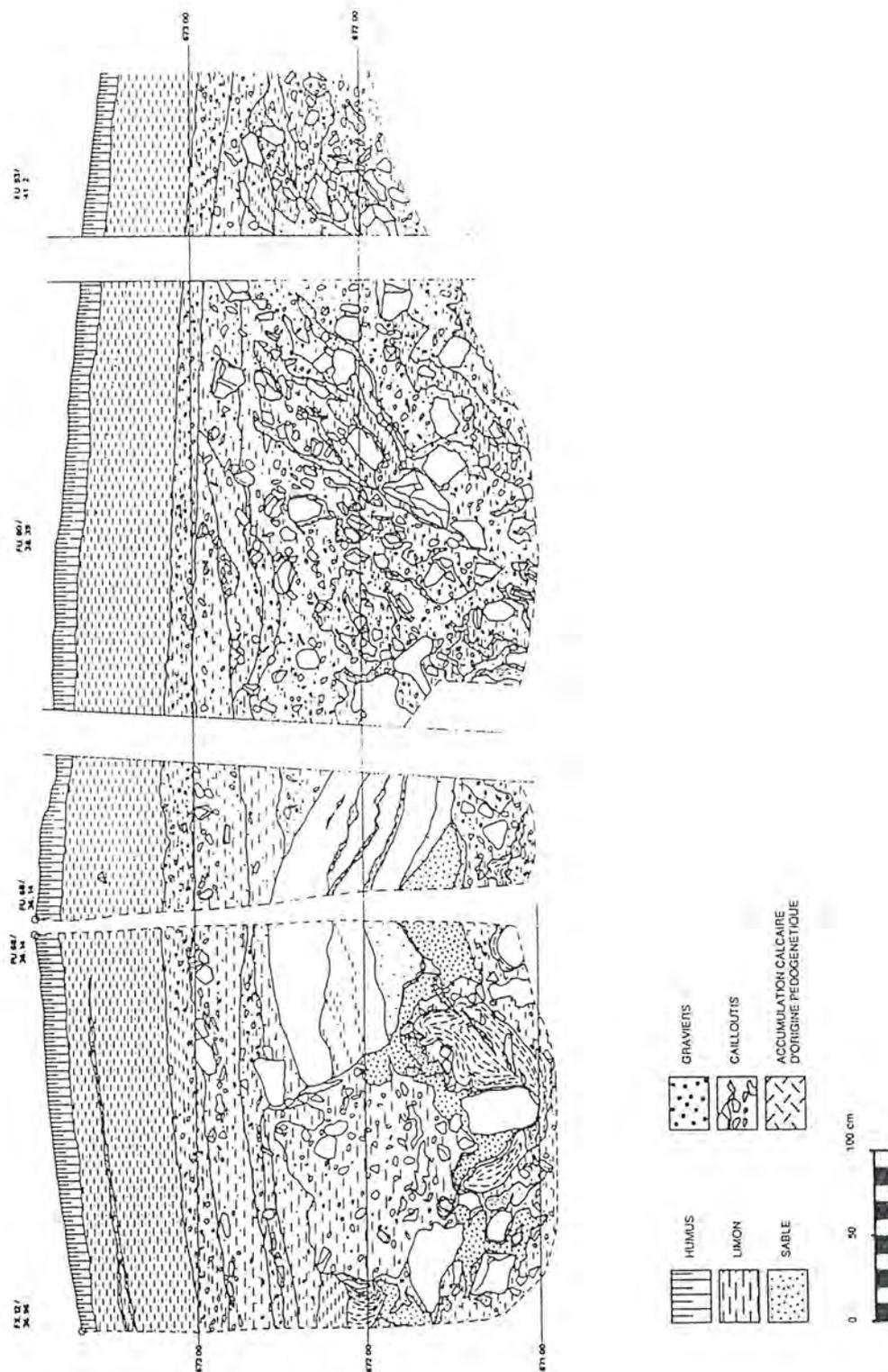


fig. 1.5 : tranchée Tr 19, coupes STG 578 et STG 579. Ces deux profils, perpendiculaires entre eux, montrent à la base la séquence glacio-lacustre perturbée par les dépôts de gravité (structures de charge, injections et figures de *slump*) appartenant à deux phases chronologiquement distinctes. La séquence sus-jacente subhorizontale non déformée correspond au palcosol holocène enfoui sous les limons de débordement de bisses.

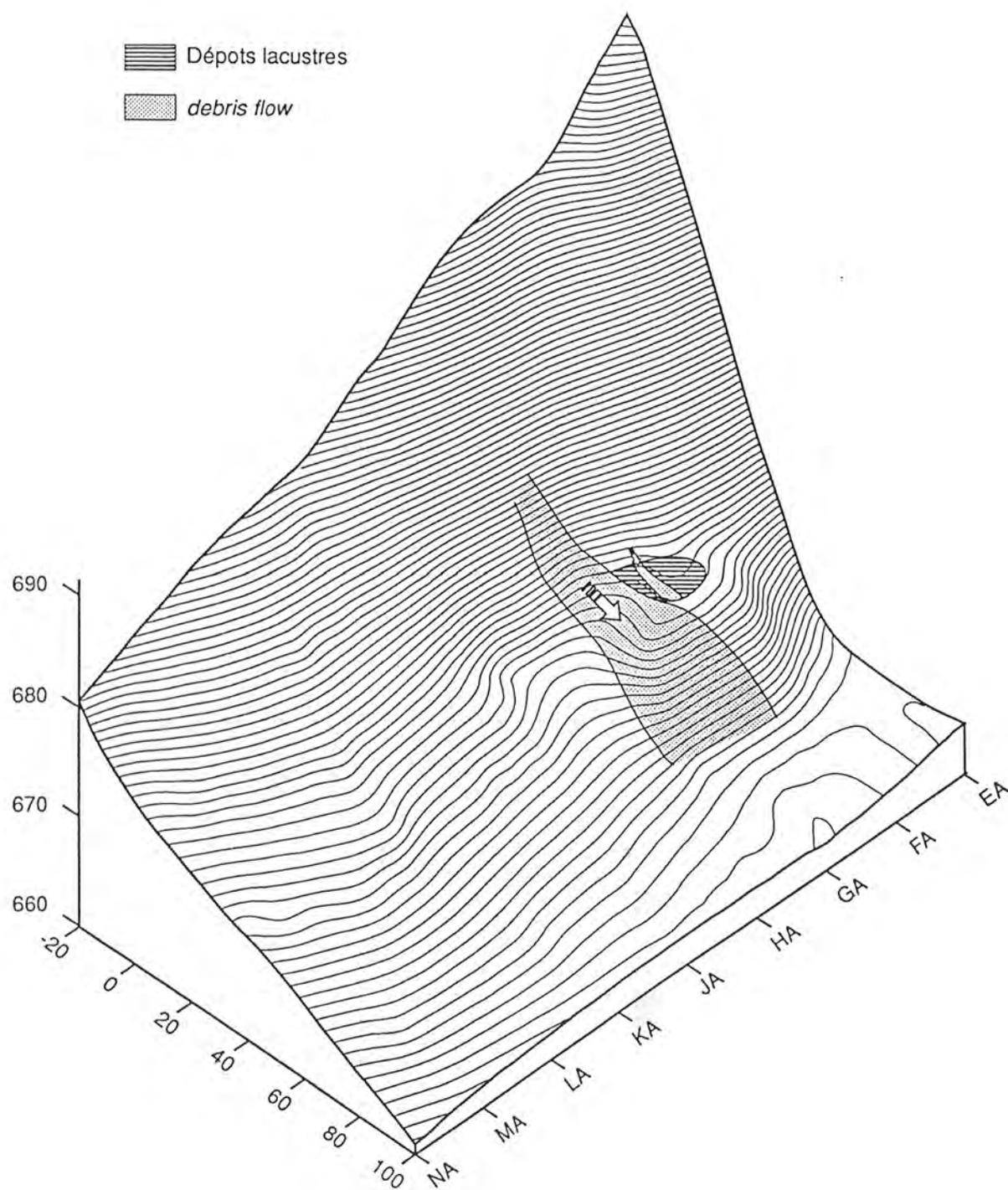


fig. 1.6 : Waldmatte zone ouest, bloc-diagramme schématique des phases anciennes. Position des séquences lacustres conservées (BW-X, ph. I, II et VI) et des dépôts de gravité tardiglaciaires (BW-X, ph. VII).

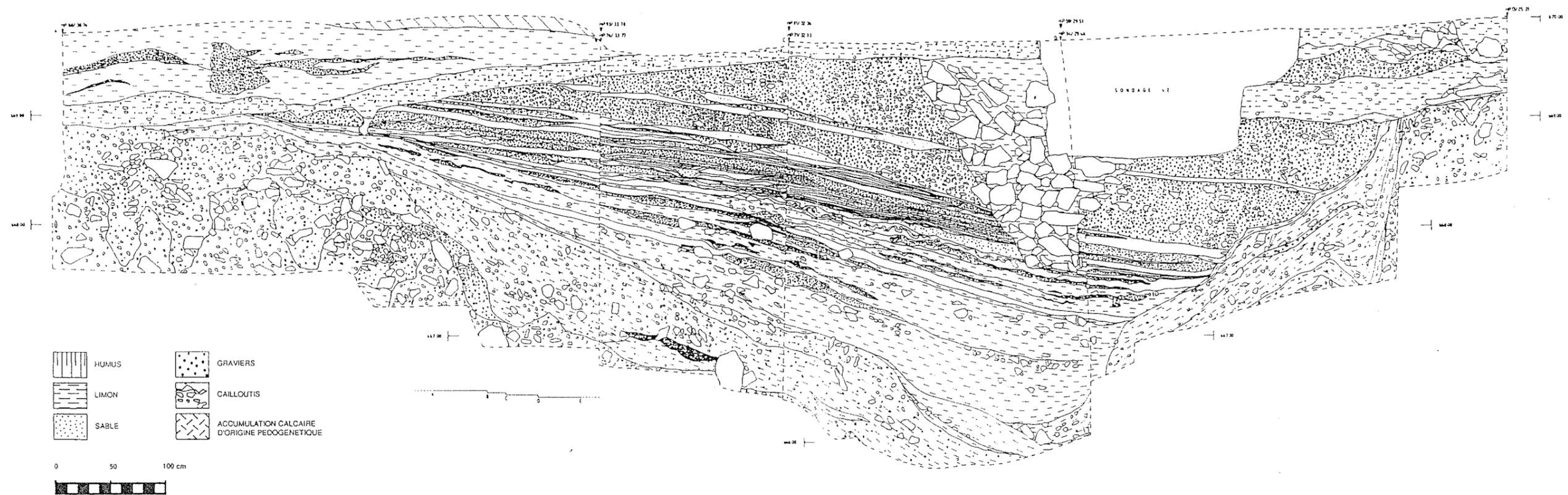


fig. 1.7 : coupe STG 469. Ce profil est perpendiculaire à l'axe d'allongement de la gouttière résultant des soutirages karstiques. La structure effondrée montre un profil asymétrique, plus abrupt coté sud. Le remplissage de la dépression présente un gradient granulométrique croissant de la base au sommet; les fours médiévaux recrusent cette séquence de comblement naturel.

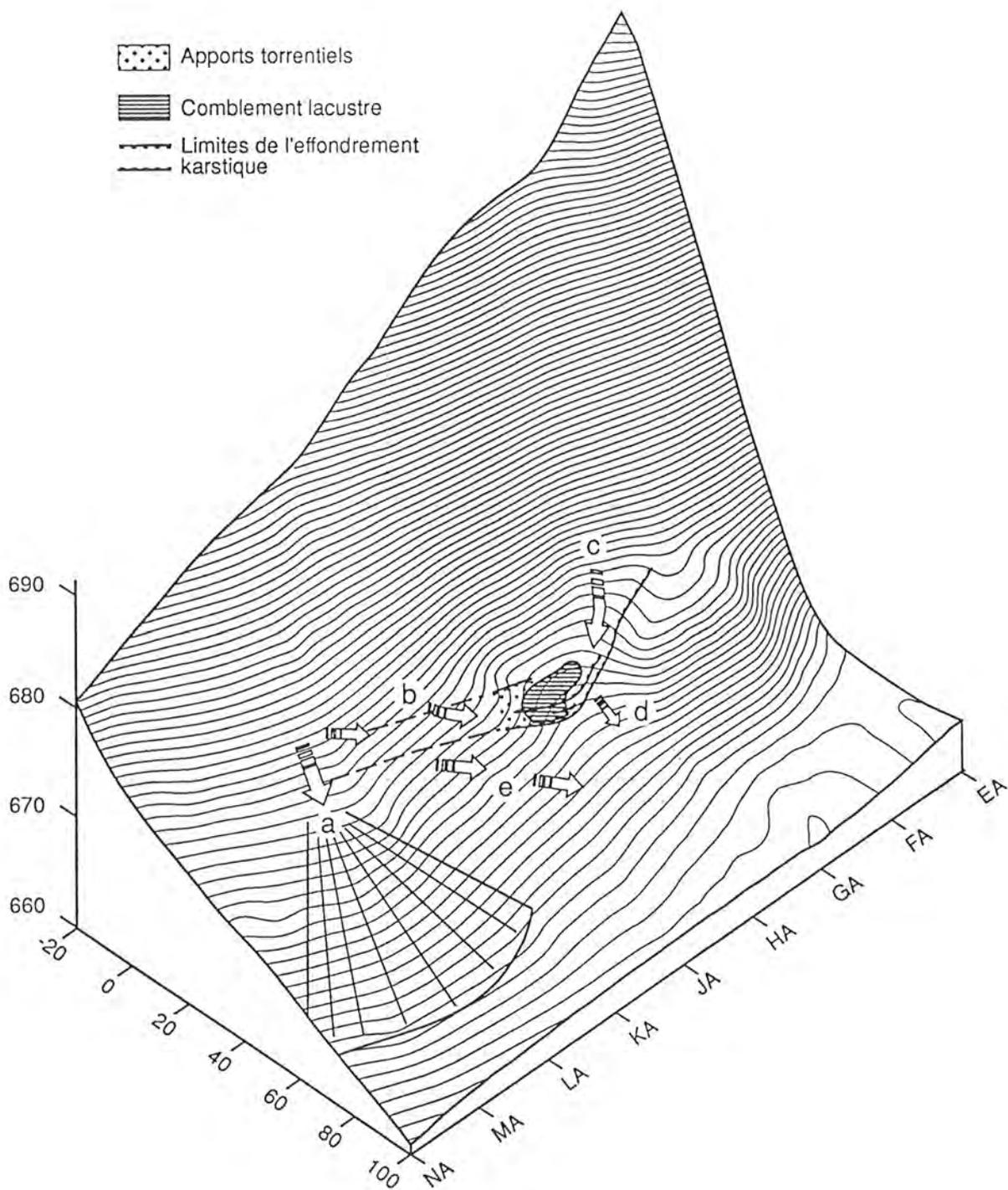


fig 1.8 : Waldmatte zone ouest, bloc-diagramme schématique des phases récentes. L'activité du cône torrentiel ouest (partie gauche du bloc-diagramme) est attestée dans la tranchée T7 entre le niveau La Tène final et le niveau romain ainsi que postérieurement au romain (a). La dépression karstique (centre de la figure) s'est comblée par des apports torrentiels venant principalement de l'est (b), plus accessoirement par des apports provenant du sud-ouest (c). Une fois la dépression comblée, des apports torrentiels ont eu lieu en aval de celle-ci, au niveau du petit ensellement (d). Une direction diagonale (e) a également pu être mise en évidence.

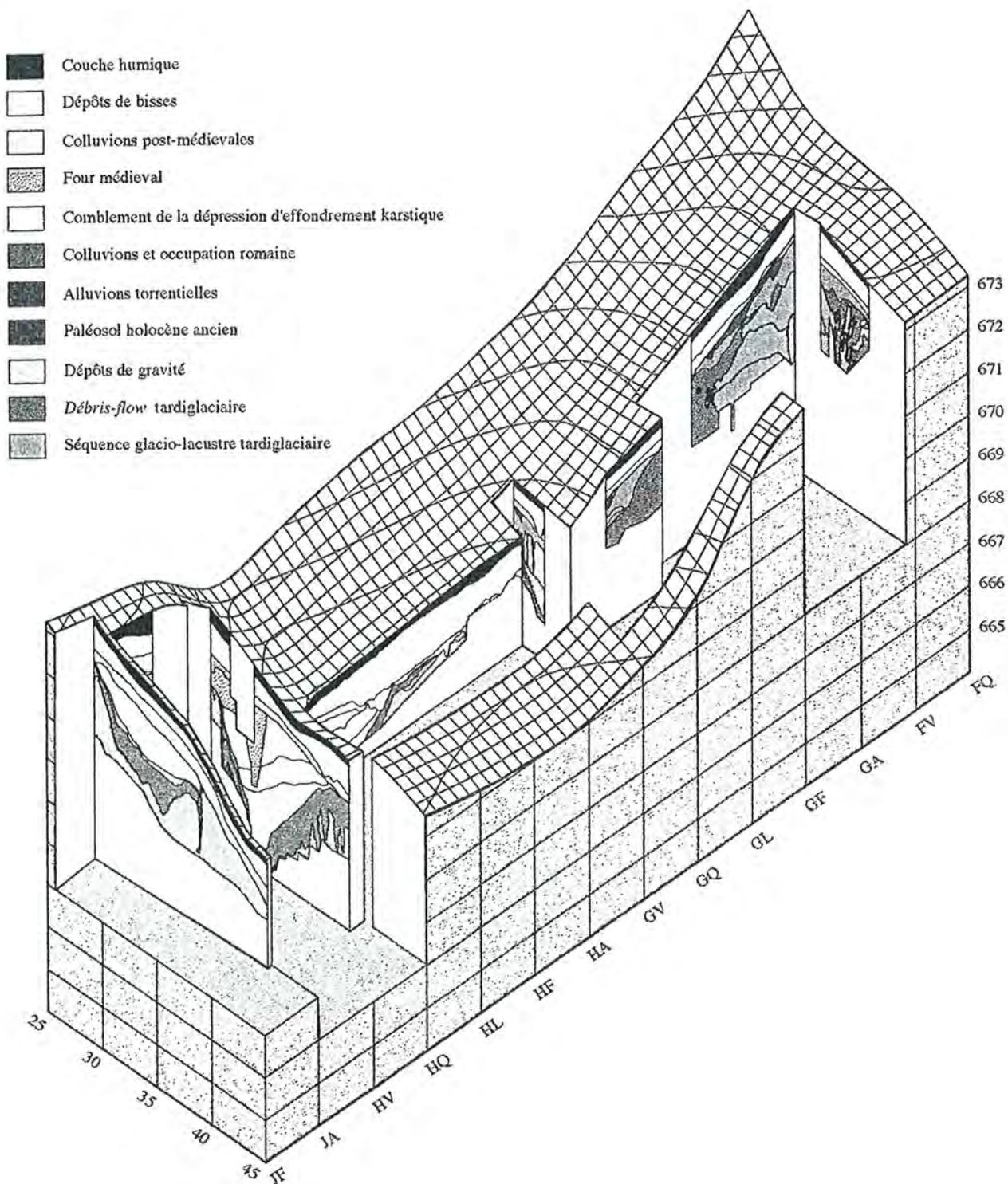


fig. 1.9 : bloc-diagramme général de Waldmatte zone ouest, point de vue depuis le nord. L'échelle verticale a été multipliée par 4. Les 2 coupes sériées, à gauche, mettent en évidence le comblement de la dépression karstique postérieurement à l'occupation romaine. Les coupes de droite montrent à la base les séquences tardiglaciaires (dépôts glacio-lacustres et sédiments de gravité) surmontées par le paléosol holocène et les dépôts modernes.

	INVENTAIRE DES STRUCTURES	DIMENSIONS	EXEMPLES	CONTEXTE SÉDIMENTAIRE	DONNÉES COMPARATIVES	CHRONOLOGIE	CONTEXTE RHÉOLOGIQUE	INTERPRÉTATIONS
PHASE D	<ul style="list-style-type: none"> -load structures (1) -pseudonodules (2) -convolute laminations (3) -water escape structures (4) 	<ul style="list-style-type: none"> 5 à 25 cm ∅10 cm 5 à 10 cm 10 à 20 cm 		sédimentation limoneuse à sableuse fine, laminée, gravillonneuse au sommet : remplissage de la dépression karstique par capture du système torrentiel local dans la gouttière nouvellement créée.	TEN HAAF (1956) DOTT (1963) p118 NAGTEGAAL (1965) p349 KUENEN (1958) TISSIERES (1991) LOWE (1975) p157 COOK et MULLINS (1983) p 546 REINECK et SINGH (1980) PLINT (1983) MOULIN (1991) FAIRBRIDGE (1947)	Post-romain	COURANTS DE TURBIDITÉS LIQUEFIED FLOW COMPORTEMENT FLUIDE STRUCTURES SYNSEDIMENTAIRES	Le remplissage de la dépression montre un gradoclassement général croissant depuis la base jusqu'au sommet du remplissage. Les structures de déformation sont essentiellement présentes dans la portion médiane du remplissage où les laminations d'ordre granulométriques sont abondantes. Les structures de charges sont en relation avec des phases cycliques d'apports plus grossiers correspondant à une hausse d'énergie temporaire. Les convolutes laminaires peuvent être en relation avec des apports liés à des courants de turbidité dans la zone encore assez distale de comblement de la cavette. En raison de la forte déclivité du fond de la cavette, il en résulte des glissements de petits paquets de sédiments pendant leur dépôt. Une partie des structures observées (water escape structures), témoins de fluidised flow. Les structures de charges présentes à la limite du tiers supérieur correspondent au passage à une sédimentation plus proximale, caractérisée par une nette augmentation de la granulométrie du sédiment.
PHASE C	<ul style="list-style-type: none"> -fissures en forme de coins (parallèles (1) et en éventail (2)) -failles normales avec rejet (3) -inflexions des strates (4) 	<ul style="list-style-type: none"> 90x10 cm 60x30 cm 20 à 30 cm 50 à 150 cm 		la zone affectée par ces déformations se présente sous forme d'une gouttière d'au moins 60 m de longueur et d'environ 10 à 12 m de largeur. L'affondrement atteint environ 2 m au centre de la dépression	VAN LOON et WIGGERS (1976)	Post-romain	COMPORTEMENT ÉLASTIQUE STRUCTURES POSTSEDIMENTAIRES	Peu après l'occupation romaine des tassements s'effectuent dans le substrat constitué de gypse, consécutivement à la formation de poches de dissolution. La séquence sédimentaire accumulée sur le substrat s'affondre et il se forme une dépression allongée en forme de gouttière perpendiculaire à la pente du piémont. Le graben ainsi formé montre un profil dissymétrique, l'affondrement étant en général plus prononcé vers l'amont : le flanc amont du graben montre surtout des fortes inflexions des strates (acquisitions de perches subverticales et étirement des liages), alors que le flanc aval montre des fissures de distension parallèles et radiales, plus rarement des failles avec rejets.
PHASE B	<ul style="list-style-type: none"> -diapirs (1) -injections verticales et obliques (2) -flame structures (3) -galets mous (rolled up pebbles, stumps balls) (4) 	<ul style="list-style-type: none"> 30 à 60 cm 50 à 180 cm ∅5 à 60 cm 		Contexte glacio-lacustre : Sédiment de base : séquence complexe lacustre avec intercalation de debris flow comprenant les déformations de la phase A. Sédiment supérieur : debris flow de grande ampleur.	DOTT (1963) p119 VANDENBERGHE et VAN DEN BROEK (1982) NAGTEGAAL (1965)	Probablement Dryas récent	DEBRIS FLOW-MUD FLOW COMPORTEMENT PLASTIQUE STRUCTURES METASÉDIMENTAIRES	Des coulées boueuses (dont une de grande ampleur) viennent affecter la séquence sédimentaire mise en place lors de la dernière régression glacio-lacustre. Les déformations antérieures sont également perturbées. Le gradient d'intensité de déformation est la conséquence de la proximité du chenal creusé par la coulée de boue. Dans la zone centrale les sédiments antérieurs sont évacués sous forme de galets mous et d'une réorganisation du sédiment ; plus latéralement se reproduisent des injections obliques et des diapirs. La coulée de boue n'est pas bloquée, conséquence de la probable fonte de la langue de glace située initialement plus en aval.
PHASE A	<ul style="list-style-type: none"> -diapirs (1) -ball-and-pillow structures (2) -load structures (3) 	<ul style="list-style-type: none"> 30 à 80 cm 120x 60 cm 20x10 cm 		Contexte glacio-lacustre : sédiment de base : laminites silteuses et sables fins sédiment supérieur : dépôt hétérométrique de debris flow de petite ampleur	VESAJOKI (1982) VANDENBERGHE et VAN DEN BROEK (1982) BROOZKOWSKI et VAN LOON (1980) NAGTEGAAL (1965) MOULIN (1991)	Probablement Dryas récent	DEBRIS FLOW-MUD FLOW COMPORTEMENT ELASTIQUE STRUCTURES METASÉDIMENTAIRES	Il s'agit d'une surcharge localisée de matériaux mal classés, charriés par une coulée de faible importance venant s'étaler sur les sédiments fins encore plastiques d'un lac marginal bloqués par les langues glaciaires d'Altsch et de la Gamsa. La coulée est bloquée dans la cavette lacustre. Les structures de déformation sont la conséquence d'un réajustement hydrostatique des sédiments de différentes densités et de différentes viscosités.

fig. 1.10 : les figures de déformation, inventaire et environnement sédimentaire.

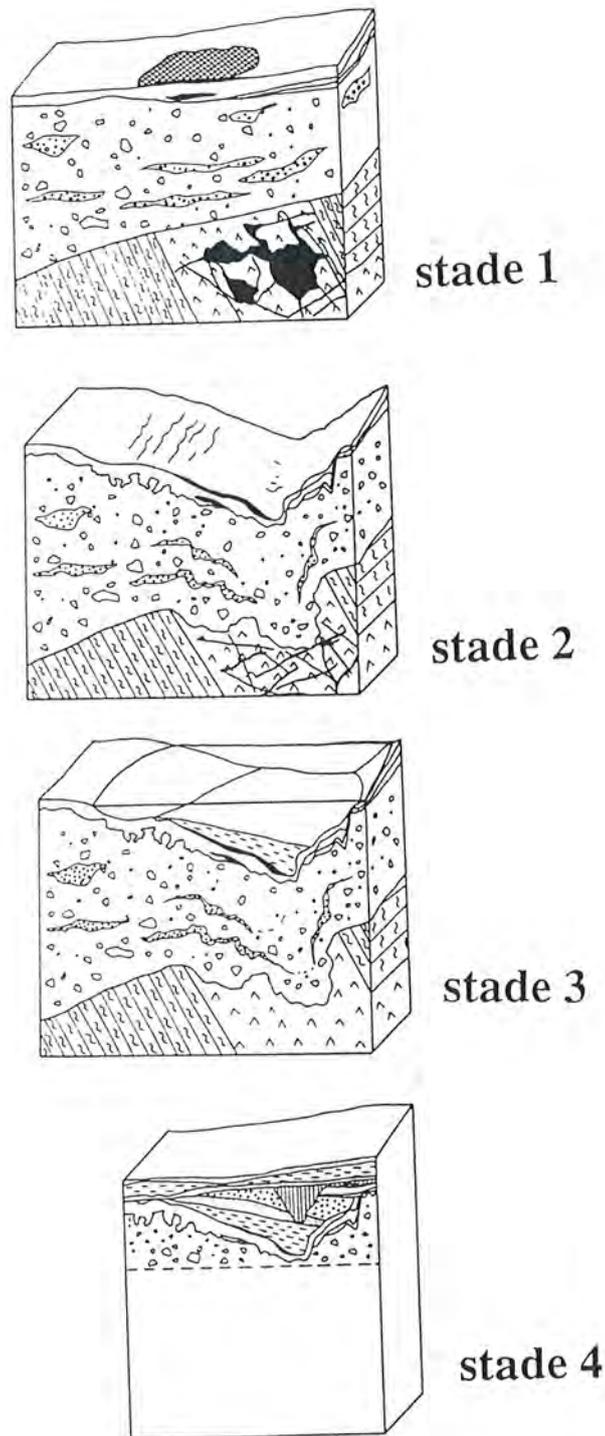


fig. 1.11 : bloc-diagramme schématique montrant les stades de formation et de comblement de la dépression karstique. Stade 1 : formation de poches de dissolution dans les gypses ; stade 2 : effondrement en gouttière perpendiculaire à la pente ; stade 3 : remplissage naturel de la dépression, d'abord par des dépôts fin de type lacustre, puis par des dépôts plus grossiers de type torrentiel ; stade 4 : (état actuel) les fours médiévaux ont été recrusés dans les sédiments du comblement de la gouttière, probablement en raison des qualités géotechniques des matériaux.

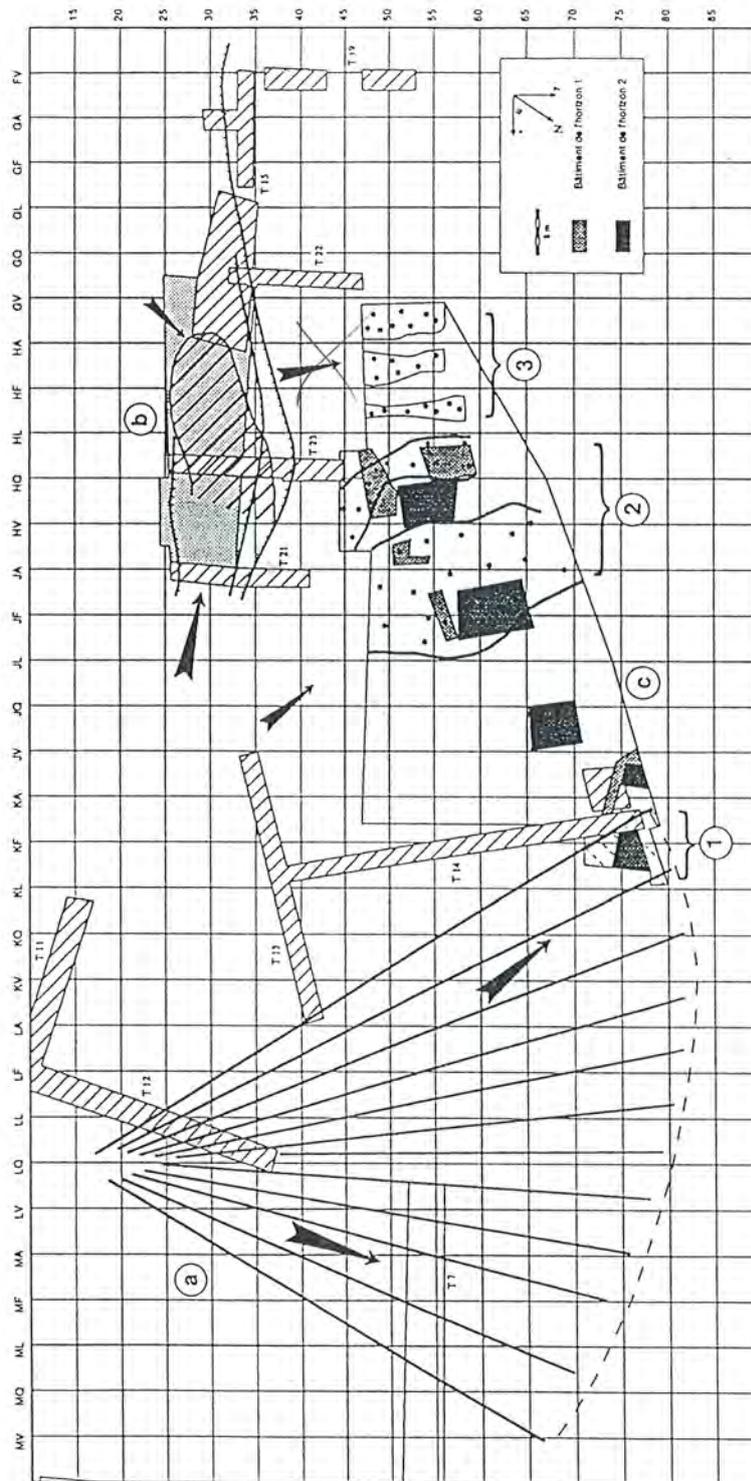


fig. 1.12 : relation entre la sédimentation dans la dépression karstique, la zone d'habitat située en aval et le cône torrentiel ouest. 1) système de chenaux appartenant probablement au flanc ouest du cône torrentiel ouest ; 2) système de chenaux intermédiaire provenant probablement d'un débordement latéral de la partie est de la gouttière (zone d'amortissement de la dépression karstique); 3) système de chenaux issu de l'exutoire de la dépression, probablement actif après le comblement de celle-ci. Les chenaux des systèmes 2 et 3 recouvrent les bâtiments de l'horizon 1 (Ier siècle AD) et sont antérieurs à l'horizon 2 (IIème - IIIème siècle AD) ; a) cône torrentiel ouest ; b) dépression karstique; c) surface de fouille, équipe ORA.



fig. 1.13 : Bildacker, grandes lignes morphosédimentaires d'après les données de la prospection 92.

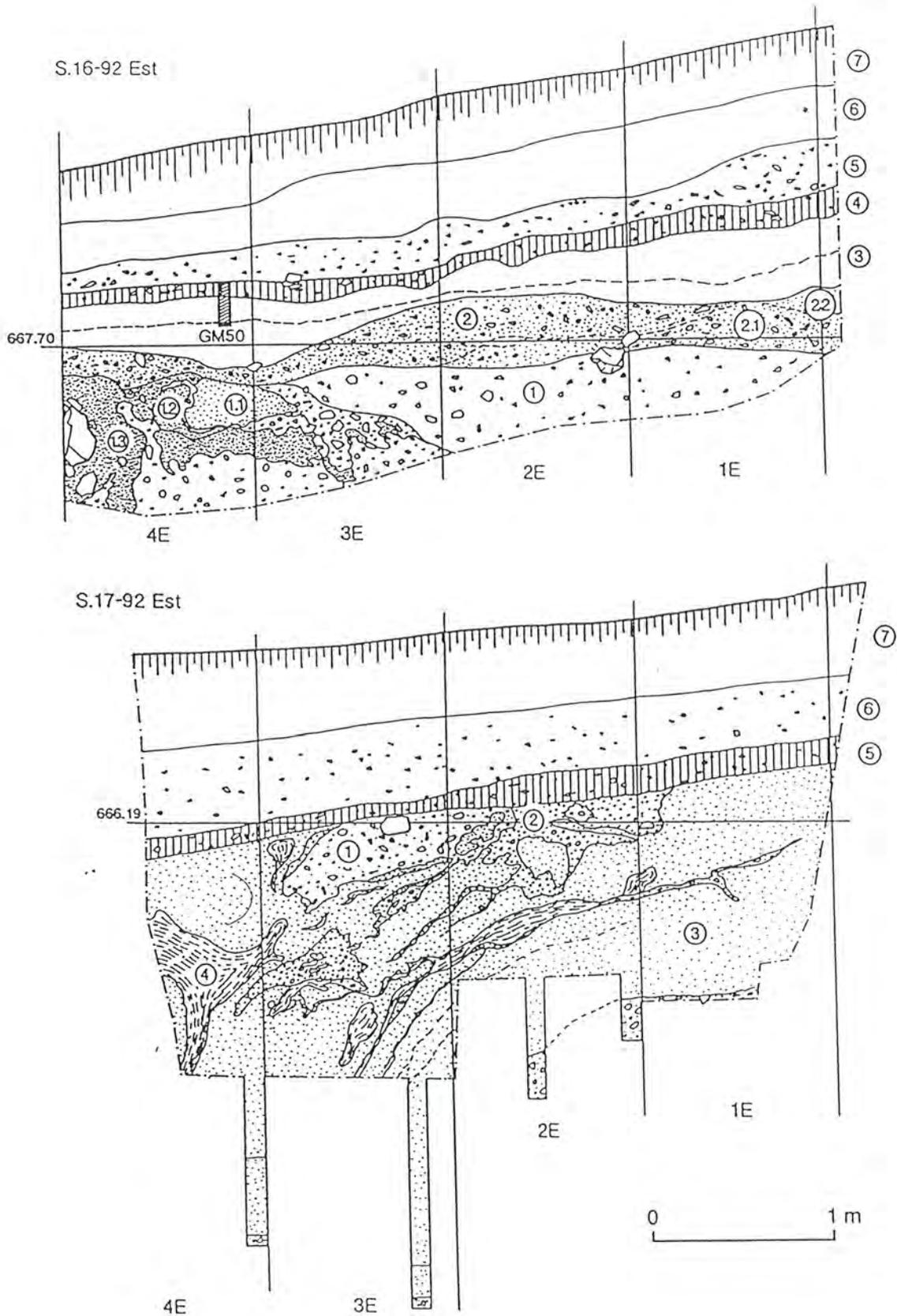


fig. 1.14 : Bildacker, séquence glacio-lacustre étudiée dans les sondages 16 et 17 (prospection 92). Des structures diapires et des injections affectent une séquence sédimentaire analogue à celle étudiée précédemment à l'extrémité ouest de Waldmatte.

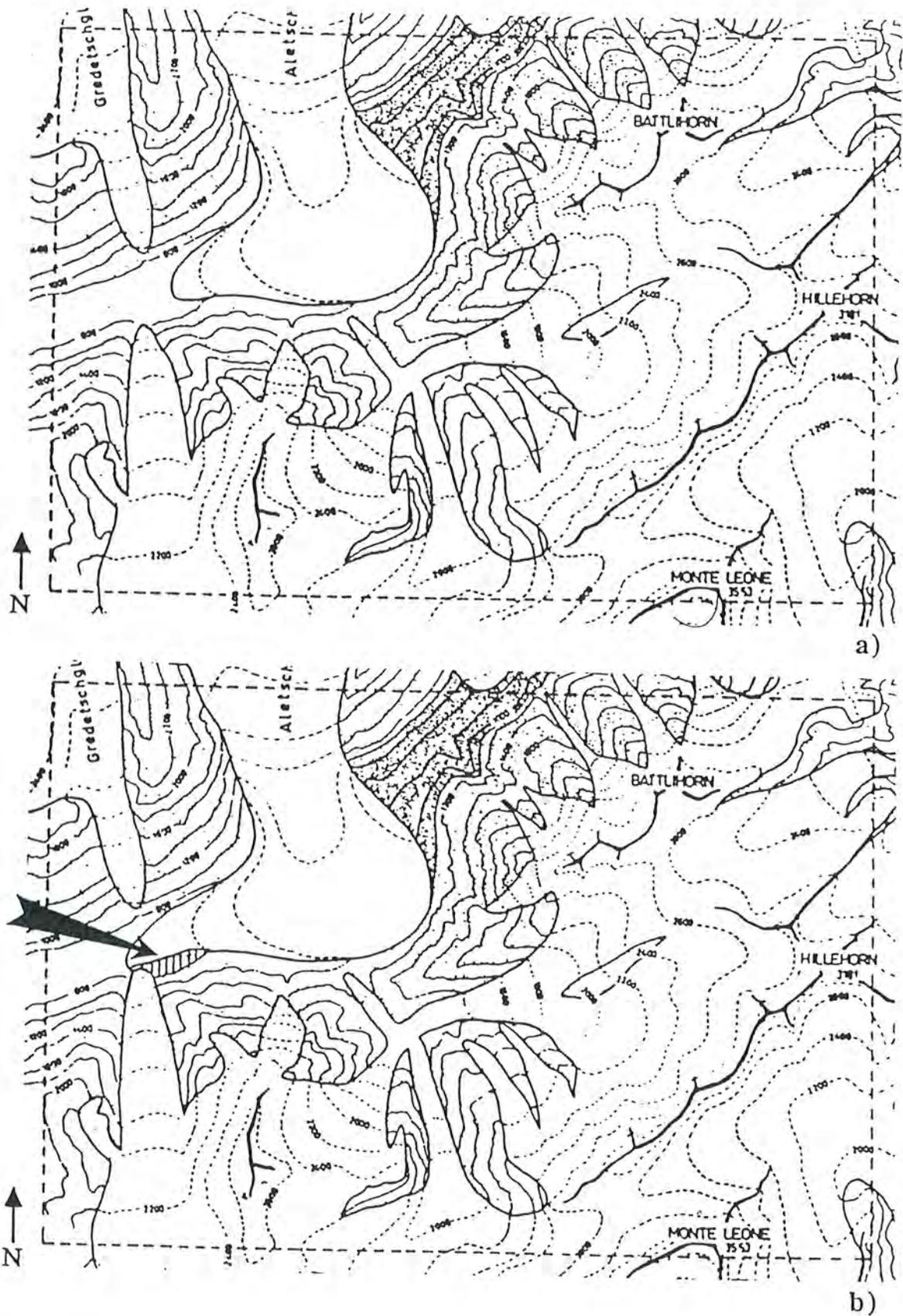


fig. 1.15 : reconstitution de la crue tardiglaciaire dans la dépression de Brig; a) d'après Burri (1990), b) modifications proposées d'après les données de Gamsen (lac créé à la confluence des langues glaciaires d'Aletsch et de la Gamsa).

2. MICROMORPHOLOGIE

APPROCHE PÉDOLOGIQUE DES SOLS ENFOUIS DANS LES SÉQUENCES COLLUVIALES

2.1. INTRODUCTION

Nous présentons dans ce rapport les premiers résultats des analyses micromorphologiques basées sur les études de terrain des années 1991 et 1992. Bien que l'intérêt majeur de notre intervention réside dans l'analyse des couches et structures archéologiques, nous nous sommes dans un premier temps concentrés sur l'analyse des sols fossiles rencontrés dans les sondages profonds de Gamsen et en particulier sur les horizons "rubéfiés". Dans le présent document, l'accent a donc été porté sur la description et la définition des sols rencontrés, formant ainsi un complément à l'approche sédimentologique de B. Moulin.

Les profils examinés se situent dans trois différents secteurs du chantier archéologique de Gamsen (fig. 2.1) :

- trois profils se trouvent à l'extrémité occidentale du site de Brig-Glis Waldmatte (ci-après "zone ouest"), plus précisément dans les tranchées Tr. 15 et Tr. 19;
- un profil dans la zone de fouille protohistorique de Waldmatte (ci-après "zone centrale"), tranchée Tr. 2;
- quatre profils enfin à l'extrême est du chantier (ci-après "zone est"), au lieu-dit Brig-Bildacker, sondages 14 à 17.

2.2. MÉTHODOLOGIE

2.2.1. Présentation de la méthode

Par opposition aux analyses plus classiques telles la granulométrie, le point fort de la micromorphologie est la conservation de l'arrangement spatial des constituants du sédiment. Ceci permet une étude microstratigraphique des profils archéologiques qui peut être reprise au fur et à mesure de l'avancement des résultats. L'intérêt majeur pour l'archéologie réside donc dans la possibilité d'observer quasiment *in situ* la transformation des dépôts par l'activité de l'homme. Mais cette évolution sur place peut aussi résulter de processus naturels, pédogénétiques.

Dans les coupes stratigraphiques, des blocs orientés de sédiment non perturbé sont prélevés strate par strate, souvent au contact entre deux couches. On peut également prélever plus ponctuellement, par exemple dans une structure en creux. Tous les échantillons ainsi récoltés

sont positionnés sur un relevé de profil accompagné d'une description géologique et pédologique.

Au laboratoire, les blocs sont tout d'abord séchés puis indurés sous vide par de la résine synthétique, translucide et isotrope. Après polymérisation complète de la résine, le bloc durci est tronçonné à l'aide d'une scie diamantée en plaquettes de format correspondant à celui des lames désirées. Celles-ci sont obtenues par amincissement des plaquettes jusqu'à 25 μm grâce à une rectifieuse. Les lames minces ainsi confectionnées sont examinées au microscope polarisant équipé d'un système d'épifluorescence très utile pour la détermination, entre autres, de la matière organique, des composés phosphatés etc.

2.2.2. Terminologie utilisée

Pour les descriptions interprétatives de lames minces, nous avons utilisé une terminologie adaptée à la problématique du site de Gamsen en évitant le plus possible les termes souvent très techniques de la micromorphologie. Nous donnons ci-dessous une brève définition des expressions que nous employons régulièrement.

2.2.2.1. Sédimentologie

Granulométrie : critère se basant sur la taille des particules sans faire appel à des notions génétiques. Précisons ici quelques termes, en s'appuyant sur le système des pédologues suisses alémaniques (A.G. Bodenkunde, 1982) :

Argile (A) : particule de taille inférieure à 2 μm

Limon (U) : particule de taille comprise entre 2 et 63 μm

Sable (S) : particule de taille comprise entre 63 μm et 2 mm;

les sables fins sont inférieurs à 200 μm ,

les sables grossiers supérieurs à 500 μm .

Colluvion : matériaux résultant du ruissellement ou de mouvements de masse qui conduisent à une accumulation le long ou au pied des pentes. Les colluvions de Gamsen se caractérisent par un mauvais classement et renferment des fragments de roches à différents stades d'altération, souvent aussi des charbons de bois roulés. Elles ne contiennent pas d'agrégat arrondi de sol remanié (chap. 2.4.1.).

Pédosédiment : cette expression est utilisée de manière restrictive pour décrire les dépôts résultant de sols colluviés. Il s'agit donc d'une sous-classe de l'ensemble "colluvions".

Ruissellement : en contexte de pente, écoulement de l'eau à la surface des sols, responsable de l'érosion de ceux-ci. Les dépôts de ruissellement montrent des structures sédimentaires de type litage ou granoclassement.

Tuf calcaire : sédiment carbonaté poreux formé aux émergences des sources ou dans les cours d'eau peu profonds à petites cascades.

2.2.2.2. Pédologie

Bioturbation : processus de dérangement et d'homogénéisation dans un sol dû à des déplacements d'organismes vivants : racines, vers de terre, coléoptères, etc.

Illuviation des carbonates : accumulation de carbonates de calcium dans un horizon aux dépens des horizons sus-jacents. A Gamsen, l'illuviation carbonatée se présente sous différentes formes :

- les pendeloques qui sont des encroûtements carbonatés développés sur la face inférieure d'éléments grossiers;
- les revêtements de pores, et les hyporevêtements qui correspondent à des imprégnations carbonatées respectivement dans les pores et autour de ceux-ci, dans la micromasse.
- les manchons racinaires dont les cristaux sparitiques attestent la présence de la végétation, et les fines aiguilles de calcite ou pseudomycélium qui résultent également de processus pédogénétiques récents.

A noter que l'on peut observer également une recarbonatation par translocation de cendres blanches : on parle d'illuviation cendreuse.

Microgéode : granule calcitique sphérique (diamètre env. 1-2 mm), à structure interne radiaire et d'origine biologique.

Nodule pseudomorphe : imprégnation ferrugineuse de débris végétaux ou de charbons de bois qui préserve partiellement la structure originale du noyau.

Description des horizons pédologiques rencontrés à Gamsen, valable pour ce site uniquement :

A_h : horizon humique à accumulation de matière organique en décomposition et siège d'une intense bioturbation. Présence de racines, de microgéodes et de tests de gastéropodes.

B_v : horizon minéral majeur, au sein duquel interviennent des phénomènes d'altération : la décarbonatation conjuguée à l'hydratation des grains minéraux mènent à une concentration résiduelle en argiles amorphes ainsi qu'en oxydes de fer (brunification). Les structures sédimentaires d'origine se voient détruites.

C : horizon minéral qui n'est que très légèrement atteint par les processus pédogénétiques.

C_{Ca} : horizon C à accumulation de carbonates reprécipités dans les pores, dans la masse ou sous forme de pendeloques.

M : horizon colluvié, sédiment ayant subi une altération pédologique avant le colluvionnement (= pédosédiment).

2.3. ETUDE DES PROFILS

Pour chaque profil, les résultats de l'analyse microscopique sont mis en parallèle, dans les tableaux ci-dessous, avec les données de terrain. La colonne "Microstructure et composants"

concerne les éléments qui constituent le sédiment : nature, forme, arrangement spatial, etc. Dans la colonne "Traits pédologiques" sont mentionnés les principaux caractères du dépôt qui résultent d'une évolution sur place et non de la sédimentation (selon Bullock et al., 1985) : traits texturaux (revêtements, nodules, remplissages, ...) et traits d'altération pour ne citer que les principaux. L'interprétation des caractéristiques micromorphologiques complétées par les données de terrain est résumée dans la colonne suivante. Sous "Environnement" enfin, nous proposons une petite synthèse phénoménologique se rapportant suivant les cas au seul échantillon analysé ou à l'ensemble du profil.

Lame	Couche	Description terrain	Microstructure et composants	Traits pédologiques (sélection)	Interprétation	Environnement
GM43	1	Graviers avec un peu de matrice limoneuse; surtout gravillons. Couleur matrice brune.	Sables (quartz) et limons (micas) à gravillons émoussés (calcschistes et micaschistes).	Grains minéraux (calcschistes surtout) à différents stades d'altération. Nodules ferrugineux remaniés.	Colluvions (horizon M).	Remaniement de la partie sommitale du sol mélangé à des éléments carbonatés légèrement altérés.
	2A	Limons sableux à gravillons, couleur matrice brun rougeâtre à brun (SYR 4/3).	Limons sableux à gravillons altérés. Charbons de bois. Absence de matière organique.	Très bioturbé. Décarbonatation complète (calcschistes sous forme de fantômes). Pigmentation de la masse par oxydes de fer; liseré ferrugineux au pourtour des grains; nodules pseudomorphes.	Partie sommitale d'un horizon By développé sur des colluvions.	Sol brun dont l'horizon humique a été érodé, repris lors de la mise en place de la couche sus-jacente.
GM44.1	2B	Graviers à tendance liée avec un peu de matrice de couleur brune.	Sables gravillonneux avec un peu de limons. Calcschistes altérés. Porosité : 10% (chenaux et chambres).	Bioturbation. Altération bien marquée au sommet de la lame : liseré d'oxydes autour des grains, avec quelques nodules. Pendeloques en voie de dissolution	Base d'un horizon By. On distingue deux phases : 1. Illuviation de carbonates 2. Décarbonatation et mobilisation du fer.	On se situe à la base d'un sol brun enloul, développé sur colluvions. Il s'agit d'un CCa dans lequel a progressé un front d'altération.
GM44.2	3A	Limons sableux à gravillons, plus compact que cou. 2A. Couleur matrice brune.	Sables limoneux, anguleux (quartz dominant) à gravillons émoussés (calcschistes). Micromasse limoneuse carbonatée. Porosité : 15-20%.	Bioturbation présente. Illuviation de carbonates dans la masse; manchons racinaires. Au sommet de la lame, les calcschistes sont décarbonatés et possèdent un liseré d'oxydation à leur pourtour; au sommet également, les pendeloques sont en voie de dissolution.	Transition entre un horizon By (traces d'altération) et un horizon CCa (accumulation de carbonates).	Premiers effets de la descente d'un front d'altération sur un niveau d'accumulation des carbonates. Chronologie : 1. Dépôt colluvions 2. Illuviation carbonates 3. Descente du front d'altération dans le profil 4. Fossilisation du système.
GM45.1	3B	Limons légèrement sableux. Matrice gris olive.	Limons micacé bien classé avec sable moyen quartzeux. Porosité : 10%. Quelques rares pollens.	Hyporevements de carbonates à partir des biopores; manchons racinaires; pendeloques non altérées. A la base de la lame, fissuration subparallèle antérieure à l'illuviation de carbonates.	Sédiment limnique (ou fluviatile?) avec des traces de gel peu développées. Horizon CCa.	Phénoménologie 1. Mise en place des sédiments, milieu lacustre ou fluviatile 2. Gel-dégel probable 3. Première illuviation de carbonates (formation des pendeloques) 4. Fossilisation du système suite à l'enlouisement du profil : colonisation par des racines; seconde illuviation de carbonates (dans les biopores).
GM45.2	4A	Sables grossiers à gravillons. Matrice jaune olive	Sables subarrondis mal classés, non altérés et de nature en général quartzeuse. Microstructure à entassement de grains. Porosité élevée (vides d'entassement) : 20-30% ; la micromasse est quasiment absente.	Pendeloques sous la plupart des grains : le sédiment est en voie de cimentation. Quelques grains elliptiques redressés et micas fissurés selon un autre plan que le clivage.	Interprétation identique à lame 45.1 (cf. ci-dessus).	

Tableau 1 : TRANCHÉE 15, profil BW-X (zone Ouest)

Lame	Couche	Description terrain	Microstructure et composants	Traits pédologiques (sélection)	Interprétation	Environnement
GM39	2A	Limons graveleux très mal classés; couleur matrice brun-rouge.	Limons grossiers (surtout quartz et micas) et gravillons (calcschistes non altérés et roches cristallines oxydées) dans micromasse tachetée brune dépourvue de matière organique. Charbons de bois épars, à pourtour émoussé. Présence également d'encroûtements calcitiques dispersés dans la masse. Porosité : 20%.	Bioturbation intense. Pigmentation retournée. Pigmentation par oxydes de fer : micromasse, enrobement autour de grains. Manchons racinaires en voie de dissolution.	Partie sommitale d'un horizon Bv, en contact avec des colluvions.	Reprise de la partie sommitale d'un sol brun lors de la mise en place de colluvions (couche 2A).
GM40	2A/2C	Graviers liés dans un limon sableux à gravillons. Mal classé. Couleur matrice brun-rouge (7,5YR 4/3).	Composants minéraux identiques à GM39, mais sans calcschistes. Porosité 5-10% Micromasse assez abondante, tachetée.	Bioturbé. Imprégnation par oxydes de fer : micromasse, nodules pseudomorphes (racines, charbons de bois); peu d'enrobements autour des grains. Calcschistes complètement décarbonatés (fantômes), les autres grains minéraux sont aussi fortement altérés.	Horizon Bv, niveau d'altération : - décarbonatation complète - mobilisation du fer (pas d'hydromorphie) = phénomène de brunification	Altération, évolution sur place d'une colluvion postérieurement à son dépôt : formation d'un sol brun dont l'horizon humique a été érodé.
GM41	2D	Limon sableux à graviers altérés. Couleur matrice brun olive.	Composants minéraux à grains de quartz dominants, qui sont des sables fins bien classés (env. 100µm). Absence de roches carbonatées Porosité : 15-20%. Micromasse moins abondante que dans GM40.	Faible bioturbation (racines). Fantômes de décarbonatation plutôt rares. Grains minéraux altérés (liséré d'oxydation). Présence d'oxydes de fer dans la masse. Manchons racinaires en voie de dissolution.	Base d'un horizon Bv développé dans un dépôt différent des couches sus-jacentes : le sédiment contient à l'origine très peu de calcschistes, il est issu de la reprise d'un dépôt bien classé (sables de quartz, cou. 2E).	Sédiment issu du remaniement des sables (cou. 2E) additionnés de fragments de roches cristallines : c'est donc une colluvion. On se situe à la base d'un profil de sol brun.
GM42	2E	Sable moyen, bien classé, légèrement limoneux. Intercalaire de lits plus fins, apparemment déformés.	Sables bien classés, de taille moyenne de 100µm, subanguleux, où quartz et micas dominent avec env. 5% de grains calcaires. Microstructure à entassement de grains. Porosité (vides d'entassement) : 5%.	Très faible bioturbation (racines). Hyporevêtements de carbonates dans les pores, préférentiellement dans les lits limoneux.	Sédiment fluviatile ou lacustre, déformé. Postérieurement : illuviation de carbonates, mais pas d'altération : horizon CCa.	Horizon profond d'un sol brun avec accumulation de carbonates. Ce sédiment a été rapidement enfoui (pas d'altération).

Tableau 2 : TRANCHÉE 19, profil sud (zone Ouest)

Lame	Couche	Description terrain	Microstructure et composants	Traits pédologiques (sélection)	Interprétation	Environnement
GM35	1	Limon sableux à graviers parfois émoussés. Matrice de couleur brun-jaune.	Limons micacés, sableux (quartz et calcite) dans une micromasse brune tachetée et microagrégée. Microgènes de calcite. Sclérotés. Coquilles de gastéropode. Encroûtements calciques dispersés. Charbons de bois. Porosité : 25%.	Intense bioturbation (terriers). Calcschistes peu altérés, quelques grains cristallins altérés à la base. Manchons racinaires, hyporevements de carbonates dans les pores.	Colluvions reprenant le niveau supérieur d'un sol : horizon M. S'agit-il d'un horizon humique enloui ou dégradé? On se situe en tous cas près d'un horizon Ah. Les carbonates illuviaux proviennent du dépôt de bisse juste sus-jacent.	Remaniement de la partie supérieure d'un sol et mélange avec des éléments carbonatés légèrement altérés. Postérieurement : recouvrement par un dépôt de bisse.
GM36	2A	Limon grossier à gravillons, légèrement sableux, compact. Couleur matrice : brun foncé.	Limons sableux (micas et quartz) avec quelques gravillons (roches cristallines, calcschistes décarbonatés). Charbons de bois épars. Porosité : 15%.	Bioturbé. Imprégnation par oxydes de fer : micromasse, nodules pseudomorphes (racines, charbons de bois); peu d'encroûtements autour des grains. Calcschistes complètement décarbonatés (fantômes), les autres grains minéraux sont aussi fortement altérés (oxydation).	Horizon Bv : brunification (décarbonatation puis mobilisation du fer). Pas d'hydromorphie.	Altération sur place d'une colluvion. Formation d'un sol brun.
GM37	2B	Limons à gravillons et graviers épars. En remplissage d'une structure genre chenal. Couleur matrice : brun-rouge foncé (5YR 3/6).	Sables limoneux à gravillons (quartz et micaschistes). Micromasse tachetée plus abondante vers la base de la couche. Charbons de bois au sommet. Porosité : 5-10%	Bioturbation au sommet de la lame. Grains minéraux fortement altérés : micas totalement oxydés, calcschistes sous forme de fantômes de décarbonatation. Micromasse imprégnée par oxydes de fer. Nodules pseudomorphes (racines); enrobement d'oxydes de fer autour des grains minéraux.	Horizon Bv "rubéfié" : mobilisation du fer contenu par les micas (biotites), le résidu insoluble des calcschistes etc. au sein même du sédiments.	Altération sur place d'une colluvion. La rubéfaction est d'origine pédologique, elle résulte d'une évolution sur place poussée, durant une période de temps plus longue que pour les autres sols bruns locaux; elle n'a pas de signification archéologique.
GM38	2B/2C	Couche 2C : limon sableux à gravillons. Présence de concrétions carbonatées. *Moins compact que 2B. Pas de "rubéfaction" : couleur matrice brun olive	Limon sableux (quartz et micas surtout) à gravillons (spectre local habituel) qui sont plus abondants vers la base de la lame (= cou. 2C). Porosité : 10-15%.	Oxydes de fer au sommet de la lame (base cou. 2B, cf. ci-dessus). Fantômes de décarbonatation (calcschistes) et absence d'illuviation de carbonates. Quelques grains redressés.	Sédiment de même nature dans toute la lame, la couche 2B se distingue par les traits pédologiques typiques de l'horizon Bv. Traces de gel peu marquées. Base du Bv "rubéfié". Transition à l'horizon C.	Horizon profond d'un sol brun particulier. L'horizon CCa se trouve plus bas dans le profil (concrétions observées sur le terrain seulement).

Tableau 3 : TRANCHÉE 19, profil ouest (zone Ouest)

Lame	Couche	Description terrain	Microstructure et composants	Traits pédologiques (sélection)	Interprétation	Environnement
GM1	1	Sables limoneux à cailloutis.	Limons sableux à gravillons émoussés (calc- et micaschistes). Les sables sont essentiellement quartzeux, anguleux et les limons en majorité des micas. Porosité : 20%. Charbons de bois roulés. A la base de la cou., éléments minéraux passés au feu ("rubéfiés") et posés à plat au contact avec cou. 2.	Très bioturbé. Pendeloques éditées en 2 phases distinctes, la dernière étant peu marquée. Calcschistes à différents stades d'altération.	Colluvions mises en place postérieurement à un incendie et reprenant du matériel sain et altéré de la surface des sols. Remaniement également de grains minéraux passés au feu ("rubéfiés"). Formation des pendeloques : - 1ère phase : héritée - 2ème phase : recarbonatation après dépôt, illuviation de cendres. Horizon M.	Phénoméologie : 1. Mise en place de colluvions (avec charbons de bois épars) 2. Précipitation de carbonates illuviaux à la base de la cou. 2 et dans la cou. 3 : genèse des pendeloques : formation d'un CCa. 3. La pédogenèse se poursuit : le front de décarbonatation descend : les pendeloques se dissolvent, les grains minéraux s'altèrent. Le fer est mobilisé. Début de la formation d'un By. 4. Erosion des horizons supérieurs (suite à un défrichement?) 5. Incendie : formation d'un liseré "rubéfié" au sommet du profil. 6. Mise en place de colluvions postérieurement à l'incendie (rééquilibrage du versant). 7. Précipitation de carbonates dans les pores des trois couches : illuviation cendreuse.
	2	Limon sableux rougeâtre.	Sables quartzeux à micas, avec des limons pris dans une micromasse tachetée de couleur brune. Porosité : 10-15%. Charbons de bois épars. Sédiment mal classé.	Bioturbé. Altération des grains minéraux; pendeloques en voie de dissolution. Pigmentation de la masse par oxydes de fer bien marquée à proximité du contact avec cou. 1, oxydes de fer diffus et nodules pseudomorphes dans toute la couche. Illuviation de carbonates dans les pores.	Colluvions soumises à une légère altération sur place du type brunification : base d'un horizon By ou horizon By peu marqué (évolution intertempore). La forte pigmentation au sommet de la couche est due au feu (niveau d'incendie au-dessus).	
	3	Limon sableux verdâtre.	NB : champ d'observation très réduit! Sables quartzeux à limons micacés. Calcschistes à liseré d'altération. Mal classé. Micromasse (<5µm) peu abondante, de couleur gris-brun. Porosité : 15-20%.	Bioturbé. Illuviation carbonatée (probablement des cendres). Faible altération des grains minéraux qui montrent un mince liseré d'oxydation.	Colluvions très faiblement altérées : horizon C. Sédiment de nature identique à cou. 2.	
GM2	4	Sables graveleux à cailloutis et blocs anguleux (chenal).	Sables (surtout quartz mais aussi calcite et micas) à éléments grossiers qui sont pour la plupart des calc- et micaschistes avec quelques gneiss, le tout faiblement altéré. Très mal classé, absence de structure sédimentaire. Charbons de bois épars, roulés. Porosité : 15-20%.	Bioturbation. Dissolution partielle des carbonates illuviaux (pendeloques); fantômes de décarbonatation (calcschistes). Légère pigmentation par oxydes de fer.	Sédiment grossier mis en place après érosion de la partie supérieure de la cou. 5 qu'il reprend en partie avec des éléments minéraux non altérés.	Phénoméologie : 1. Mise en place de colluvions fines (cou. 5) 2. Altération de type brunification : formation d'un By. 3. Erosion : disparition des horizons supérieurs 4. Dépôt de colluvions, additionnées de matériel sain (calcschistes en particulier) et de charbons de bois 5. Illuviation de carbonates, en liaison avec la pédogenèse au sommet du profil et la présence de cendres (cf. GM1). 8. Fossilisation du système (recouvrement).
	5	Limon sableux rougeâtre	Sables quartzeux à micas avec gravillons (gneiss et calcschistes altérés). Mal classé. Porosité : 10%.	Bioturbation. Présence de fantômes de décarbonatation (calcschistes altérés). Nodules pseudomorphes. Revêtements de pores par des carbonates; quelques pendeloques altérées.	Base d'un horizon By (ou altération peu marquée) développé sur colluvions fines. Illuviations de carbonates postérieures à la phase d'altération.	

Tableau 4 : TRANCHÉE T2 SUD, profil R47 (zone centrale)

Lame	Couche	Description terrain	Microstructure et composants	Traits pédologiques (sélection)	Interprétation	Environnement
GM47	8	Silts sableux rubéfiés avec quelques gravillons. Extension limitée à une poche d'env. 2m de long. Couleur matrice : brun rougeâtre (SYR 4/3).	Sédiment mal classé : sable quartzueux à micas. Charbons de bois épars. Gravillons de calc- et micaschistes (altérés) Porosité : env. 10%. Chenaux et chambres.	Bioturbation. Grains minéraux très altérés (calcschistes "fantômes"). Imprégnation par oxydes de fer de la micromasse et nodules pseudomorphes abondants.	Horizon B _y "rubéfié" typique (par comparaison avec la zone ouest).	Horizon d'altération d'un sol tronqué et enfoui sous des colluvions.

Tableau 5 : SONDAGE 15 (zone Est/Bildacker)

Lame	Couche	Description terrain	Microstructure et composants	Traits pédologiques (sélection)	Interprétation	Environnement
GM50.1	3	Limon sableux à gravillons, mal classé. Matrice de couleur brune.	Microstructure complexe, microagrégée. Calcschistes altérés ou non. Un fragment de terre cuite ou de céramique. Quelques charbons de bois. Sclérotés. Porosité : 10-15%	Intense bioturbation (boulettes fécales). Quelques nodules ferrugineux remaniés.	Horizon humique développé sur un colluvion qui reprend des horizons sous-jacents.	Phénoménologie : 1. Mise en place des colluvions. 2. Développement d'un sol brun assez évolué. 3. Erosion et remaniement de l'horizon humique. 4. Fossilisation du système.
GM50.2 GM50.3	2	Limon sableux rubéfié (SYR 4/2, gris rougeâtre).	Classement modéré des composants. Porosité : 5-10% Dominance des quartz. Rares charbons. Présence de biotites altérées.	Bioturbation. Décarbonatation complète. Grains enrobés par des oxydes de fer.	Horizon B _y "rubéfié".	
GM50.3 (base)	1	Limon sableux avec quelques graviers, couleur brun-olive.	Classement modéré. Porosité : 5-10% Micromasse moins abondante que dans la couche 2.	Bioturbation. Décarbonatation.	Horizon C _y bioturbé.	

Tableau 6 : SONDAGE 16 (zone Est/Bildacker)

Lame	Couche	Description terrain	Microstructure et composants	Traits pédologiques (sélection)	Interprétation	Environnement
GM46.1	2	Limon sableux à graviers au sommet brun foncé ("sol brun naturel"). Porosité : 15-20%.	Chenaux et chambres. Limon gravillonneux. Calcschistes décarbonatés, micas altérés. Rares charbons. idem GM 46.1	Intense bioturbation. Rares nodules pseudomorphes.	Faibles traces d'altération. Partie sommitale d'un By.	Colluvions brunifiées.
GM 46.2	2	Limon sableux à graviers ("sol brun naturel"). Porosité : 10-15%.		Bioturbation.	Base d'un horizon légèrement brunifié, By.	On se situe à la base d'un sol brun peu évolué, développé sur des colluvions.
	1	Sable limoneux brun clair avec des gravillons. Traces de racines. Limité supérieure diffuse.	Structure à entassement de grains. Sédiment mieux classé.	Légère bioturbation. Présence de quelques pendeloques en voie de dissolution et de tubes racinaires.	Horizon C.	Sédiment lacustre.

Tableau 7 : SONDAGE 17 (zone Est/Bildacker)

Lame	Couche	Description terrain	Microstructure et composants	Traits pédologiques (sélection)	Interprétation	Environnement
GM49	18	Contact entre des limons orangés et le tuf, qui semble altéré au sommet. Présence d'indices archéologiques directement sur le tuf : creusements (foyers) et fosses.	C. 18 : gravillons dans une matrice limono-sableuse humique. Microstructure complexe, microagrégée. Porosité : 10-15%. Quelques charbons épars, de taille très variable. Fragment de tuf roulés, et brûlés. Les gravillons de calc- et micaschistes sont aussi en partie brûlés (env. 1/3).	Bioturbé. Par endroits illuviation de carbonates dans la micromasse. Mais aussi en revêtements de pores (illuviation de cendres?). Plusieurs phases de carbonatation. Pendeloques retournées (et passées au feu).	Colluvion (horizon M) avec indices d'occupation humaine (traces de feu). Le tuf a subi une altération sommitale : passage au feu et fragmentation.	Le tuf a été passé au feu au sommet, mais la couche qui le recouvre est un colluvion de sol et non un remplissage de foyer.
GM48	19	Tuf calcaire à débris végétaux et coquilles de gastéropodes. Litage apparent.	Structure massive, carbonatée. Nombreux gastéropodes. Au sommet, remplissages granodécroissants de pores (postsédimentaires?) par des particules de sol orangées (SYR 6/8), puis revêtus par de la microsparite; on a aussi des apports détritiques lités, de même nature, intégrés à la matrice carbonatée (syndimentaires). En fluorescence : - plusieurs phases d'édification, la dernière étant d'une microsparite pure (illuviation de cendres?); - pollens - pas de matière organique, y compris dans les remplissages de pores.	Tout au sommet, formation de calcite aciculaire dans les pores (illuviation de cendres?).	Tuf calcaire avec par endroits des apports syndimentaires orangés, lités, qui sont des particules du sol remaniées. Ces dernières constituent également les remplissages des pores de la partie sommitale du tuf. Leur origine provient-elles d'un sol rubéfié par le feu? d'une précipitation naturelle d'oxydes de fer (p. ex. source thermique, etc.)? L'illuviation sommitale a eu lieu en milieu sec, drainé. Elle est donc bien postérieure à la formation du tuf.	Tuf formé à proximité d'une source. Les apports détritiques lités témoignent des variations du débit de cette dernière. Les indices archéologiques signalent une occupation postérieure à la formation du tuf.

Tableau 8 : SONDAGE 14 (zone Est/Bildacker)

2.4. INTERPRÉTATION. SYNTHÈSE

2.4.1. Les sédiments : remarques générales

Avant d'entrer dans le détail de chaque profil analysé, il nous paraît important de mentionner une caractéristique des sédiments de Gamsen qui a une influence notable sur leur évolution pédologique : il s'agit de leur très faible teneur en argile, la matrice étant constituée essentiellement de limons sableux. Les conséquences sont les suivantes :

- dans les colluvions, on n'observe pour ainsi dire jamais d'agrégats roulés de particules de sol (anglais : *ped*); on a plutôt une tendance au litage des éléments et parfois des laminations;
- la microstructure des dépôts est souvent difficile à définir car l'absence de particules fines empêche une bonne fossilisation de nombreuses figures telles que terriers ou fissures par exemple;
- de même certains traits pédologiques (p. ex. *stress-cutanes*) ne peuvent apparaître;
- cette pauvreté en argile assure un bon drainage interne ainsi qu'une porosité initiale assez élevée (15-20%) des sédiments : les traits d'hydromorphie sont en général absents (exception : éch. GM 34);
- enfin, la cohésion de la partie superficielle des sols est réduite, ce qui signifie que celle-ci se démantèle rapidement au cours des phases d'érosion; les horizons humiques ne sont ainsi pas conservés dans les séquences colluviales.

Nous proposons maintenant une réflexion zone par zone sur les informations pédologiques collectées, données que nous tentons ensuite de synthétiser à l'échelle du site.

2.4.2. Zone ouest

2.4.2.1. Tranchée 15, profil BW-X

L'analyse micromorphologique nous permet de distinguer dans ce profil différentes unités pédologiques (tableau 1, chap. 2.3.). Nous rappelons ci-dessous les principales caractéristiques de ces horizons, descriptions sur lesquelles nous ne reviendrons plus dans les points suivants.

L'apparition d'un horizon d'altération de type B_v constitue le résultat le plus remarquable de notre analyse. Cette unité pédologique se situe stratigraphiquement dans les couches 2A et 2B, c'est-à-dire dans des colluvions. Micromorphologiquement, il se distingue par différents traits. L'absence de carbonates constitue le premier de ceux-ci : on observe en effet que les nombreux calcschistes que contenait le dépôt à sa mise en place ont subi une forte altération; il n'en subsiste que des fantômes de décarbonatation, grains minéraux corrodés formés d'une trame siliceuse imprégnée par des oxydes de fer (fig. 2.2). Les fantômes sont en outre enrobés d'argiles teintées par ces mêmes oxydes, revêtements que nous interprétons comme le résidu insoluble des carbonates dissous. Cette décarbonatation s'est effectuée tout d'abord au contact avec un horizon humique sus-jacent qui n'apparaît plus actuellement. Son front a par la suite

migré vers le bas du profil. Cette évolution est confirmée par l'apparition, au pied de la séquence, d'un horizon d'accumulation de carbonates ou C_{Ca} .

La seconde caractéristique de l'horizon B_v réside dans l'abondance des oxydes de fer. Ceux-ci se présentent sous la forme de revêtements de grains et de nodules pseudomorphes, la micromasse présentant un aspect tacheté qui résulte d'une combinaison argile-oxydes de fer. Ces derniers proviennent principalement de l'altération des micas du reste très abondants dans les sédiments de Gamsen, mais aussi du résidu insoluble des calcschistes décarbonatés. Leur apparition confère au sédiment une teinte brun rougeâtre parfois proche de celle des sols rouges méditerranéens (5YR dans la tranchée 19, profil ouest : voir *infra*).

On notera encore deux autres traits typiques. D'une part, la bioturbation (et la porosité, son corollaire) est de plus en plus marquée à mesure que l'on s'élève dans l'horizon, c'est-à-dire que l'on se rapproche du niveau humique. D'autre part, le B_v est tout à fait exempt de matière organique, comme le révèle un examen sous lumière fluorescente.

Comme nous l'avons déjà mentionné, au-dessous du B_v , au sein des couches 3B et 4A, se trouve un horizon d'accumulation de carbonates. Ces derniers sont incontestablement d'origine illuviale et sont de deux types principaux. D'une part sous forme de pendeloques (chap. 2.2.2.) qui se sont édifiées en différentes phases (fig. 2.3). Ces épais revêtements résultent d'une importante précipitation consécutive à la décarbonatation initiale des horizons supérieurs. D'autre part, les carbonates associés aux biopores proviennent d'une illuviation postérieure à celle qui a conduit à la formation des pendeloques. Ces nombreux hyporevêtements et autres manchons racinaires indiquent une colonisation des horizons profonds par les racines ainsi qu'une recharge du sommet du profil en carbonates, au niveau de l'horizon M. Celui-ci constitue la dernière unité pédologique que nous avons pu mettre en évidence et il se confond avec la couche 1. Il s'agit de colluvions carbonatées qui se superposent selon un contact abrupt, d'origine sédimentaire, à l'horizon d'altération. Une importante lacune d'érosion vient donc s'insérer entre les horizons M et B_v : elle correspond à la phase d'ablation au cours de laquelle a disparu l'horizon humique se rattachant au B_v et au C_{Ca} .

2.4.2.2. Tranchée 19, profil sud

Ce profil présente une analogie certaine avec le précédent : on y retrouve en effet une succession identique d'unités pédologiques, à savoir les horizons M, B_v , C_{Ca} et C (tableau 2, chap. 2.3.).

L'horizon brunifié B_v se situe stratigraphiquement dans les couches 2A et 2C, sa base atteignant la couche 2D qui est d'une nature sédimentologique différente des deux précédentes. Il est également tronqué à son sommet par une limite d'érosion; au-dessus de celle-ci se mettent en place des colluvions carbonatées qui remanient en partie le niveau sous-jacent (horizon M, couche 1).

L'horizon C_{Ca} s'est développé dans les sédiments lacustres déformés de la base du profil. Les traits carbonatés tels qu'hyporevêtements et manchons racinaires sont associés aux biopores, mais on observe aussi des imprégnations dans la micromasse, tout particulièrement dans les lits limoneux (fig. 2.4). Les pendeloques sont absentes, les conditions pour leur formation n'étant peut-être pas réunies (vides entre les grains trop petits, etc.). Il est donc impossible de distinguer différentes phases d'illuviation, mais, par analogie avec le profil Tr. 15 BW-X, nous pensons que les traits observés résultent d'une précipitation postérieure à la génération du B_v , en relation avec la recharge du sommet du profil en carbonates.

2.4.2.3. Tranchée 19, profil ouest

Localisé à quelques mètres à peine du précédent, ce profil montre des similitudes avec ceux que nous venons de voir. Rappelons que sur le terrain, cette coupe se caractérisait par des sédiments de couleur rougeâtre (Munsell : 5YR 3/6) qui leur ont valu le qualificatif de "rubéfiés" (tableau 3, chap. 2.3.).

En lame mince, il s'est avéré que nous retrouvions dans ces dépôts rubéfiés les traits pédologiques d'un B_v tel que nous l'avons défini pour le profil BW-X. Cependant, la base de l'horizon se voit très fortement enrichie en oxydes de fer, sous forme d'imprégnations de la masse, de nodules ou encore d'enrobements autour des grains minéraux (fig. 2.5). Suite à une discussion avec R. Langohr (Centre international pour l'étude des sols, Université de Gand, Belgique), nous sommes arrivés à la conclusion qu'il s'agit d'un stade très avancé dans le processus pédogénétique des sols bruns, qui a nécessité une phase d'altération prolongée. Nous avons dénommé cette unité pédologique particulière horizon B_v "rubéfié", c'est-à-dire un horizon d'altération enrichi en oxydes de fer.

Le sommet de cet horizon est nettement tronqué selon une limite d'érosion : les horizons supérieurs au B_v "rubéfié" ont donc disparu. En lieu et place se trouve des colluvions carbonatées (horizon M) dont la mise en place est bien plus tardive que la genèse de l'horizon d'altération.

Par notre analyse, nous n'avons en outre pas décelé d'horizon C_{Ca} au-dessous du B_v "rubéfié". Peut-être n'avons-nous pas prélevé des échantillons assez bas dans le profil, car sur le terrain nous avons effectivement constaté la présence de concrétions carbonatées tout à la base de la séquence (couche 2C).

2.4.2.4. Vision synthétique. Résumé

Dans les trois profils étudiés, nous avons observé l'apparition d'un horizon d'altération B_v , en général tronqué au sommet par une limite d'érosion. Cette unité pédologique correspond à une phase de pédogénèse à laquelle se rattache également la formation d'un horizon d'accumulation des carbonates (C_{Ca}) observé dans la tranchée 15, de manière moins évidente dans la tranchée 19. Nous pensons que ce processus correspond à la formation d'un sol brun évolué dont l'horizon d'altération est enrichi en sesquioxydes. Cette évolution pédologique a affecté des colluvions qui se sont déposées postérieurement à l'épisode lacustre rapporté au Tardiglaciaire (chap. 1. Sédimentologie). Les horizons supérieurs, et en particulier l'horizon humique de ce sol brunifié, ne sont pas conservés dans les séquences, ils ont été érodés (chap. 2.4.1.). En lieu et place se trouvent des colluvions qui n'ont subi qu'une faible évolution sur place (horizon M), si ce n'est une légère décarbonatation; cette dernière se marque du reste dans les profils par une illuviation de carbonates à proximité de l'horizon C (resp. C_{Ca}), mais aussi parfois dans l'horizon d'altération. Une lacune chronologique importante vient donc s'insérer au contact entre les horizons B_v et M. A la suite du dépôt de l'horizon M, le système a été rapidement fossilisé par des sédiments récents de nature variée (dépôts de bisse, etc.).

2.4.3. Zone centrale : tranchée Tr. 2, profil R47

Pour l'ensemble de la zone centrale du site où se trouve l'habitat protohistorique, un profil représentatif dans une grande coupe transversale a été étudié (tableau 4, chap. 2.3.). Notre analyse ne concerne qu'une portion de séquence enfouie, au niveau du caisson R47, sous 2

mètres de sédiments. Dans celle-ci apparaissent deux couches limono-sableuse "rubéfiées" qui sont séparées l'une de l'autre par des dépôts de ruissellement, graveleux et d'aspect peu altéré. Par conséquent, ce profil se révèle d'emblée comme plus complexe que ceux de la zone ouest, les rythmes sédimentaires étant eux aussi nettement différents : on se trouve dans un cône de déjection torrentiel (Moulin 1991).

L'échantillon GM2 concerne la partie inférieure du profil, il a été prélevé à la limite entre les limons sableux brun-rouge (cou. 5) et les graviers (cou. 4) qui recouvrent ceux-ci. L'analyse micromorphologique a révélé que la couche "rubéfiée" correspond en fait à un horizon brunifié. Cette unité est tronquée à son sommet par une limite d'érosion, au-dessus de laquelle se placent les dépôts graveleux. A leur base, ces derniers reprennent le B_v , ce qui explique pourquoi nous avons inséré à cet endroit un horizon M (chap. 2.2.2.). L'examen en lame mince a en outre révélé une phase de précipitation de carbonates postérieure aussi bien à la genèse du B_v que de la mise en place du M, illuviation rapportée à un apport cendreux au sommet de la séquence (voir plus bas).

Le deuxième prélèvement, GM1, montre une certaine analogie avec le premier, bien qu'il se situe plus haut et dans d'autres sédiments. Ceux-ci se subdivisent en trois couches : au centre, des limons sableux rougeâtres (cou. 2); au-dessus, des sables gravillonneux (cou. 1) et au-dessous des limons sableux verdâtres (cou. 3). D'après les observations microscopiques, la couche supérieure s'est mise en place à la suite d'un incendie : elle contient en effet des grains minéraux passés au feu ainsi que de nombreux charbons de bois; de plus, un liseré d'oxydation se marque au sommet de la couche 2. Ces colluvions "post-incendie" se sont mises en place sur une surface d'érosion et constituent donc un horizon M. Elles recouvrent les limons rougeâtres qui, pareillement à GM2, correspondent à un horizon B_v tronqué. Ce niveau d'altération s'est développé sur des colluvions sableuses identiques à la couche 3, cette dernière constituant ainsi l'horizon C. Au niveau de la base de la couche 2, on remarque des pendeloques en voie de dissolution : on se trouve ici à la base du B_v qui à l'origine devait être bien plus épais. A relever encore que des carbonates en revêtements de pores apparaissent aussi bien dans le B_v que dans l'horizon C. Nous pensons encore une fois que cette illuviation provient d'un apport de cendres au sommet du profil, au niveau de la couche 1.

En résumé, la succession des unités pédologiques révélées par l'analyse de GM1 et GM2 est la suivante (du sommet à la base) :

- Horizon M : colluvions post-incendie;
- Horizon B_v : base d'un horizon d'altération tronqué, avec un liseré d'oxydation (passage au feu) au contact supérieur;
- Horizon C_{Ca} : accumulation de carbonates illuviaux sous différentes formes (pendeloques et revêtements);
- Horizon C : illuviation cendreuse dans les pores, mais pas de pendeloques;
- Horizon II M : matériel altéré remanié lors de la mise en place des graviers (couche 4);
- Horizon II B_v : second horizon d'altération dont il ne subsiste que la partie inférieure;
- Horizon II C : sédiment peu transformé, base du profil.

Ceci nous amène naturellement à proposer une reconstitution chronologique :

1. Mise en place de colluvions limono-sableuses contenant des charbons de bois.
2. Evolution sur place de ce dépôt : décarbonatation puis genèse de l'horizon B_v (brunification).

3. Erosion : l'horizon humique ainsi qu'une partie du B_v sont arasés.
4. Sédimentation de sables graveleux dans un chenal; remaniement du sommet du B_v déjà tronqué auparavant. Cette phase se termine par la mise en place de sédiments plus fins (cou. 3).
5. Altération pédologique des ces dépôts sableux, identique à la phase 2. Un second horizon d'altération se développe, séparé du premier par des sédiments grossiers.
6. Erosion : à nouveau, l'horizon humique et une partie du second B_v sont démantelés.
7. Incendie : formation d'un liseré d'oxydation au sommet du B_v tronqué.
8. Colluvionnement consécutif au passage du feu : mise en place de sédiments riches en cendres et charbons de bois.
9. Illuviation de cendres dans tout le profil.
10. Fossilisation du système : recouvrement.

Remarquons que l'on trouve à deux reprises dans cette reconstitution la séquence d'événements sédimentation - pédogenèse (brunification) - érosion. Il s'agit sans aucun doute d'une caractéristique de l'environnement sédimentaire local, à savoir un cône de déjection torrentiel; mais le facteur anthropique ne doit pas être exclu d'emblée. Par rapport à la zone ouest, les phases de dépôt et d'érosion sont dans la zone centrale nettement plus fréquentes. En outre, les deux horizons B_v successifs ne montrent pas un fort enrichissement en sesquioxides comme nous avons pu l'observer localement dans la zone ouest. Ces horizons d'altération ont-ils été plus rapidement enfouis, ce qui aurait stoppé leur évolution, respectivement l'accumulation d'oxydes de fer? Nous revenons au chapitre 2.4.5. sur la signification chronologique des différents profils.

2.4.4. Zone est / Bildacker

2.4.4.1. Sondage 15 (tableau 5, chap. 2.3.)

L'échantillon analysé a été prélevé dans un dépôt limoneux très local, de teinte brun rougeâtre, qui est plaqué sur la séquence lacustre tardiglaciaire (rapport BW92/1). Il s'agit d'une poche résiduelle de sédiment, préservée sous plus de 2 m de colluvions.

Ce niveau correspond à un horizon B_v "rubéfié" comme nous avons pu l'observer dans la zone ouest (chap. 2.4.2.) : forte accumulation des oxydes de fer, altération poussée des grains minéraux, etc. Développé sur des colluvions assez fines, cet horizon se voit tronqué à son sommet par un contact érosif au-dessus duquel se mettent en place des pédosédiments (horizon M).

2.4.4.2. Sondage 16 (tableau 6, chap. 2.3.)

Dans cette fouille, notre analyse s'est à nouveau focalisée sur une couche rubéfiée. Comprise dans une séquence colluviale qui recouvre les dépôts limniques du Tardiglaciaire, celle-ci s'étend dans toute la coupe.

Ce profil pédologique est comparable à celui observé dans le sondage 15 : il comprend au sommet un horizon humique développé sur des colluvions qui eux-mêmes se placent sur une

limite d'érosion; celle-ci a tronqué un horizon d'altération de type B_v "rubéfié", généré également sur substrat colluvial.

2.4.4.3. Sondage 17 (tableau 7, chap. 2.3.)

La stratigraphie observée dans ce sondage est très condensée, lacunaire. Elle se compose d'un sol brun développé sur des colluvions qui coiffent la séquence limnique.

En lame mince, on observe la présence d'un horizon d'altération (B_v) d'un sol brun, qui n'est cependant pas de type "rubéfié". Nous pensons ainsi qu'il s'agit d'un sol moins évolué que ceux observés dans les sondages précédents. On peut faire l'hypothèse que l'horizon "rubéfié", plus ancien, n'a pas été conservé à cet endroit.

2.4.4.4. Sondage 14 (tableau 8, chap. 2.3.)

L'apparition d'un tuf calcaire à la base de ce sondage en fait la particularité. Cette roche carbonatée, formée à proximité d'une source qui n'est plus apparente, est recouverte par une séquence colluviale dans laquelle s'inscrivent des niveaux archéologiques.

Nous avons examiné sous microscope le contact entre le tuf et les colluvions. Ces observations soulèvent une problématique spéciale qui sort du cadre général de notre étude. Mentionnons simplement que le sommet du travertin a subi le passage du feu, postérieurement à sa formation. Les colluvions qui le recouvrent constituent un horizon M avec des indices archéologiques, mais, à l'endroit où les prélèvements ont été faits, il ne s'agit pas d'un comblement de foyer.

2.4.4.5. Résumé

La zone orientale du site se caractérise en premier lieu par l'apparition de deux sols bruns "rubéfiés", tronqués à leur sommet, du même type que ceux observés dans la zone ouest (chap. 2.4.2.). D'autres arguments tels la géométrie des couches doivent intervenir pour savoir si ces deux sols sont stratigraphiquement corrélables. On peut néanmoins affirmer qu'ils sont tout deux issus d'une pédogenèse poussée qui a nécessité un laps de temps considérable : les autres sols fossiles observés dans la zone, probablement plus jeunes, n'ont pas atteint ce stade d'évolution.

Un peu en amont de l'endroit où se situent ces sols enfouis, apparaît un tuf dont la formation semble s'être arrêtée au plus tard à l'époque protohistorique. Faut-il voir là une conséquence de l'occupation humaine, du reste bien enregistrée dans les colluvions qui le recouvrent (p. ex. captage de la source, détournement, etc.)? Une vision plus élargie de la zone semble nécessaire pour répondre à cette question. Il faudrait aussi tenter de caler le tuf aussi bien stratigraphiquement que chronologiquement, respectivement par un approfondissement du sondage et par une analyse palynologique (nous avons vu des pollens dans les lames minces).

2.4.5. Essai de synthèse à l'échelle du site

Le premier point à relever, c'est bien entendu l'apparition de sol brunifiés enfouis dans les séquences colluviales des trois parties du site prise en compte par notre étude (fig. 2.6). Ces sols se caractérisent par un horizon d'altération B_v en général accompagné au-dessous d'un horizon C_{Ca} , les horizons humiques n'étant pas conservés. Ils résultent d'une pédogenèse sur

un matériel très filtrant, rapidement décarbonaté. Aucune trace d'hydromorphie n'a été observée : le drainage des profils a toujours été excellent, ce qui exclut la présence à un moment quelconque d'un pergélisol. Dans quelques-uns des profils, l'horizon B_v montre un enrichissement en sesquioxides qui lui donne une teinte "rubéfiée". Cette unité particulière est toujours tronquée à son sommet par une limite d'érosion au-dessus de laquelle se positionnent des pédosédiments. Nous pensons que le facteur principalement responsable de sa formation est le temps : ces B_v "rubéfiés" résultent d'un stade avancé dans le processus pédogénétiques des sols bruns, qui a nécessité une phase d'altération prolongée.

Nous abordons ainsi l'aspect chronologique. Remarquons tout d'abord que les horizons "rubéfiés" occupent dans toutes les stratigraphies examinées une position basse, au-dessus de laquelle les apports de pente et les sédiments anthropogéniques prennent de l'importance. Ils ne sont conservés que localement, à la faveur d'une dépression du substrat ou d'un épais recouvrement de colluvions. Il s'agit donc de sols relativement anciens par rapport à l'occupation humaine du site et conservés seulement dans des conditions de gisement exceptionnelles. Ceci confirme notre idée : les B_v "rubéfiés" témoignent de longues périodes de stabilité des versants qui n'ont plus eu lieu dès l'époque protohistorique en tous cas. Bien entendu cette pédogénèse ne date pas les sédiments : il serait illusoire de corréliser tous les horizons rubéfiés à travers le site entier, d'est en ouest! Cependant, ceux-ci nous donnent une indication relative, en ce sens qu'ils représentent une lacune importante dans les séquences sédimentaires. Vu leur durée, ces arrêts de sédimentation ne peuvent apparaître qu'un nombre limité de fois dans le Postglaciaire : nous l'avons vu dans la zone centrale, profil R47, où deux sols bruns sont présents (chap. 2.4.3.) : d'après les datations C14 à disposition (rapport BW90 : annexe 4), ces deux pédogénèses se sont effectuées dans un laps de temps d'environ 4000 ans, et le stade "rubéfié" n'a été atteint par aucune des deux! Nous estimons ainsi la durée de l'évolution sur place qui conduit à l'apparition du B_v "rubéfié" entre 2 et 3000 ans, chiffres que l'on retrouve dans la littérature (Duchaufour 1977).

2.5. CONCLUSION. DISCUSSION

Les séquences pédosédimentaires de Brig-Glis/Waldmatte et Brig-Glis/Bildacker se caractérisent par l'apparition de sols brunifiés fossiles qui ont atteint un stade d'évolution avancé. Ces sols enfouis se sont développés sur des sédiments colluviaux compris entre les dépôts glaciolacustres tardiglaciaires et les couches archéologiques de période protohistorique. Seuls les horizons B. d'altération sont conservés, les horizons supérieurs ayant été érodés. Au sommet des séquences, les sols actuels possèdent des traits pédologiques nettement moins prononcés, il s'agit de sols jeunes formés sur des pédosédiments ou des dépôts de bisse.

Parfois "rubéfiés", les sols fossiles mis en évidence par notre étude résultent d'une évolution prolongée du substrat minéral à l'air libre, ce qui implique une stabilité des versants. Ils signalent donc une importante lacune de sédimentation dans les séquences, les phénomènes torrentiels et colluviaux majeurs se situant postérieurement à leur genèse (chap. Sédimentologie). Leur mise au jour est un fait exceptionnel : jamais à notre connaissance de tels sols n'ont été observés dans le Haut Valais.

Les traces d'occupation humaine sont pour ainsi dire absentes des profils analysés. Seuls les sédiments du sondage 14/Bildacker révèlent la présence d'une activité anthropique toute proche. En outre, la plupart des colluvions examinées en lames minces, y compris celles sur

lesquelles se sont développés les sols fossiles, contiennent un peu de charbons de bois. Dans la tranchée T2 de la zone centrale, on a également un liseré d'oxydation dû au passage du feu. On ne peut prouver un défrichement avec de tels indices, mais il ne faut pas rejeter d'emblée cette hypothèse.

La problématique du déboisement doit du reste être reprise d'une part par le croisement de nos données avec celles provenant des autres disciplines (palynologie, macrorestes, ...) et d'autre part par l'étude de profils supplémentaires pour lesquelles un bon calage chronologique est possible. Nous pensons en particulier à la zone centrale, où se trouvent deux sols enfouis dans une séquence suffisamment riche en charbons pour permettre de nouvelles datations au radiocarbone. Ceci autoriserait du même coup une bonne évaluation du temps nécessaire pour la formation d'un des sols bruns "rubéfiés", et par là une estimation des lacunes chronologiques présentes dans les autres profils.

Cette dernière approche réalisée, nous pourrions ainsi compléter l'étude paléopédologique des séquences sédimentaires et, après quelques recherches bibliographiques, en assurer la conclusion. Nous nous lancerons dès lors dans la problématique archéologique (structures d'habitat, foyers, terrasses, etc.) qui s'annonce déjà riche en révélations.

M. GUÉLAT ET PH. RENTZEL

2.6. BIBLIOGRAPHIE

- Arbeitsgruppe Bodenkunde 1982. Arbeitsgruppe Bodenkunde. Bodenkundliche Kartieranleitung. 3. Aufl., Hannover, 1982, 331 p.
- BW90. CURDY (P.), MOTTET (M.) et NICLOUD (C.) *et al.*. Brig-Glis/Waldmatte; Chantier protohistorique; Rapport d'activité 1989. Rapport, 1991.
- BW92/1. BAUDAIS (D.). - Rapport de prospection archéologique; Brig-Glis, Waldmatte-est & Bildacker. Rapport, 1993.
- Bullock 1985. Bullock (P.) *et al.* *Handbook for Soil Thin Section Description*. Wolverhampton :Wayne Research Publishers, 1985, 152 p.
- Duchaufour 1977. Duchaufour (Ph.). *Pédologie : 1. Pédogenèse et classification*. Paris : Masson, 1977, 477 p.

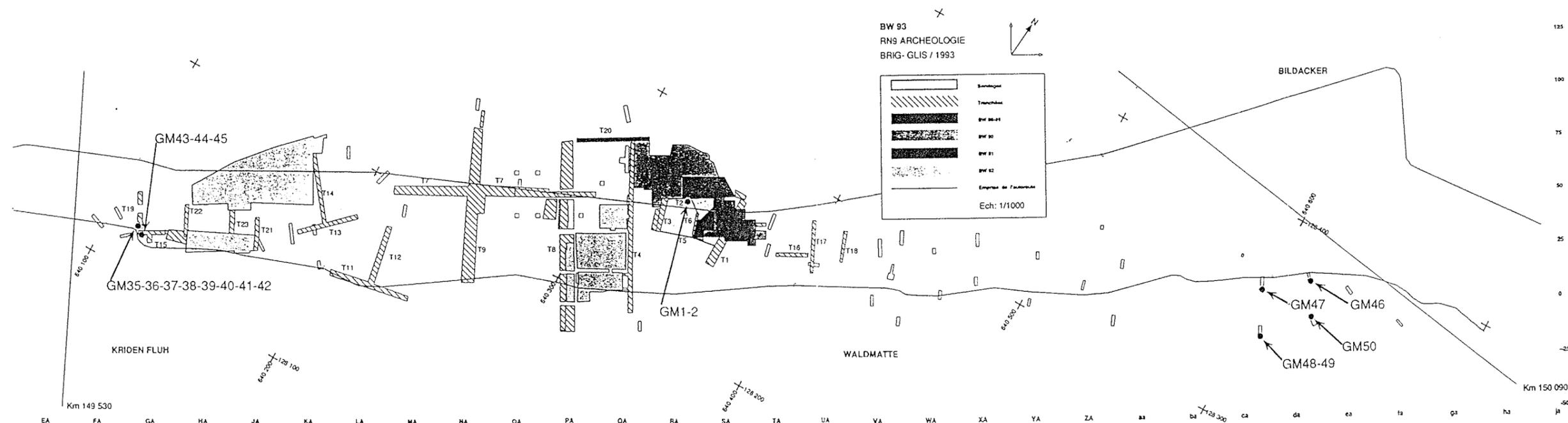


Fig. 2.1 : Plan de situation schématique des zones distinguées sur le site et position des profils analysés.

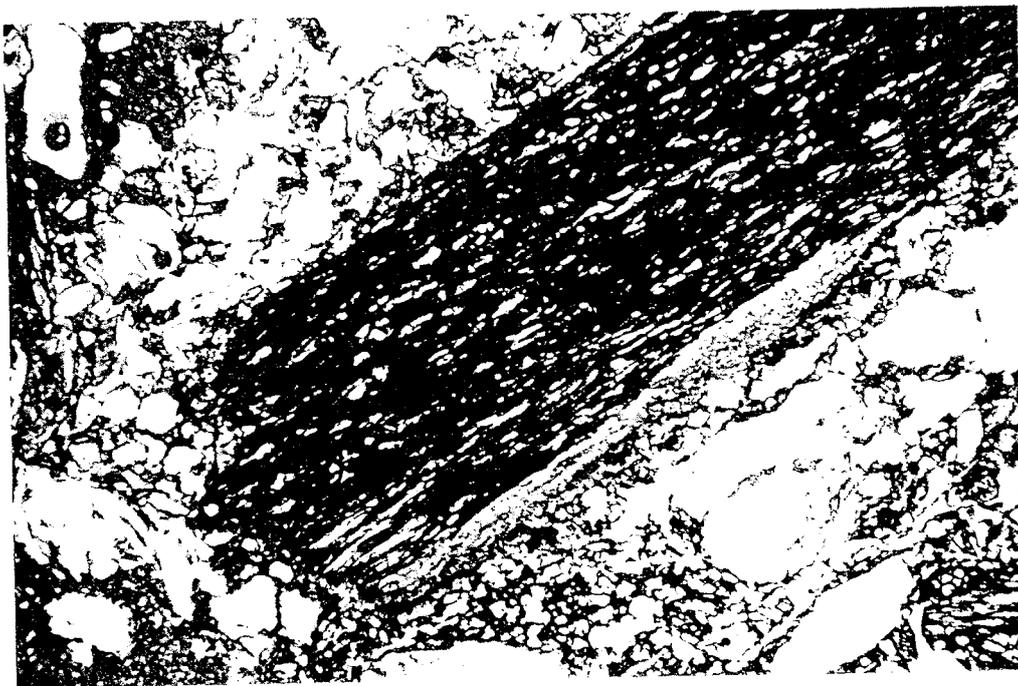


Fig. 2.2 : Vue microscopique d'un horizon d'altération de type B_v . En haut, à droite, un calcschiste altéré ("fantôme"); en bas, à gauche, un micaschiste imprégné par les oxydes de fer. Lame GM36.1, couche 2A, profil ouest, tranchée 19. Lumière naturelle, hauteur de la photo = 4 mm.

Fig. 2.3 : Revêtement de carbonates sur la face inférieure d'un micaschiste (pendeloque), dans un horizon C_{Ca} . Lame GM45.2, couche 4A, profil BWX, tranchée 15. Lumière naturelle, largeur de la photo = 4 mm.

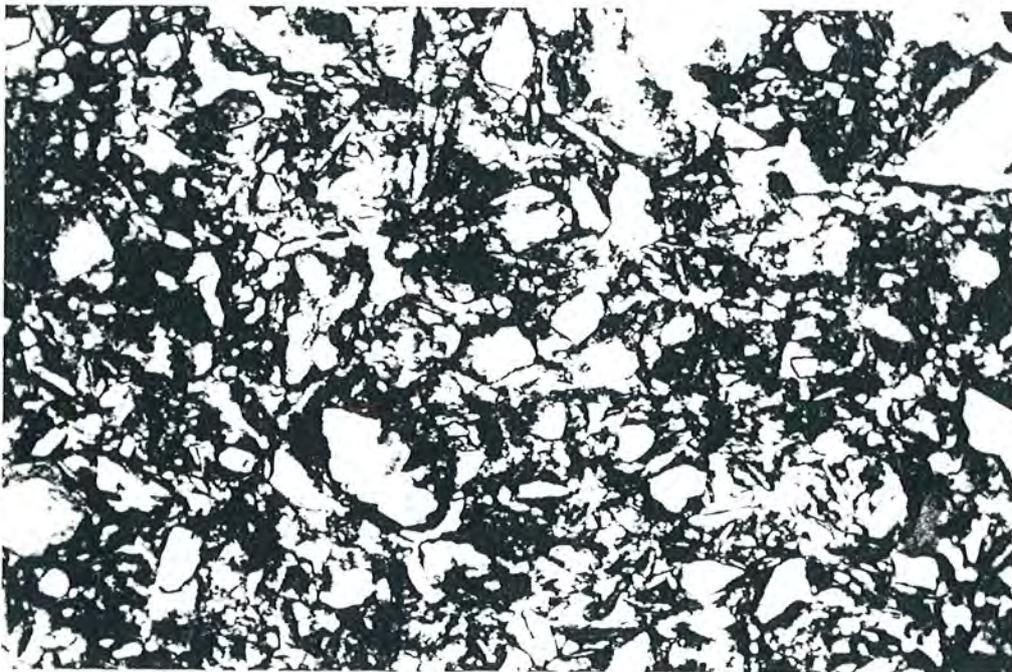
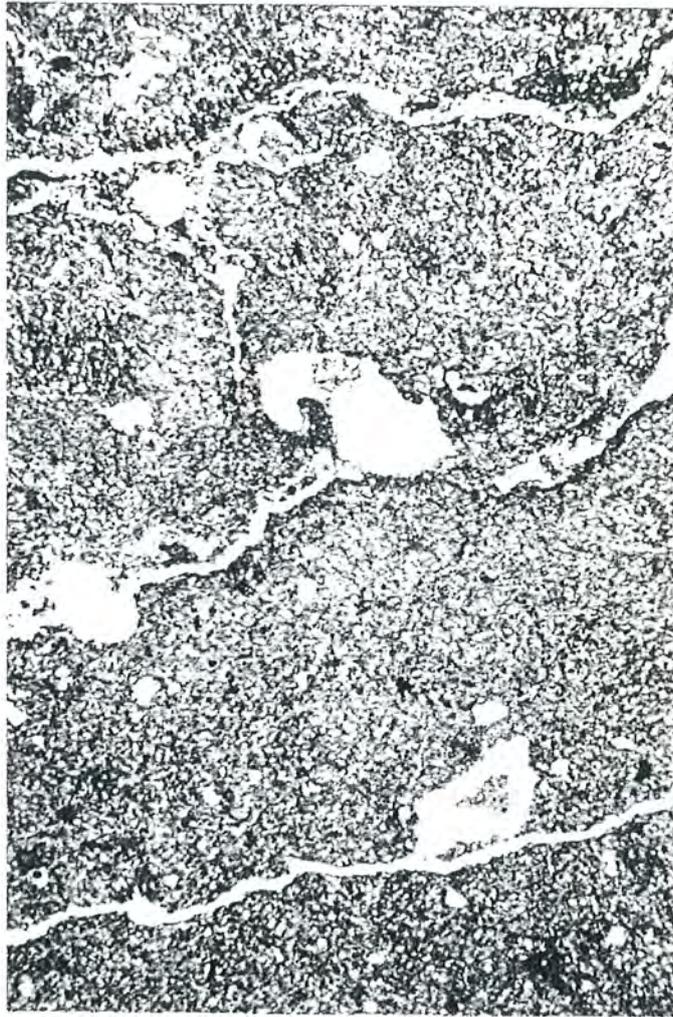


Fig. 2.4 : Fissures subparallèles dans les limons limniques de la base du profil BWX, tranchée 15, qui sont interprétées comme traces de gel. Ces fentes sont revêtues par des carbonates illuviaux (horizon C_{Ca}). Lamme GM45.1, lumière naturelle, hauteur de la photo = 4 mm.

Fig. 2.5 : Vue microscopique d'un horizon d'altération de type B_v "rubéfié", fortement enrichi en oxydes de fer : imprégnation de la masse, enrobement autour des grains minéraux. Lamme GM37.2, couche 2B, profil ouest, tranchée 19. Lumière naturelle, hauteur de la photo = 1,8 mm.

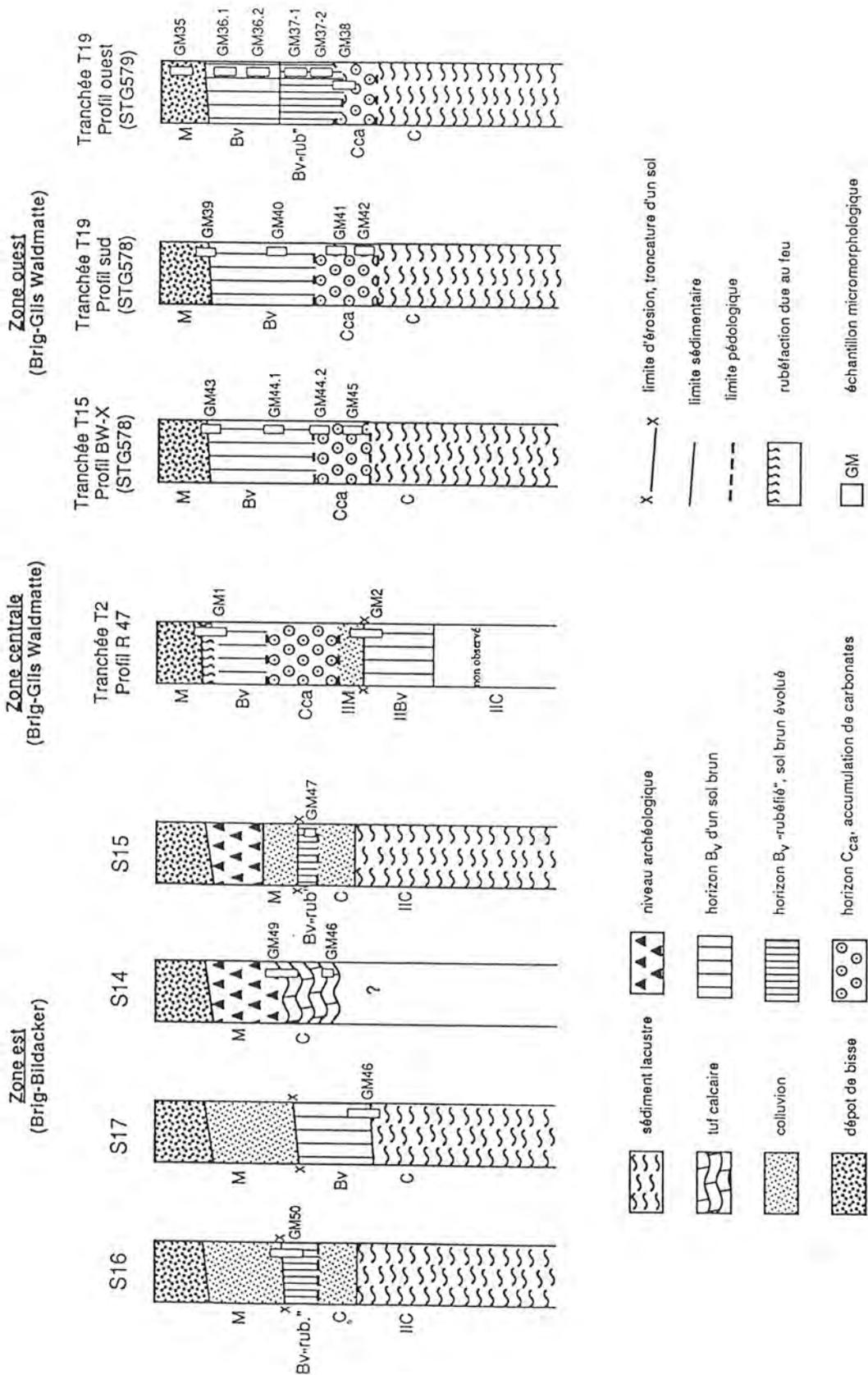


Fig. 2.6 : Schéma synthétique de tous les profils étudiés, disposés en accord avec leur position sur le terrain. Sont représentés pour chaque profil : les horizons pédologiques ainsi que les prélèvements analysés.