

### La feuille Aiguille de Chambeyron (n° 872 de la carte géologique à 1/50 000) :\* Note de présentation

*The Aiguille de Chambeyron sheet  
(n° 872 of the 1:50,000-scale Geological Map of France)  
Introductory Note*

Maurice GIDON <sup>(1)</sup>, Claude KERCKHOVE <sup>(1)</sup>, André MICHARD <sup>(2)</sup>, Pierre TRICART <sup>(1)</sup>

Géologie de la France, n° 1, 1996, pp. 57-62, 2 fig.

Mots-clés : Anticlinal, Faille, Nappe, Orogénie alpine, Métamorphisme, Hautes Alpes, Alpes de Haute-Provence.

Key words: Anticlines, Faults, Nappes, Alpine Orogeny, Metamorphism, Hautes-Alpes, Alpes de Haute-Provence.

#### Résumé

*La feuille Aiguille de Chambeyron couvre une bonne portion du secteur des Alpes frontalières entre France et Italie et y englobe les domaines paléogéographiques dits Dauphinois, Briançonnais et Piémontais. Elle montre avant tout un exemple remarquable de nappes empilées puis redéformées, principalement par enroulement autour d'un faisceau de trois anticlinaux post-nappes orientés parallèlement à l'axe de la chaîne. On y suit la progression, du sud-ouest vers le nord-est, de la déformation intime des roches et du métamorphisme. D'importantes différences de style structural y sont bien mises en évidence, d'une zone à l'autre, en liaison avec les variations de la constitution de la pile lithologique et avec celles de l'ambiance ainsi que de la chronologie des déformations.*

#### English abridged version

*The Aiguille de Chambeyron map area covers a large segment of the frontier between France and Italy in the western Alps, and includes the so-called Dauphinois, Briançonnais and Piémontais paleogeographic zones. The area*

*contains a remarkable example of a nappe pile that was later folded around a set of three post-nappe anticlines lying parallel to the axis of the Alpine belt. Deformation and metamorphism are seen to increase in intensity from southwest to northeast. Significant differences in structural pattern are noted from one palaeogeographic zone to another, reflecting variations in the lithostratigraphic pile as well as in the deformational environment and chronology.*

Cette carte concerne une région déjà méridionale des Alpes franco-italiennes (hautes vallées de l'Ubaye, de l'Ubayet, de la Maira et de la Stura : massifs de la Font Sancte, de Chambeyron, du Rubren et du Pelvo d'Elva). Elle comble particulièrement un des derniers hiatus de représentation de ce secteur frontalier, entre la feuille Guillestre et la feuille Larche. La région qu'elle intéresse appartient en totalité aux zones internes alpines : c'est dire qu'elle est structuralement complexe et que les problèmes tectoniques constituent donc le thème central des recherches dont elle fait le point.

Cette feuille bénéficie d'un découpage spécial, qui réduit la partie italienne de son territoire (qui en occupe encore près de la moitié) au profit d'une extension vers l'ouest, englobant le quart oriental de la feuille Embrun (dont les levés ont été révisés à cette occasion). Ceci a pour double avantage de couvrir en une seule coupure les deux rives de la très touristique vallée supérieure de l'Ubaye et de représenter sa rive droite sur des fonds topographiques récents, notamment améliorés par rapport à ceux — très inexact — qui avaient dû être utilisés pour la publication antérieure de la feuille Embrun. Une autre particularité est l'adjonction, en surcharge sur les secteurs italiens les plus orientaux, de cartons agrandis (l'un à 1/20 000<sup>e</sup> et les deux autres au 1/10 000<sup>e</sup>) représentant de façon détaillée les principaux massifs ophiolitiques inclus dans le territoire de la feuille (dont certains, comme celui de Chabrières, sont très classiques).

Les levés utilisés ont été effectués à des dates qui s'échelonnent depuis 1954, donc dans des contextes scientifiques un peu disparates, mais les plus anciens ont fait l'objet de révisions récentes. Le secteur italien représenté y est traité unique-

\* Manuscrit communiqué par le Comité de la Carte géologique de France le 22 avril 1992.

(1) Institut Dolomieu, 38031 Grenoble Cedex.

(2) Ecole normale supérieure de Paris, 75231 Paris Cedex 05.

ment à partir de travaux originaux d'auteurs français. La coordination des levés a été assurée par Maurice Gidon et la rédaction de la notice par Maurice Gidon, avec la collaboration de Claude Kerckhove, André Michard, Pierre Tricart et Bruno Goffé. La carte a été présentée au Comité de la Carte Géologique de la France à la séance du 12.06.90, acceptée pour publication le 28.11.91 et éditée début novembre 1995.

### Aperçu structural

La coupure est partagée en diagonale par trois des grandes zones internes alpines, qui sont, du sud-ouest au nord-ouest : la zone des nappes de l'Embrunais-Ubaye (domaine des Flyschs à Helminthoïdes), la zone briançonnaise (caractérisée par son soubassement de matériel détritique siliceux et sa couverture calcaréo-dolomitique), la zone piémontaise (domaine des Schistes lustrés et des anciens fonds océaniques alpins).

Au sein de ces trois grandes zones, l'analyse stratigraphique et géométrique a conduit à distinguer de nombreux sous-ensembles logiquement corrélés entre eux (fig. 1 et fig. 2). Leurs interrelations sont fondamentalement gouvernées par le jeu de charriages et de plissements, les uns "proverses", vers le SSW (prédominants dans la moitié sud-ouest de la feuille), les autres "rétraverses", vers le NNE (prédominants dans la moitié nord-est de la feuille). En outre des déformations tardives cassantes y jouent, surtout dans la zone briançonnaise, un rôle important, qui contribue à un certain morcellement des entités structurales.

Sans rentrer dans le détail, les principaux caractères des grands domaines représentés sur la feuille (du plus externe aux plus internes) peuvent être résumés comme suit :

### La zone briançonnaise

C'est dans cette région que l'on perçoit le plus clairement la superposition des structures dues aux étapes de déformation successives. L'influence des plus tardives y est prépondérante pour y déterminer ceux de ses traits structuraux qui sont le plus perceptibles au premier abord :

### Les structures tardives

L'organisation cartographique de la zone briançonnaise est dominée par un découpage longitudinal en grandes lanières allongées WNW-ESE. Ceci résulte de l'existence de deux sortes de structures majeures apparues tardivement par rapport aux charriages.

Les plus évidentes sont de **vastes voûtes antiformes**, d'axe WNW-ESE. On en compte trois, qui sont, du sud-ouest vers le nord-est : l'anticlinal du Rouchouze, l'anticlinal de Marinet et l'anticlinal d'Acceglie (séparé du précédent, au nord d'Acceglie, par le synclinal du Val Mollasco). Ces grands anticlinaux "de nappes" affectent essentiellement les parties profondes de l'empilement des nappes et sont rompus par de grandes cassures du côté ouest. Ils sont plutôt déjetés vers l'est, et ce d'une façon d'autant plus accusée qu'ils sont eux-mêmes plus orientaux. Les deux premiers s'allongent à peu près parallèlement l'un à l'autre ; au contraire les deux derniers convergent vers le sud, selon un angle d'une trentaine de degrés, et sont tronqués en biseau par la faille de Ceillac (voir ci-après).

A ceci s'ajoutent des **grandes failles**, d'orientation longitudinale par rapport à ces plis, dont la reconnaissance est moins immédiate car on peut les confondre avec des surfaces de chevauchement de nappes. Elles sont au nombre de trois :

– La faille du Ruburent, qui représente pratiquement le prolongement méridional de la faille de la Durance (feuille Guillestre). Elle manifeste encore de nos jours une activité sismique (séisme du 5.4.59). Cette faille, subverticale et dotée d'un rejet à la fois normal et coulissant dextre, sectionne longitudinalement, à la marge ouest de la Zone briançonnaise, l'anticlinal du Rouchouze. Elle est relayée du côté sud-ouest par la faille de Bersezio qui pénètre jusque dans le massif cristallin de l'Argentera (feuille Larche).

– La faille de Ceillac. Ce terme local désigne en fait l'extrême méridionale d'un grand linéament qui parcourt longitudinalement, sur toute sa longueur, la marge orientale de la zone briançonnaise, depuis Pralognan en passant par la vallée de la Clarée et le col Izoard. Il a

eu un jeu relativement tardif car il recoupe des unités déjà reployées avec rétrodéversement (toutefois il n'est pas exclu qu'il ait encore rejoué dans les étapes de rétrocarrage les plus tardives). Il se prolonge encore au sud des limites de la feuille, par la "cicatrice de Preit", qui sectionne les anticlinaux de Marinet et d'Acceglie et juxtapose leurs nappes, préalablement empilées et renversées, en les biseautant latéralement.

– La faille des Houerts est un accident intermédiaire qui semble plus mineur et paraît s'atténuer vers le nord, peu au delà de la limite nord de la feuille (vallon d'Escreins). Elle suit cependant vers le sud la rive droite de la haute vallée de la Maira au moins jusqu'à la latitude d'Acceglie. Ce n'est que récemment qu'il a été reconnu qu'elle tranche tout l'empilement des nappes, avec une nette composante de chevauchement vers le nord-est (attestée par des crochons hectométriques).

### La structuration fondamentale, par charriages :

Comme il a été dit ci-dessus, les voûtes anticlinales et les failles qui sont les éléments tectoniques les plus visibles intéressent en fait un empilement de nappes superposées.

Ces dernières peuvent être réparties, dans la majorité des cas, entre deux catégories, selon qu'elles ont été découpées dans la "semelle siliceuse" de la zone (Carbonifère à Trias inférieur) ou dans sa couverture calcaire (Trias moyen et reste de la série). En effet ces deux ensembles se sont en général désolidarisés par décollement lorsqu'existait entre eux le niveau des gypses et argilites du Werfénien supérieur. Toutefois, essentiellement lors de l'absence stratigraphique des gypses werféniens, la série calcaire a pu rester "adhérente" à sa semelle siliceuse : c'est notamment le cas dans les unités du cœur de l'anticlinal de Marinet et dans les unités les plus élevées des bandes du Roure et d'Acceglie (ces dernières appartiennent au domaine «ultrabriançonnais», qui est plus précisément caractérisé par une lacune de tout le Trias carbonaté).

La plupart de ces nappes s'étaient comportées originellement, lors de leur mise en place, comme des dalles relativement rigides, glissant les unes sur les

autres ; toutefois cela n'excluait pas le développement de plis, de différentes tailles, présents notamment dans les formations les moins compétentes (mais aussi parfois dans les carbonates triasiques), tant à l'occasion de cette mise en place que dans des étapes ultérieures de déformation.

Sur le schéma structural (fig. 1) ainsi que sur les coupes (fig. 2), les unités tectoniques ont été individualisées (par une teinte ou une notation spéciale) au niveau de la semelle siliceuse et de la couverture carbonatée triasico-jurassique. Par contre les terrains néocrétacés à paléogènes, qui constituent le reste de la couverture, n'ont été représentés que comme un ensemble autonome indifférencié. Cela est justifié par le fait que, dans ces dernières formations, il n'y a pas assez de repères lithostratigraphiques pour pouvoir réellement y suivre le tracé des limites séparant les unités tectoniques. De ce fait, ces terrains semblent (sans doute de façon illusoire) jouer le rôle d'une sorte de tissu conjonctif emballant les diverses unités reconnues dans les formations plus anciennes.

Les principales unités charriées qui peuvent objectivement être distinguées sont également caractérisées par des particularités de détail dans la composition de leur série stratigraphique, la plupart de ces dernières paraissant liées à leur position originelle dans le système des horsts et grabens de l'extension jurassique. Leur analyse révèle une grande fragmentation en multiples éléments indépendants, qui ont été disjoints par la fracturation tardive et par l'érosion.

Les variations stratigraphiques et la géométrie de leur empilement actuel conduisent, bien sûr, à reconstituer l'ordre originel présumé de leur succession paléogéographique, des plus externes aux plus internes. Mais une certaine marge d'incertitude subsiste cependant dans plusieurs cas, en raison surtout de l'importance jouée, au cours de l'édition de l'empilement actuellement observable, par les mouvements de rétrocharriage (susceptibles de ramener une unité externe sur une autre plus interne). Aussi a-t-on préféré, dans la notice et le schéma structural (fig. 1), rester objectif et en faire l'inventaire en répartissant ces unités en quatre groupes

essentiellement définis sur le critère de leurs relations vis-à-vis des anticlinaux tardifs qui les affectent. Ce sont, d'ouest en est :

*A) Les Nappes externes.* Elles sont constituées par les unités les plus basses de l'empilement général et «enroulées» par les deux anticlinaux de nappe les plus occidentaux. Elles montrent des séries relativement réduites caractérisant un domaine de hauts fonds jurassiques (particulièrement dans l'unité de Marinet qui est la nappe inférieure de tout l'édifice, caractérisée par son matériel essentiellement siliceux et sa couverture adhérente).

*B) Les Nappes médianes.* Cet ensemble regroupe des unités déjà plus élevées dans l'édifice, qui ne sont plus aussi étroitement enroulées autour des anticlinaux de nappes du Rouchouze et de Marinet, grâce à une disharmonie de plissement introduite par l'important coussinet calcschisteux qui les sépare du cœur de ces derniers. Elles ont une série triasico-jurassique particulièrement «complète» (Anisien, Ladinien, Carnien, Dogger et Malm supérieur), ce qui caractérise un domaine de sillon : la plus externe de ce groupe, la nappe de Peyre Haute, se singularise même par l'âge norien de ses carbonates triasiques. La bande de Ceillac-Chiappa, qui se développe sur le flanc est de l'anticlinal de Marinet se signale par la place importante qu'y occupe, à l'affleurement, la formation des Marbres en plaquettes.

*C) Les Nappes internes* sont constituées par le groupe des unités qui sont situées actuellement le plus au nord-est, aux confins du pays des schistes lustrés. Elles sont séparées des précédentes, du côté opposé (sud-ouest), par la «faille de Ceillac». La plupart sont caractérisées par l'importance particulière qu'y prennent les terrains de la semelle siliceuse par rapport à ceux de la couverture calcaire (séries «adhérentes»). Elles affleurent selon deux bandes distinctes qui convergent et se réunissent vers le sud : la Bande du Roure, presqu'entièrement renversée vers l'est, et la Bande d'Acceglio - col du Longet, cette dernière ployée par l'anticlinal tardif d'Acceglio. Dans l'une comme dans l'autre, on trouve un empilement d'unités qui présentent un caractère «ultrabriançonnais» de plus en plus accusé, des unités plus

externes aux plus internes (c'est-à-dire que les érosions anté-Malm y atteignent des niveaux de plus en plus profonds de la série, en y mettant à nu le Trias inférieur ou même le Permien). Elles appartenaient donc originellement au haut-fond le plus interne et le plus accusé du domaine briançonnais.

*D) Les éléments attribuables aux «écailles intermédiaires».* Il s'agit d'unités qui jalonnent les confins des unités briançonnaises internes et des unités piémontaises. Leur absence de continuité longitudinale et les caractéristiques particulières de leurs successions stratigraphiques sont des arguments qui ont conduit classiquement à les rapporter à un coussinet d'«écailles» provenant d'un domaine intercalaire entre le Briançonnais franc et le Piémontais.

Dans le cadre de la feuille les affleurements que l'on peut envisager d'attribuer à de telles unités se répartissent entre les deux types suivants de séries (qui sont aussi ceux reconnus ailleurs) :

– des séries typiquement ultrabriançonnaises : un seul témoin est connu ici, entre la Crête du Rissace et le col Albert. Il semble bien qu'il représente en fait l'extrémité nord, effilée par biseautage tectonique, de la bande du Roure ;

– des séries à brèches, souvent grossières et chaotiques (olistostromes), essentiellement alimentées aux dépens du domaine Briançonnais (et spécialement de sa semelle siliceuse, parfois «reconstituée» en pseudo-quartzites et pseudo-micaschistes). On doit sans doute ranger dans ce deuxième groupe l'Unité de la Cula de la région du col du Longet (qui est toutefois intercalée dans les unités typiquement piémontaises).

On avait également considéré la Série de L'Alpet, qui affleure en marge est de la bande du Roure (surtout au sud de la vallée de l'Ubaye), comme une «écaille» de ce dernier groupe. En fait il n'est nullement certain que les terrains qui la constituent soient allochtones par rapport à leur soubassement ; ils semblent plutôt représenter les termes stratigraphiques sommitaux de la plus interne des unités ultrabriançonnaises (l'«Unité de Combe Brémont») : ils n'en ont donc pas été séparés dans les schémas structuraux. On peut se demander si la situation n'est pas la même pour les séries du revers est de l'anticlinal d'Acceglio-

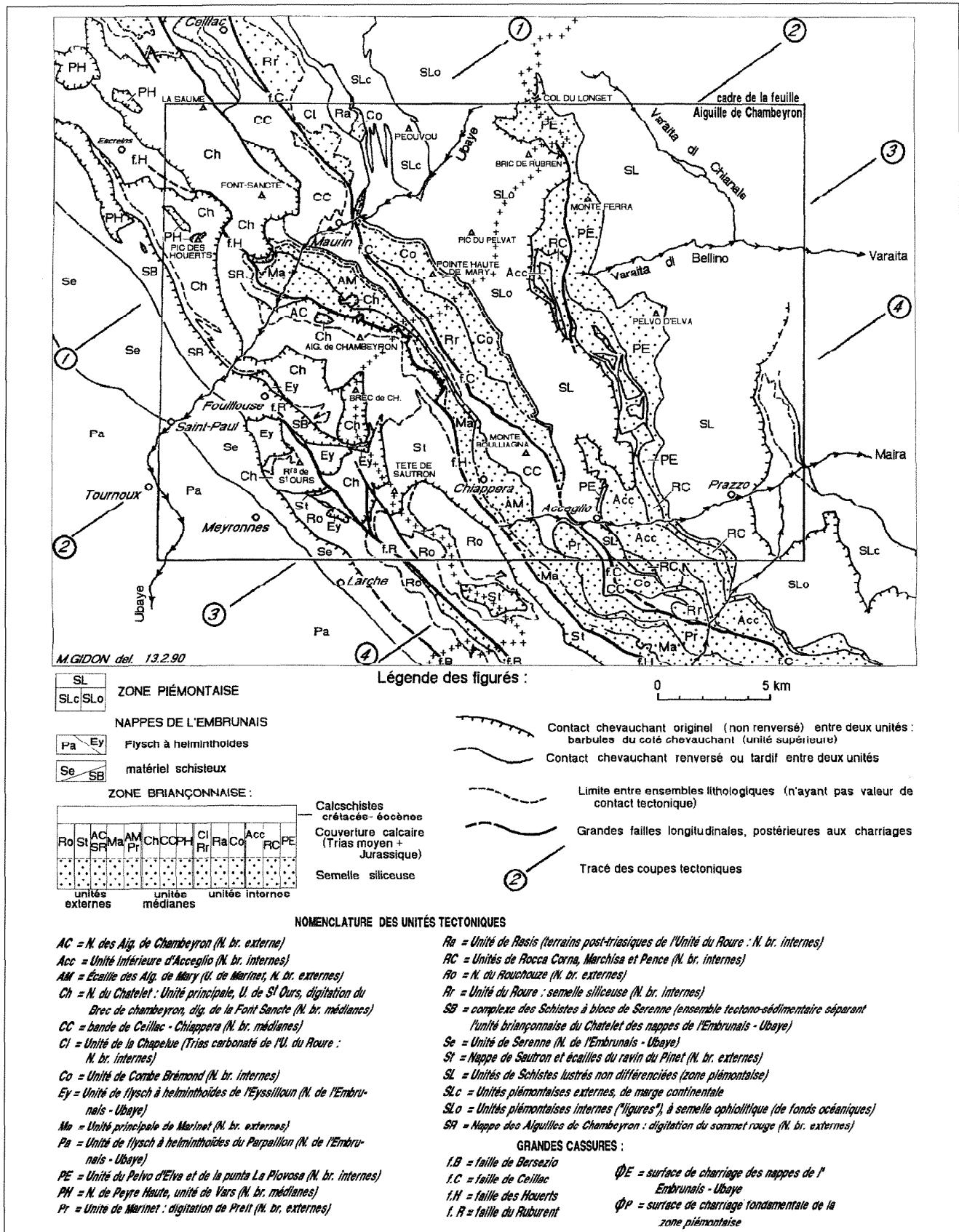


Fig. 1. – Schéma structural de la feuille Aiguille de Chambeyron.

Fig. 1. – Structural sketch map of the Aiguille de Chambeyron sheet.

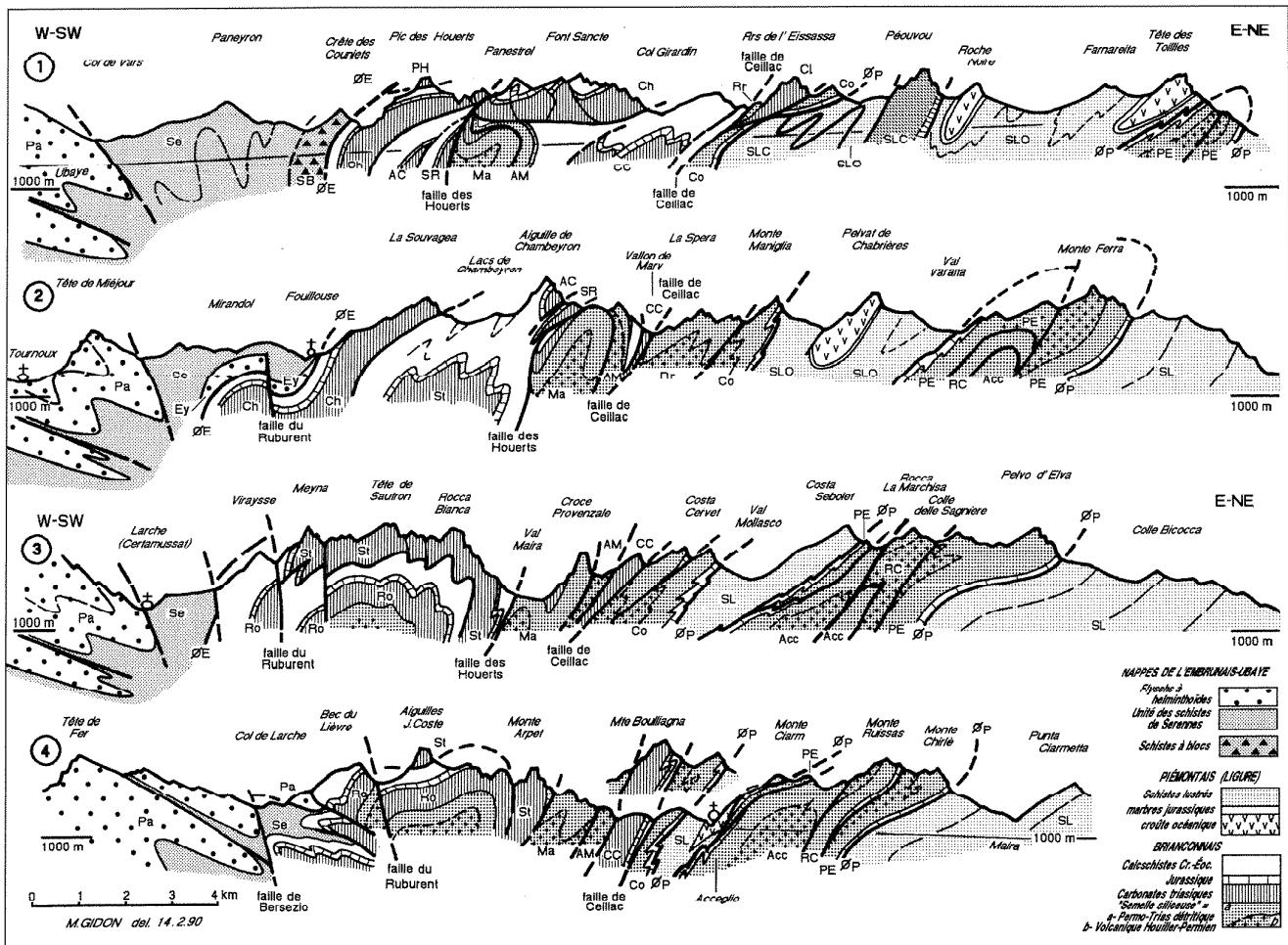


Fig. 2. – Quatre coupes structurales au travers du territoire de la carte (voir la légende du schéma structural).

Fig. 2. – Four structural sections through the map area (see Fig. 1 for legend).

Longet, qui affleurent au toit (renversé) de l'unité, également ultrabrianonnaise, du Pelvo d'Elva (elles ont été rattachées à cette dernière sur le schéma).

#### La fracturation précoce, synsédimentaire :

Des fractures extensives, qui ont fonctionné durant le dépôt des couches du Jurassique et du Crétacé, ont été signalées en différents points de la carte. Les exemples les plus spectaculaires s'observent dans le massif de la Font-Sancte (chaînon de la crête de Vallon Laugier - Pic des Houerts) : ces failles y dessinent un réseau résultant de l'entre-croisements entre deux familles respectivement NNE-SSW et E-W. L'une et l'autre ont été cachetées au Malm puis au Crétacé supérieur avant de rejouer postérieurement au charriage des nappes.

D'autre part le repos transgressif discordant du Néocrétacé sur la tranche de bancs anisiens a également été noté dans ce massif, aux abords du col des Houerts et en rive gauche du vallon de la Sellette. Ceci semble résulter du jeu synsédimentaire de failles NW-SE (comportant un abaissement important de leur compartiment nord-oriental). Toutefois ce système de fractures est mal conservé car il est maintenant sectionné par une surface de rétrocharriage.

#### La zone piémontaise

Dans cette zone, l'imbrication originelle des unités tectoniques est actuellement fort peu apparente car elle est masquée par des replois superposés, ainsi que par le renversement tardif des unités vers le nord-est, qui est presque général (sauf sur le flanc ouest de la bande Acceglie - Col du Longet).

En outre ces unités semblent avoir été morcelées par une sorte de houdinage à l'échelle plurikilométrique dont on attribue l'origine à la reprise caricaturale, par la tectonique tangentielle, d'un découpage originel des fonds marins, intervenu lors de l'expansion téthysienne. En définitive les phases successives de structuration y sont les suivantes, dans l'ordre chronologique :

1. *Disjonction originelle*, par des phénomènes d'extension liés à l'ouverture océanique téthysienne, dès le Jurassique.

2. "Métaboudinage" accompagnant la superposition des unités majeures, à l'occasion d'une déformation peut-être plicative mais qui a surtout créé une schistosité (S1) peu oblique sur la stratification originelle (So).

3. Formation de *grands plis*, plurikilométriques, à vergence originellement nord, dont les flancs correspondent à peu près aux unités majeures actuelles. Elle

s'accompagne d'une schistosité (S2) originellement horizontale ou à faible pendage sud.

4. Formation de *plis hectométriques* et kilométriques à vergence originellement sud, s'accompagnant de celle d'une schistosité (S3), de crénulation, à pendage originel vers le nord.

5. *Renversement général*, vers l'ENE, s'accompagnant de failles inverses et de chevauchements mineurs.

L'analyse et la comparaison de la constitution des séries lithostratigraphiques reconnaissables ont conduit à y individualiser les deux groupes d'unités suivants (de bas en haut, suivant l'ordre d'imbrication avant renversement) :

A) *Unités externes*, piémontaises au sens restreint, caractérisées par des successions de type "Gondran - Roche des Clots", à semelle de carbonates du Trias supérieur et à série riche en calcschistes allant du Lias-Dogger jusqu'au Crétacé probable. Elles sont seulement représentées, dans la partie N de la carte, par l'Unité du Péouvou

B) *Unités internes*, "ligures", qui se distinguent par la présence d'une "semelle ophiolitique" : on y a distingué plusieurs unités caractérisées par la nature de leur soubassement océanique actuellement observable et/ou par des particularités de leur série stratigraphique. Elles correspondent chacune à l'un des plis majeurs à déversement nord créés lors de la troisième phase de déformation (voir ci-dessus) et sont disposées en bandes parallèles, allongées NW-SE.

### La zone des nappes de l'Embrunais-Ubaye

Les levers récents ont renouvelé leur connaissance en montrant que l'on doit y distinguer quatre unités tectoniques lithologiquement bien différenciées :

La Nappe du Parpaillon, qui représente l'unité supérieure, est formée de flysch à Helminthoïdes essentiellement calcaire. Les nombreux plis secondaires, métriques à décamétriques, qui s'y rencontrent sont dotés de directions axiales très dispersées et de très forts plongements, tout en conservant la même schistosité N130-N140, plus ou moins pentée vers le NE, selon le degré de réfraction induit par les contrastes litho-

logiques grès-calcaire. La constance à toute échelle de l'attitude des plans axiaux que cela implique montre que, dans cette partie de la nappe du Parpaillon, tous les plis sont de la même phase de déformation. Ils sont probablement contemporains en outre de la mise en place de la nappe, dans son déplacement vers le sud-ouest.

L'Unité de Serenne est formée de flyschs argileux. Elle héberge en outre des lambeaux dispersés de brèches polygéniques contenant notamment du matériel ophiolitique. Cette unité, d'abord considérée comme la semelle de la Nappe du Parpaillon en est séparée, en réalité, par un contact tectonique. L'analyse des rapports entre les deux formations qui la composent conduit à y voir globalement une série renversée, reployée en antiformes isoclinales synschisteuses d'axe N100 à N 120, à fort plongement axial vers le nord-ouest.

Le complexe des schistes à blocs de Serenne serait plutôt à rattacher à l'Unité de Serenne par la nature de ses constituants prédominants. La délimitation sur le terrain de ce complexe, certainement d'origine largement tectono-sédimentaire, vis à vis de l'un et l'autre des ensembles qui l'encadrent, reste assez peu objective : certaines alternances (à toutes échelles) avec les formations de l'unité de Serenne peuvent être interprétées, selon le cas comme des lentilles sédimentaires dans le flysch noir de la couverture de la nappe du Chatelet ou comme des duplications tectoniques à la base des nappes de l'Embrunais-Ubaye.

L'Unité de l'Eyssilloun, qui constitue l'unité basale, est formée de flysch à Helminthoïdes à faciès gréseux. Les grès de cette unité reposent directement sur le Briançonnais. Ils sont à leur tour recouverts tectoniquement par les formations schisteuses de l'unité de Serenne, de sorte qu'ils ne peuvent représenter des klippes de la nappe du Parpaillon (comme admis jusqu'à maintenant) mais sont des témoins d'une unité structurale indépendante, inférieure.

### Aperçu sur le métamorphisme

La vallée de la Haute Ubaye peut être considérée comme un secteur privilégié pour repérer le front limitant

l'extension du métamorphisme alpin vers le sud-ouest. Ce dernier traverse la feuille à peu près selon une diagonale NW-SE et le degré de métamorphisme varie par sauts selon des zones orientées de la même façon (une "carte schématique du métamorphisme et de la micro-structuration" est fournie).

A l'ouest, dans les nappes de l'Embrunais-Ubaye et les nappes briançonnaises les plus occidentales, le métamorphisme est quasi nul et la part de déformation ductile très modérée (la stratification et les fossiles sont conservés).

A l'est d'un axe briançonnais constitué par l'anticlinal de Marinet, donc dans la partie nord-orientale de cette zone et dans la zone piémontaise, le métamorphisme, d'âge éocène (environ 40 Ma), prend une importance croissante. La déformation s'intensifie en même temps que la recristallisation, la stratification tend à s'effacer au profit d'une foliation métamorphique (souvent associée à des plis serrés de toutes tailles) et les fossiles ne sont préservés que dans certains types de roches (dolomies, croutes et nodules phospatés).

Ce métamorphisme est de type haute-pression basse-température, de degré faible à intermédiaire. En remontant l'Ubaye on entre à Maurin dans le faciès schiste bleu à Fe-Mg carpholite, lawsonite, glaucophane, pyroxène jadéitique. Dans la bande d'Acceglio-col du Longet on atteint un plus haut degré, à jadéite-quartz et glaucophane-grenat-lawsonite.

En définitive cette feuille montre avant tout un exemple remarquable de nappes empilées puis redéformées, essentiellement par enroulement autour d'un faisceau d'anticlinaux de nappes orientées parallèlement à l'axe de la chaîne (fig. 2). On y suit la progression, du sud-ouest vers le nord-est, de la déformation intime des roches et du métamorphisme. D'importantes différences de style structural y sont bien mises en évidence, d'une zone à l'autre, en liaison avec les variations de la constitution de la pile lithologique et avec celles de l'ambiance ainsi que de la chronologie des déformations.

# COLLOQUE FORMATIONS SUPERFICIELLES ET GÉOMORPHOLOGIE

ROUEN, 19-20 MARS 1996

Document du BRGM n° 248

Organisé par la Société géologique de France, l'URA "Géomorphologie et transferts de surface", l'Université de Rouen et le BRGM, le colloque sur le thème "formations superficielles et géomorphologie" rassemble des communautés scientifiques qui n'ont pas pour première habitude de travailler en commun : géologues, géographes, et spécialistes des applications et des aménagements.

Les domaines abordés sont multiples :

- Bilan sédimentaire, érosion mécanique, *versus* altération chimique.
- Relations altération-karstification sur substrat carbonaté.
- Géomorphologie, altération, "paléosurface" et tectonique.
- Formations superficielles et applications.
- Evolution continentale du Bassin Anglo-Parisien (Tertiaire-Quaternaire).

Cet ouvrage contient les résumés des communications et le livret guide de l'excursion sur les plateaux de l'Eure (argile à silex en place ou remaniés "biefs") géomorphologie quaternaire en basse vallée de la Seine, aménagement et ressources.

**Prix de vente : 250 F + 50 F de frais de port et d'emballage**

En vente chez votre libraire habituel

ou à défaut aux :

Éditions BRGM - BP 6009 - 45060 Orléans Cedex 2 - France

Tél. : 38 64 30 28

accompagné de votre titre de paiement

## Colloque GéoFrance 3D CONNAISSANCE DES STRUCTURES ET DES PROCESSUS GÉOLOGIQUES DU SOUS-SOL DE LA FRANCE : vers un observatoire 3D, de la croûte continentale Synthèse des groupes thématiques

Document du BRGM n° 247

Les enjeux du programme national GéoFrance 3D (C.J. Allegre)

Gestion et cartographie des données géophysiques (C. Truffert et R. Schlich)

Représentation géométrique 3D et modélisation (A. Guillen et H. Perroud)

Méthodologie d'imagerie et d'inversion 3D (A. Tarantola)

Les provinces métallogéniques 3D (J.P. Milési)

La 3<sup>e</sup> dimension en hydrogéologie : perspectives de recherche (T. Pointet)

La physique des roches (Y. Guégen)

Introduction aux modèles géologiques et géomorphologiques 1/1 000 000 3D (J. Mercier)

Les structures crustales profondes (A. Autran)

Imagerie de basin (F. Guillocheau)

Tectonique active et géomorphologie (O. Bellier *et al.*)

Introduction à la cartographie 3D de cibles régionales (P. Ledru)

Le Massif armoricain (J.P. Brun et P. Guennoc)

Les Alpes (J.M. Lardeaux)

Le Bassin du sud-est (M. Séguet)

Les Pyrénées (M. Daignières)

Le Fossé rhénan (J.C. Maurin)

Méthodologie carte 3D 1/10 000 (B. Bourgine et F. Cornet)

Le Fossé rhénan au 1/10 000 (F. Cornet)

La Marge ardéchoise (D. Bonijoly)

**Prix de vente : 200 F + 50 F de frais de port et d'emballage**

En vente chez votre libraire habituel

ou à défaut aux :

Éditions BRGM - BP 6009 - 45060 Orléans Cedex 2 - France - Tél. : 38 64 30 28

accompagné de votre titre de paiement

## Table des matières 1995

### N° 1 - 1995

Chronologie K-Ar et $^{39}\text{Ar}$ - $^{40}\text{Ar}$ du métamorphisme et du magmatisme des Vosges. Comparaison avec les massifs varisques avoisinants, par <b>R. Bontin, R. Montigny, R. Thunizat</b> .....	3
Les granites de la Margeride, de Chambon-le-Château et de Saint-Christophe-d'Allier (Massif central) : des laccolites synchrones des derniers stades de l'épaississement varisque, par <b>J.L. Feybesse, J.-P. Couturié, P. Ledru, V. Johan</b> .....	27
Biostratigraphie et stratigraphie séquentielle du Bajocien supérieur-Bathonien inférieur dans le Nivernais, par <b>D. Zany, C. Mangold, D. Marchand, M. Trehour</b> .....	47
Coyrou 1-2, une nouvelle faune de mammifères des phosphorites du Quercy, niveau intermédiaire (MP20-21) proche de la "Grande Coupure", par <b>S. Legendre, B. Marandat, J.A. Remy, B. Sigé, J. Sudre, M. Vianey-Liaud, J.Y. Crochet, M. Godinot</b> .....	63
Chronologie mammalienne et grade-datations dans le Miocène inférieur et moyen français : une revue, par <b>J.P. Aguilar, J. Michaux</b> .....	69
<i>Notes brèves :</i>	
• Datations au radiocarbone de niveaux tourbeux holocènes du marais de Rochefort (Charente-Maritime). Variation du niveau marin au cours du 9 <sup>e</sup> millénaire (B.P.), par <b>B. Bourgueil</b> .....	77

### N° 2 - 1995

Structures crustales et subcrustales déduites des tomographies ECORS et Lithoscop, par <b>G. Poupinet, A. Paul</b> .....	3
Faut-il rassembler le Stéphanien supérieur et l'Autunien (Paléozoïque supérieur continental) en une seule entité lithostratigraphique ?, par <b>J.-F. Becq-Giraudon, D. Mercier, H. Jacquemin</b> .....	17
L'Albien-type de l'Aube, France : une révision nécessaire, par <b>F. Amedro, F. Magniez-Jannin, C. Colete, C. Fricot</b> .....	25
La flore de l'Oligocène de Provence méridionale : implications stratigraphiques environnementales et climatiques, par <b>J.-J. Châteauneuf, D. Nury</b> .....	43
Biostratigraphie de l'Oligo-Miocène du bassin d'Aquitaine fondée sur les nannofossiles calcaires. Implications paléogéographiques, par <b>B. Cahuzac, M.-C. Janin, E. Steurbaut</b> .....	57

### N° 2 - 1995 supplément

Inventaire international des thèses et diplômes concernant la Géologie de la France et des régions voisines, par <b>G. Sustrac, C. Cavelier, M. Khuyver</b> .....	3
1 - Massif armoricain (inclus bassins sédimentaires et Récent) .....	4
2 - Massif central (inclus bassins sédimentaires et Récent) .....	5
3 - Massif schisteux rhénan .....	10
4 - Vosges .....	10
5 - Corse - Estérel - Maures .....	11
6 - Alpes et avant-pays (Phanérozoïque) .....	13
7 - Alpes et avant-pays (Récent-Actuel) .....	22
8 - Pyrénées et avant-pays (Phanérozoïque) .....	26
9 - Pyrénées et avant-pays (Récent-Actuel) .....	29
10 - Bassin de Paris - Alsace (Phanérozoïque) .....	30
11 - Bassin de Paris - Alsace (Récent-Actuel) .....	33
12 - Bassin d'Aquitaine (Phanérozoïque) .....	36
13 - Bassin d'Aquitaine (Récent-Actuel) .....	37
14 - Languedoc-Roussillon (Phanérozoïque) .....	38
15 - Languedoc-Roussillon (Récent-Actuel) .....	39
16 - Nouvelle-Calédonie, Polynésie .....	40
17 - Antilles .....	41
18 - Réunion - Terres australes - Antarctique .....	42
19 - Rubrique générale pluridisciplinaire .....	44
Index des organismes (institutions) .....	48

### N° 3 - 1995

The late-Precambrian geodynamic evolution of the Armorican segment of the Cadomian belt (France): Distortion of an active continental margin during south-west directed convergence and subduction of a bathymetric high, par <b>M. Brown</b> .....	3
Le volcanisme cambrien du graben du Maine (est du Massif armoricain) : reconstitution des dynamismes éruptifs, par <b>J. Le Gall</b> .....	23
Evolution de la zone d'Ossa Morena (Espagne) au cours du Protérozoïque supérieur : corrélations avec l'orogène cadomien nord armoricain, par <b>L. Eguiluz, A. Apraiz, B. Abalos, L.M. Martinez-Torres</b> .....	35
Mise en évidence micropaléontologique d'un flysch yprésio-lutétien, ex-crétacé, à matériau triasique résidémenté, dans la coupe de Bidart-Nord (Pyrénées Atlantiques, sud-ouest de la France), par <b>M.J. Fondecave-Wallez, B. Peybernès, P. Eichéne</b> .....	47
<i>Notes brèves :</i>	
• Observations à la note de Y. Dewolf, P. Freytet, A. Plet, A. Couradin et F. Sylvestre : âge anté-quaternaire des grésifications des sables de Fontainebleau (Stampien) au sommet de la Butte de Trin (Seine et Marne, Bassin de Paris), par <b>M. Thiry</b> .....	57
• Réponse aux observations de M. Thiry, par <b>Y. Dewolf, P. Freytet, A. Plet</b> .....	59

### N° 4 - 1995

Dynamique d'un comblement continental néogène et quaternaire : l'exemple du bassin d'Aquitaine, par <b>J. Dubreuilh, J.P. Capdeville, G. Farjanel, G. Karnay, J.P. Platel, R. Simon-Coinçon</b> .....	3
Découverte de mollusques d'eau douce stampiens (oligocène) et de traces de racines silicifiées au sommet des Grès de Fontainebleau près de Magny-les-Hameaux (Yvelines) : implications paléoenvironnementales et conséquences sur l'âge de la grésification, par <b>P. Freytet, F. Baltzer, Y. Dewolf, A. Freytet, J.-C. Koeniguer, J.C. Plaziat, A. Plet, M. Rumelhart</b> .....	27
Karstification des plateaux et encaissement des vallées au cours du Néogène et du Quaternaire dans les Grandes Causses méridionales (Larzac, Blandas), par <b>M. Ambert, P. Ambert</b> .....	37
Observations à la note de M. Bilotte : Mise au point et données nouvelles sur l'organisation séquentielle, la biostratigraphie et la grade-datation dans le Campanien-Maastrichtien sous-pyrénéen (Ariège, Haute-Garonne), par <b>P. Souquet et M.J. Fondecave-Wallez</b> .....	51
• Réponse aux observations de P. Souquet et M.J. Fondecave-Wallez, par <b>M. Bilotte</b> .....	58
Comité de la carte géologique de France .....	61

# RECOMMENDATIONS TO AUTHORS

Géologie de la France is a journal aiming at researchers, teachers, those to whom the knowledge of geology is essential to their work and the general interested public in France and elsewhere. It is devoted to the publication of results of projects related to all disciplines of the Earth Sciences, both in France and in the surrounding regions.

Papers may cover fundamental geological knowledge, or be related to specific research or applied geology programmes.

The aim is to cover all aspects of both subsurface and surface geology. By taking into account surrounding regions, studies need not be restricted by national boundaries, but can take into account entire geological entities.

The journal welcomes publications from both French and other authors, both full-length papers and short notes.

## MANUSCRIPTS

Two copies of typescripts and illustrations must be addressed to the Editor-in-Chief. They will be reviewed by two referees. On acceptance, authors will be invited to send in a 3.5" diskette of the final manuscript, for either PC or Macintosh systems, written using Microsoft Word or in revisable format (for example RFT).

## LANGUAGES

French authors should preferably use the French language, unless the paper is intended for a special thematic issue (which features papers by authors of different nationalities). Authors from other countries may use either French or English.

## PAPERS

### Length

Papers should not exceed 15 printed pages, including illustrations and references (80 typed lines of 80 characters or spaces correspond approximately to one printed page).

However, review papers and in-depth analyses may be longer.

### Arrangement of texts

Text should be arranged as follows:

Title in French and English.

Running header: using a maximum of 60 characters, including spaces, when the full title exceeds this length.

Authors' name(s), preceded by first name(s).

Plan of paper.

Complete address(es) of the author(s).

Abstract in the language of the text (maximum 2,000 characters and spaces).

Extended Abstract in the other language: this should be approximately one to two printed pages long (6,000 to 12,000 characters and spaces in all), depending upon the length of the paper. The author(s) must submit the extended summary in its original language and, if possible, provide its translation into the other language. According to circumstances, the editor will either have a translation made or have the submitted translation verified.

The main body of the paper.

### Acknowledgements

References of all authors cited.

List of figures, tables and photographic plates with their captions in French and English.

The illustrations.

### General technical requirements

Typescripts should be submitted double-spaced, using one side only of size A4 paper (21 × 29.7 cm), with sufficient margins left on either side. Special characters (Greek letters, numerals and symbols), chemical formulas or mathematical equations should be written distinctly. So that accents, small characters and punctuation, such as cedillas and dashes stand out clearly, authors are requested to typescript their entire text in lower-case letters (including titles and authors' names) and to use capitals only when strictly necessary (the first letter of proper names, for instance). The usually accepted abbreviations should be used (cm, m, Ma, t, °C, NW-SE, Pb, etc.), and units of measurement should comply with international standards.

### Citations in the text

References must be indicated by giving the name of the author, followed by the date of publication of the paper; if the paper in question has more than two authors, the expression "et al." should be used after the initial author. This information should be included in parentheses if the citation is not an integral part of the sentence; if it is, on the other hand, the name of the author should be preceded by his first initial, e.g. "(Bastos Neto *et al.*, 1991)": "according to A. Bastos Neto *et al.* (1991)..."

### List of References

This should include all the sources cited in the text and only those sources. It should list authors alphabetically and then chronologically when several references by the same author are given. If there are several references by the same author for a given year, they should be distinguished by appending a, b, c, etc., to the year (e.g. 1990a). References with more than two authors beginning with the same author (the rest may be different) in the course of a single year, should also be distinguished by adding a, b, c, and so on, to that year.

Citations should be listed as follows: the name of the author(s), followed by their initial(s), the date of publication (in parentheses), the full title of the paper, the full name of the publication, the volume and number, and the numbers of the first and last pages of the paper. For books, the name of the book should be given, followed by the publisher and the number of pages in the book. For papers in volumes of collected papers, the name(s) of the editor(s) should be given, followed by the title of the volume, its publisher and the numbers of the first and last pages of the paper in question.

References should be typescripted in lower case to ensure that the accents and typographical characters of each language are clearly distinguishable, and should follow the punctuation given in the examples below:

Bastos Neto A., Charvet J., Touray J.-C., Dardenne M. (1991). – Evolution tectonique du district à fluorine de Santa Catarina (Brésil) en relation avec l'ouverture de l'Atlantique. *Bulletin*

de la Société géologique de France, 162, n° 3, pp. 503-513.

Deroïn J.P., Girault F., Rouzeau O., Scanyie J.Y. (1993). – Cartographie géologique en Velay : aspects méthodologiques de l'étude par télé-détection et présentation des résultats. *Géologie de la France*, n° 1, pp. 3-13.

### Illustrations (figures, tables, photographic plates)

The original illustrations must only be submitted with the final typescript. They should be on separate sheets and numbered according to the order in which they are cited in the text.

Authors must ensure that all the place names mentioned in the text are shown on the corresponding figures, or that they can be situated in relation to another location shown on one of the figures (e.g. "10 km northeast of Paris").

All figures must be submitted on mediums which allow quality reproduction (tracings or black and white prints), and use line drawings, diagrams and lettering which can be scaled down to fit in either one or both columns; for this reason, only metric scales are accepted.

Tables should be typescripted and, if possible, designed so that they can be reproduced directly.

The photographic plates, in black and white, should be distinct, and must fit the journal's effective page size (18 × 25 cm); they should be provided as prints or on film.

Colour reproductions of figures and photographic plates are possible at the request and expense of authors.

### Copyright

It is the author's responsibility to obtain permission to use previously published material.

## SHORT NOTES

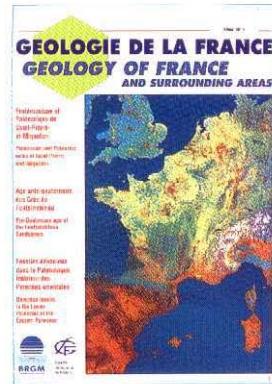
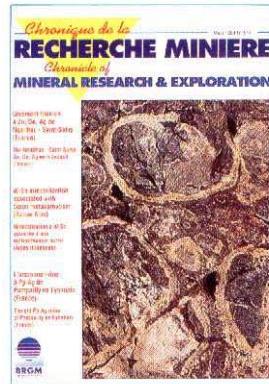
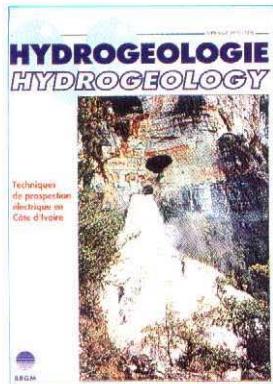
These contributions should not exceed 5 printed pages in length, including the text, references and illustrations. The recommendations are identical to those for scientific papers, except that the abstracts in French and in English should be of the same length and should not exceed 1,500 characters and spaces. The text will be reviewed by one referee only.

## CORRECTION OF PROOFS

Only one set of proofs will be sent to authors for proofreading. If a paper has several authors, the proofs will be sent to the one having submitted the paper. The proofs should be returned to the editor within two weeks. The editor reserves the right to undertake any necessary corrections, without incurring liability, should the author fail to return proofs in a timely fashion and thereby threaten to jeopardise the publication deadline. Corrections must be limited to typographical errors only.

## OFFPRINTS

Offprints are available at extra charge. An offprint order form and price list will be sent with the proofs.



Revue scientifique et technique, Hydrogéologie est destinée aux spécialistes de l'eau souterraine : chercheurs conduisant des travaux sur les processus hydrodynamiques et géochimistes, modélisateurs, ingénieurs et praticiens de la prospection, de l'exploitation et de la gestion des nappes. Dédiée à un seul objet, l'eau souterraine et ses interfaces, Hydrogéologie publie des travaux concernant aussi bien les milieux de climat tempéré que les zones tropicales et arides.

Les articles peuvent porter sur des avancées dans la connaissance fondamentale et son application, des présentations de nouveaux outils, des études de cas ou encore des synthèses thématiques ou régionales. Régulièrement, la revue publie des numéros thématiques. Elle procède également à des analyses d'ouvrages et à des présentations de séminaires et colloques.

*Hydrogéologie is a scientific and technical journal aiming at ground-water specialists, including researchers studying hydrodynamic processes, and geochemists, modellers, engineers and technicians prospecting for, exploiting or managing ground-water. Entirely devoted to ground water and related subjects, Hydrogéologie publishes papers on topics in temperate as well as in tropical and arid zones.*

*Papers may cover advances made in fundamental knowledge and their applications, introduce new tools, discuss case histories or review particular themes or regions. The journal publishes entire issues devoted to specific themes on a regular basis. It also presents book reviews and covers seminars and conferences.*

#### Prix de vente au numéro :

Année en cours et année précédente : 190 F  
Année antérieure (réduction de 50 %) : 95 F

**Règlement par chèque bancaire libellé au nom des Éditions BRGM - BP 6009 45060 Orléans Cedex 2**

#### Abonnement 1996 :

Abonnement par revue :

Abonnement aux 3 revues, 12 numéros

Chèque à établir à l'ordre de : Éditions BRGM, 3 avenue Claude Guillemin, BP 6009, 45060 Orléans Cedex 2

France : 650 F      Étranger : 700 F

France : 1 800 F      Étranger : 1 900 F

ISSN 0246-0874 © Éditions BRGM - BP 6009

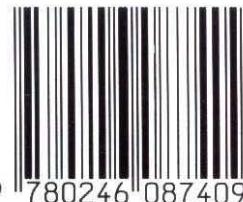
45060 Orléans Cedex 2 - France

Directeur de la publication : Gérard Sustrac

Commission paritaire : N° 624 ADEP

Dépôt légal : 1<sup>er</sup> trimestre 1996

Imprimerie P. Oudin, Poitiers, France.



La Chronique de la recherche minière s'adresse aussi bien aux scientifiques qui font progresser les connaissances fondamentales sur la géologie des gîtes minéraux qu'aux géologues d'exploration.

Les contributions proposées à la revue doivent être inédites et traiter de sujets relatifs aux gisements de métaux et de minéraux industriels (descriptions de gisements, synthèses régionales ou thématiques, case histories de découvertes) et à leur prospection (méthodes et outils d'exploration) ; elles peuvent également concerner les méthodes de traitement et l'économie minière.

A côté des articles scientifiques, les communications scientifiques et techniques sont destinées à favoriser la publication rapide de résultats nouveaux sur des sujets qui n'ont pas encore fait l'objet d'études scientifiques détaillées (par exemple une découverte de gisement), ou pour présenter de courtes contributions sur des sujets techniques d'intérêt général.

*Chronique de la Recherche Minière is a journal aiming at both researchers studying the fundamental geology of mineral deposits and exploration geologists.*

*Contributions to the journal must not have been previously published and should cover topics relating to metalliferous and industrial mineral deposits (descriptions of deposits, regional and thematic reviews, case histories of discoveries) and their prospection (methods and tools used); contributions will also be welcome on methods of processing and on mining economics.*

*Apart from scientific papers, the scientific and technical communications are aimed at enabling rapid publication of new results relating to work which has not yet been the subject of detailed scientific study (for example, the discovery of a deposit), or at providing short contributions on technical subjects of general interest.*

Destiné aux chercheurs, enseignants, praticiens, tout public français ou étranger, Géologie de la France a pour vocation de diffuser les résultats de travaux relevant de toutes les disciplines des Sciences de la Terre et concernant le territoire français et les régions voisines.

Ces travaux peuvent relever de la connaissance géologique de base, correspondre à des actions de recherche ou être liés à des opérations de géologie appliquée.

L'objectif est d'appréhender tous les aspects de la géologie du substrat comme ceux de la surface. La prise en compte des régions voisines traduit le souci de ne pas être lié à des limites administratives mais de favoriser la compréhension d'ensembles géologiques cohérents.

Géologie de la France est ouvert à tous, auteurs français et étrangers. La revue accueille tout à la fois des articles importants et des notes brèves.

*Géologie de la France is a journal aiming at researchers, teachers, those to whom the knowledge of geology is essential to their work and the general interested public in France and elsewhere. It is devoted to the publication of results of projects related to all disciplines of the Earth Sciences, both in France and in the surrounding regions.*

*Papers may cover fundamental geological knowledge, or be related to specific research or applied geology programmes.*

*The aim is to cover all aspects of both subsurface and surface geology. By taking into account surrounding regions, studies need not be restricted by national boundaries, but can take into account entire geological entities.*

*The journal welcomes publications from both French and other authors, both full-length papers and short notes.*