

LIVRET GUIDE

EXCURSION DE L'ASSOCIATION FRANÇAISE POUR L'ÉTUDE DU QUATERNaire (AFEQ)

21 au 23 Juin 2011

**Paysages, travertins et paléoenvironnements quaternaires
entre Provence et Alpes occidentales**



Sous la conduite de : Vincent Ollivier, Jean Louis Guendon
Adam Ali, Michel Dubar, Frédéric Magnin et Paul Roiron

Textes réunis par : Jean Louis Guendon

Micro édition : Stéphane Renault
Aix-en-Provence, LAMPEA
2011



EXCURSION DE L'ASSOCIATION FRANÇAISE POUR L'ÉTUDE DU QUATERNAIRE (AFEQ)

21 au 23 Juin 2011

Paysages, travertins et paléoenvironnements quaternaires entre Provence et Alpes occidentales

sous la conduite de

Vincent Ollivier, Jean Louis Guendon

Adam Ali, Michel Dubar, Frédéric Magnin et Paul Roiron

Depuis de nombreuses années l'Association Française pour l'Étude du Quaternaire organise une excursion scientifique annuelle. Cette démarche permet à la communauté des quaternaristes de partager des travaux de recherche sur des thématiques et des territoires concernant la France et le bassin méditerranéen (Espagne et Maroc notamment).

La présente excursion intitulée « *Paysages, travertins et paléoenvironnements quaternaires entre Provence et Alpes occidentales* » s'inscrit dans cette tradition. Les travaux portant sur les morphogenèses, les dynamiques de travertinisation et les paléoenvironnements néogènes et quaternaires du sud-est de la France y sont publiquement présentés sur leur terrain. Cette étape du travail de recherche en géomorphologie et paléoenvironnements est, pour des raisons légitimes, rarement possible. Nous exprimons donc notre profonde gratitude au comité de l'AFEQ ayant motivé la valorisation de ce travail sous la forme d'une excursion, instant privilégié de rencontre et de partage scientifiques.

Les études sur les relations entre les mutations paysagères quaternaires, les systèmes travertineux, les variations bioclimatiques et les modes d'occupation humaine dans le sud de la France sont le fruit de collaborations tissées depuis de nombreuses années.

Les recherches régionales plus récentes axées sur les mêmes thématiques ont directement bénéficié de ces différentes et précieuses expertises. Que leurs instigateurs en soient ici amplement remerciés.

Itinérant au travers de la Provence et des Alpes occidentales à la découverte de certaines des plus belles séquences travertineuses régionales, cette excursion aborde également des questions et découvertes portant sur l'évolution du domaine provençal depuis le Néogène jusqu'à l'extrême fin du Quaternaire.

Remontant une partie de la Durance jusqu'aux imposants massifs du Queyras, le portrait d'une région provençale et alpine dotée d'une riche histoire paysagère se dessine. Les marques d'une évolution géodynamique messino-pliocène intensive y sont nombreuses. L'existence de grottes hypogéniques ou de travertins pliocènes redressés en touches de piano témoignent de la complexité des phénomènes. La diversité des contenus paléontologiques (macrorestes végétaux ou gastéropodes), la clarté des horizons pédogénétiques, la cyclicité des faciès travertineux ou la présence répétée de niveaux d'occupation humaine en stratigraphie nous racontent en détail la variabilité des impacts environnementaux et anthropiques de la fin du dernier cycle climatique.

Dans cette aire biogéographique à préserver, les différents travaux de recherche se développent avec l'indispensable soutien des acteurs régionaux et notamment des parcs naturels, réserves géologiques et de leurs conservateurs et Chargés de Mission. Nous remercions, pour leurs différents apports respectifs, les parcs naturels régionaux du Luberon, du Verdon et les réserves géologiques de Digne et du Luberon.

Les collaborations entre les différentes unités de recherche impliquées dans l'analyse des paléoenvironnements quaternaires provençaux et alpins (séquences travertineuses, formations détritiques, géodynamique, notamment) ont été une étape nécessaire dans la concrétisation de nos recherches. Sans l'investissement de l'ensemble des membres des laboratoires impliqués au niveau régional depuis de nombreuses années, rien n'aurait été possible. Nous remercions donc chaleureusement les Directeurs et Chercheurs respectifs des laboratoires du LAMPEA (Laboratoire Méditerranéen de Préhistoire Europe Afrique, UMR 6636 du CNRS, Maison Méditerranéenne des Sciences de l'Homme, Université de Provence, Institut de Recherche pour le Développement, Aix en Provence), du CBAE (Centre de Bioarchéologie et d'Archéologie, UMR 5059 du CNRS, Université de Montpellier 2, Ecole Pratique des Hautes Etudes, Montpellier), de l'IMEP (Institut Méditerranéen d'Ecologie et de Paléoécologie, UMR 6116 du CNRS, Université Paul Cézanne, Université de Provence, Université d'Avignon, Institut de Recherche pour le Développement, Europôle Méditerranéen de l'Arbois, Aix en Provence), du CEPAM (Centre d'Etudes Préhistoire, Antiquité, Moyen Age, UMR 6130, Université de Nice-Sophia Antipolis, Nice), et du CEREGE (Centre Européen de Recherche et d'Enseignement des Géosciences de l'Environnement, UMR 6635, Université Paul Cézanne, Université de Provence, Collège de France, Institut de Recherche pour le Développement, Europôle Méditerranéen de l'Arbois, Aix en Provence) pour la dynamique scientifique et logistique qu'ils ont su encourager dans chacun de nos travaux communs.

En outre, la réalisation de formations universitaires (stages, Masters, Doctorats) sous la Direction de ces organismes de Recherche et d'Enseignement dans le cadre des territoires que nous étudions, ont pu maintenir et renforcer tout l'intérêt qui leur revient.

Territoires multiples, biotopes sensibles forts d'une évolution naturelle et sociétale enrichie au cours des millénaires, les paysages de Provence et des Alpes occidentales détiennent une incontournable valeur scientifique et patrimoniale. C'est donc avec un immense plaisir que nous découvrons ensemble au cours de cette excursion, certaines des facettes qui forgent l'histoire des environnements quaternaires de cet espace au tempérament méditerranéen.

Les travertins ont fréquemment suscité un grand intérêt de la part des géologues, géographes, préhistoriens et paléoenvironmentalistes du sud de la France. A titre d'exemple, depuis le début des années 80, de véritables actions de recherche pluridisciplinaires motivées par la richesse intrinsèque de ces formations se sont développées du Languedoc à la Provence sous l'initiative de Jean Nicod (*formations carbonatées externes tufs et travertins* -Collectif 1981), Jean Vaudour (A.T.P. P.I.R.E.N. : *Les édifices travertineux et l'histoire de l'environnement dans le midi de la France*, -Vaudour 1988), Jean Louis Vernet et Jean Vaudour (A.T.P. P.I.R.E.N. *Milieux et anthropisation à l'Holocène en Méditerranée occidentale à partir des sites karstiques*, Vernet et Vaudour, 1988-1990) ou encore Paul Ambert (G.D.R. 1058 : *Travertins et dépressions fermées de piémont : paléoenvironnements et anthropisation des paysages du midi méditerranéen*, Ambert, 1997).

Les études actuelles, effectuées dans le cadre de Programmes Collectifs de Recherche (*10 000 de présence humaine sur le piémont méridional du Luberon, la France méditerranéenne entre deux mondes, diversité biologique, diversité culturelle entre 45 et 35 Ka*, notamment) ou de Thèses dernièrement soutenues (*Continuités, instabilités et ruptures morphogéniques en Provence depuis la dernière glaciation. Travertinisation, détritisme et incisions sur le piémont sud du Grand Luberon, Vaucluse, France. Relations avec les changements climatiques et l'anthropisation*, Ollivier, 2006, *Les systèmes travertineux holocènes et la caractérisation des paléopaysages méditerranéens et subalpin (France) : une approche géobotanique séquentielle à haute résolution spatiale*, Adam A. Ali, 2003) s'inscrivent naturellement dans la continuité du travail réalisé par ces différentes actions scientifiques dont les principaux résultats connurent déjà quelques comparaisons à l'échelle européenne (Vaudour, 1988).

Cadre géographique :

Au cours de cette excursion, il est envisagé de suivre un gradient bioclimatique Provence-Alpes occidentales, afin d'analyser essentiellement l'évolution des formations postglaciaires travertineuses et détritiques selon une logique d'étagement altitudinal (du méditerranéen à l'alpin).

Deux principaux contextes environnementaux seront concernés en remontant la vallée de la Durance : les domaines méso-méditerranéens à supra-méditerranéens au travers du piémont méridional du Grand Luberon et le domaine alpin avec la vallée de l'Aigue Agnelle dans le Queyras.

Une incursion sera faite sur des formations plus anciennes datant du Miocène et du Pliocène dans le secteur du plateau de Valensole. Au travers de cet aspect de l'excursion, des notions d'évolution néotectonique seront traitées. Ceci donnera l'occasion d'aborder également les milieux subalpins.

Outre la définition des modalités et rythmes des mutations paysagères associées au développement des systèmes travertineux, de nombreux aspects concernant l'évolution de la vallée durancienne au Quaternaire seront présentés (morphogenèse, évolution des hydrosystèmes de piémont et marqueurs pédologiques de complexes interstadiaires pléistocènes, notamment).

Cadres méthodologiques :

L'analyse des formations a été réalisée selon plusieurs approches méthodologiques et notamment :

- sur le piémont sud du Luberon l'approche concernant l'évolution morphosédimentaire longue durée a été privilégiée au départ en intégrant par la suite des analyses paléoécologiques ;
- dans le Queyras, c'est l'analyse géobotanique qui a été au préalable privilégiée.

Ces différentes approches ont débouché l'une, sur la détermination de tendances morphogéniques, de phases de détritisme, d'incision ou d'accumulation. L'autre sur la mobilité holocène de la limite altitudinale de la forêt et sur l'impact paysagé des variations de fréquences des paléo-incendies liées aux fluctuations climatiques.

L'ensemble des travaux présentés s'ancre également profondément sur les problématiques concernant les relations Homme-milieu dans un contexte géosystémique.

Intervenants prévus

Olivier Vincent (Chercheur contractuel ANR ANCIENT KURA, Collège de France, PrOCauLAC-UMR 7192 du CNRS, Proche-Orient, Caucase : Langues, Archéologie, Cultures, Paris & Laboratoire Méditerranéen de Préhistoire [Europe-Afrique], UMR 6636, Maison Méditerranéenne des Sciences de l'Homme, Aix en Provence).

Guendon Jean-Louis (Ingénieur de Recherche, Laboratoire Méditerranéen de Préhistoire (Europe-Afrique), UMR 6636, Maison Méditerranéenne des Sciences de l'Homme, Aix en Provence).

Ali A. Adam (Maître de Conférences, Université de Montpellier 2, Centre de Bioarchéologie et d'Écologie, UMR 5059).

Roiron Paul (Maître de Conférences, Université de Montpellier 2, Centre de Bioarchéologie et d'Écologie, UMR 5059).

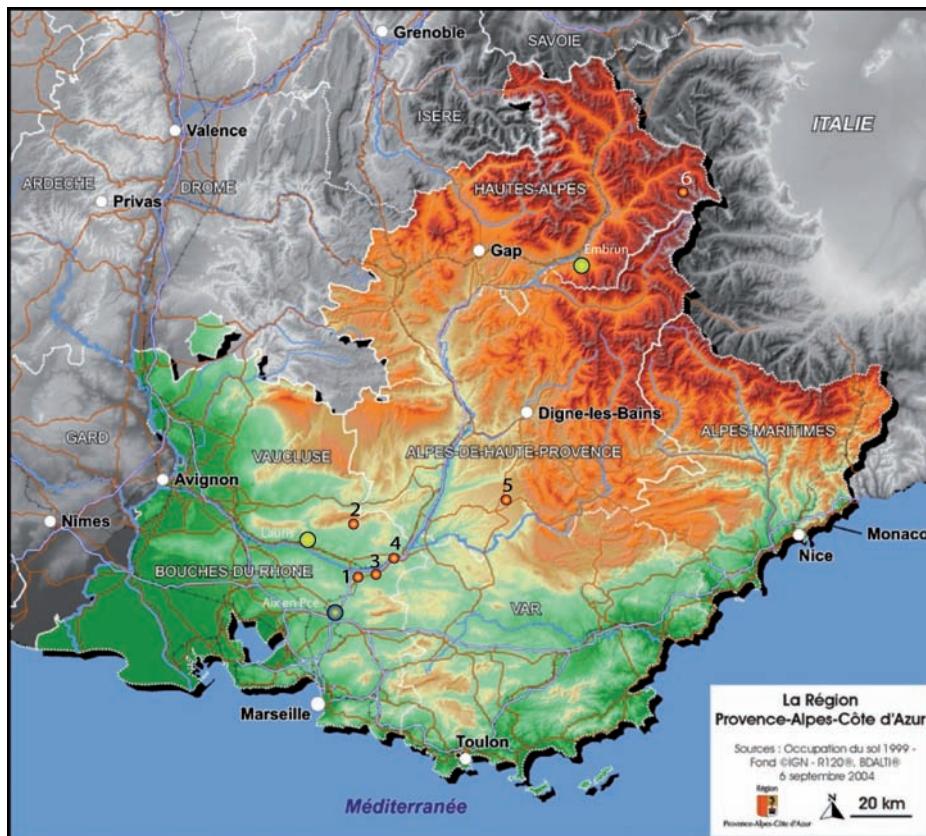
Dubar Michel (Chargé de Recherche CNRS, CEPAM, Valbonne).

Magnin Frédéric (Chargé de Recherche CNRS, IMEP, UMR 6116, Aix en Provence).

et la participation des représentants du :

Parc Naturel Régional du Luberon
Parc Naturel Régional du Verdon
Réserve Naturelle Géologique de Haute Provence

Cartographie des localités abordées lors de l'excursion



Ville de Départ / Arrivée



Ville Etape



Arrêt sur site à travertins

(1: Meyrargues ; 2:Luberon ; 3: Peyrolles ; 4: Pont de Mirabeau ;
5:Ségris et Serre de Montdenier ; 6: Vallée de l'Aigue Agnelle, Queyras)

Les formations plio-pléistocènes du toit du bassin de Valensole, dans la région de Puimoisson, Ségris (Alpes-de-Haute-Provence)

par
Michel Dubar

Cette partie de l'excursion a pour but l'étude des formations sommitales du bassin de Riez-Valensole, dans la partie orientale de ce bassin, en particulier la formation lacustre de Puimoisson. L'étude de ces formations, leur chronologie et la restitution des conditions de mise en place permettent de cerner à la fois les conditions environnementales, les contraintes tectoniques et les interférences des deux, à la fin du Pliocène et au début du Pléistocène.

Approche en car par la vallée de l'Asse

Rappel sur le bassin de Digne-Riez-Valensole

(Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3, Fig. 4) :

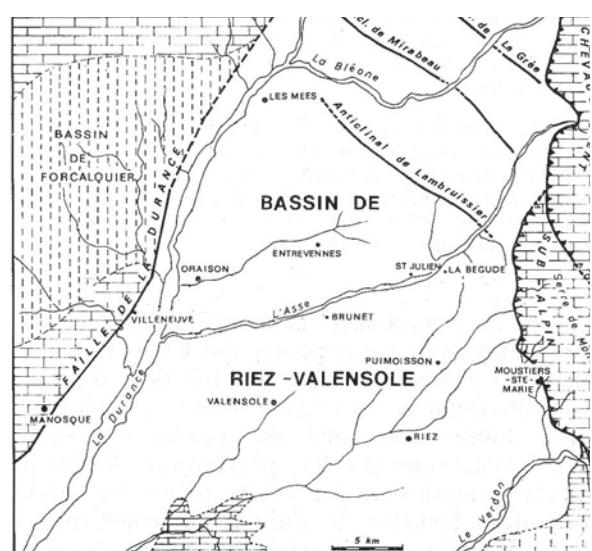
Le bassin de Digne-Valensole (Fig. 1) est un rhombograbben infra-miocène, limité par des failles qui deviendront la faille de la Durance à l'ouest, et le chevauchement subalpin de l'arc de Castellane à l'Est. Le remblaiement s'effectue d'abord (Burdigalien) en régime marin avec le dépôt de 1100 m de molasses (forage des Mées, Dubois et Curnelle, 1978), puis par des conglomérats. Après un épisode saumâtre (Serravallien), la série conglomératique épaisse de plus de 600 m devient fluviatile et lacustre (Tortonien). Le remblaiement miocène s'achève avec des dépôts datés du Messinien inférieur (Aguilar *et al.*, 1982) puis par une troncature majeure affectant tout le bassin de Valensole (Dubar, 1983 ; Clauzon, 1999) durant l'épisode régressif messinien.

Ensuite la sédimentation fluviatile grossière reprend et constitue un deuxième série conglomératique d'âge pliocène (Aguilar *et al.*, 1982) pouvant atteindre 200 m au droit de l'incision principale (canyon de l'Asse ;

Fig. 2 et Fig. 3) et se termine par diverses formations juxtaposées caractérisant des milieux divers : fluviatiles, lacustres, loessiques, le tout dessinant une vaste plaine alluviale raccordée au niveau de base marin en aval du bassin (Zancléen et Plaisancien). La formation lacustre de Puimoisson correspond à une zone ennoyée pérenne située entre les cours de l'Asse au nord-ouest et du Verdon au sud (Fig. 4)

À partir de Brunet : remonter la petite route qui gagne le sommet du plateau : voir en passant le passage des poudingues Miocènes aux poudingues Pliocènes. La limite de ravinement messinienne est marquée par des paléosols, des croûtes calcaires (Dubar, 1984).

Figure 1



fra Pliocène
dingue Pliocène
illoutis sommitaux

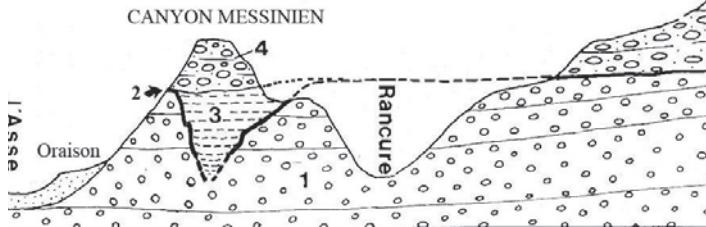


Figure 2

1 : poudingue de Valensole (Unité I : Miocène sup) / 2 : Ravinement messinien / 3 : Écoulement du paléo-Rancure au messinien / 4 : Remblaiement Pliocène inférieur (marnes) / 5 : poudingue de Valensole (Unité II : Pliocène) / 6 : cailloutis sommitaux duranciens (Pliocène terminal-Pléistocène)

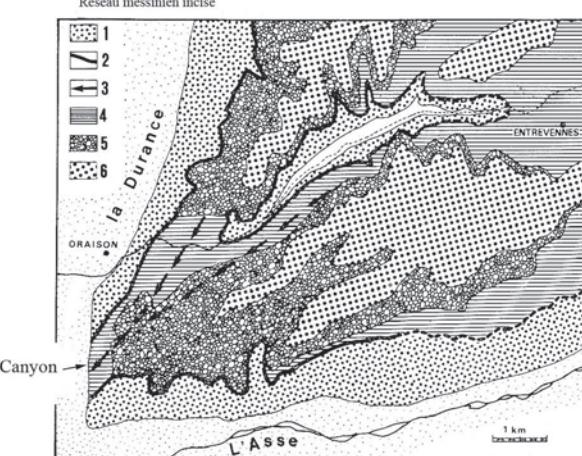
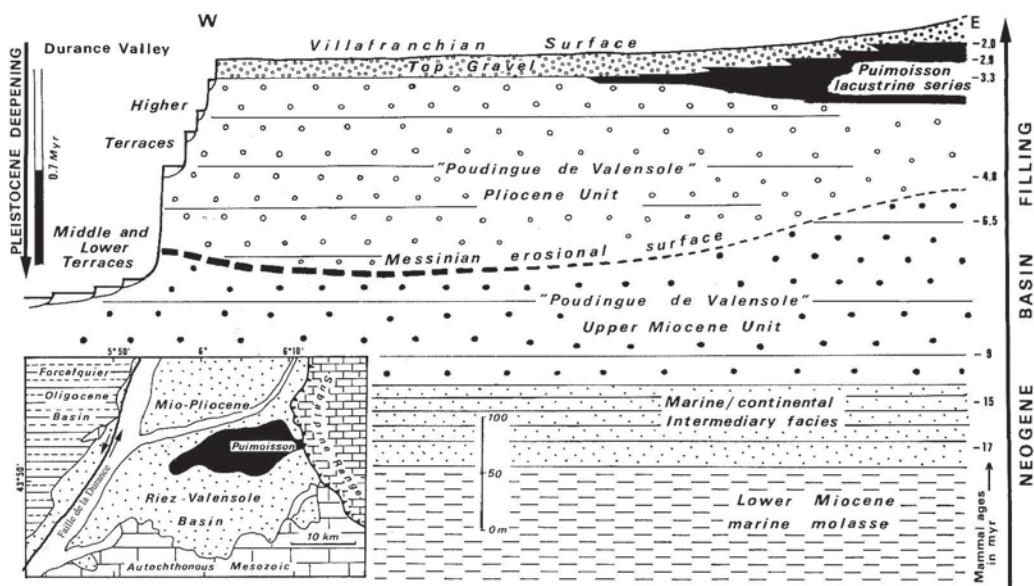


Figure 3

Figure 4



1^{ER} ARRÊT

Puimoisson Grenouillet (Fig. 5 et 6)

On se situe approximativement au centre de l'aire « lacustre » (Fig. 4). La formation atteint une soixantaine de mètres et montre le développement de faciès marneux, crayeux, oncolithiques et travertineux (Fig. 5)

La chronologie :

- Faunes de mammifères

Tiers inférieur de la formation: grands mammifères de la faune du Roussillon : *Parabos boodon* et *Zygolophodon borsomi*. Plus haut (vers 30 m sous le toit): *Anancus arvernensis* et *Hipparrison crassum* proches de ceux du gisement de Montpellier (MN 15 vers -3,3 Ma)

Vers 20 m : micromammifères du type de Sète (MN 15) (Bachelet, 1990) vers -3 Ma

À 5 m sous le toit de la formation : *Equus stenonis* archaïque (F. Prat, inédit) de la zone 16b (2,4 Ma)

- Paléomagnétisme

En raison de l'existence de plusieurs niveaux à valeur biochronologique, une analyse paléomagnétique a été réalisée. Malgré la faible aimantation des sédiments, D. Biquand et F. Séma (Biquand *et al.*, 1990) ont réussi à avoir un résultat fiable (Fig. 6) en prélevant des blocs orientés de grande dimensions. Une inversion nette et robuste est apparue entre 7,5 et 9 m sous le toit de la formation, un peu au-dessus du niveau à rongeurs de la zone 15 niveau de Sète et sous le niveau à *Equus* archaïque (zone 16 b): elle représente sans aucun doute l'inversion Gauss-Matuyama (2,68 Ma).

Cette inversion sert aujourd'hui de limite inférieure au Gélasien et par conséquence au Quaternaire. Si cette limite n'était pas purement arbitraire (comme la précédente d'ailleurs), on pourrait considérer la coupe de Grenouillet comme une référence en milieu sédimentaire. La magnétostratigraphie détaillée du sommet de la série a été réalisée à Cornillet (arrêt 2) dans un deuxième temps.

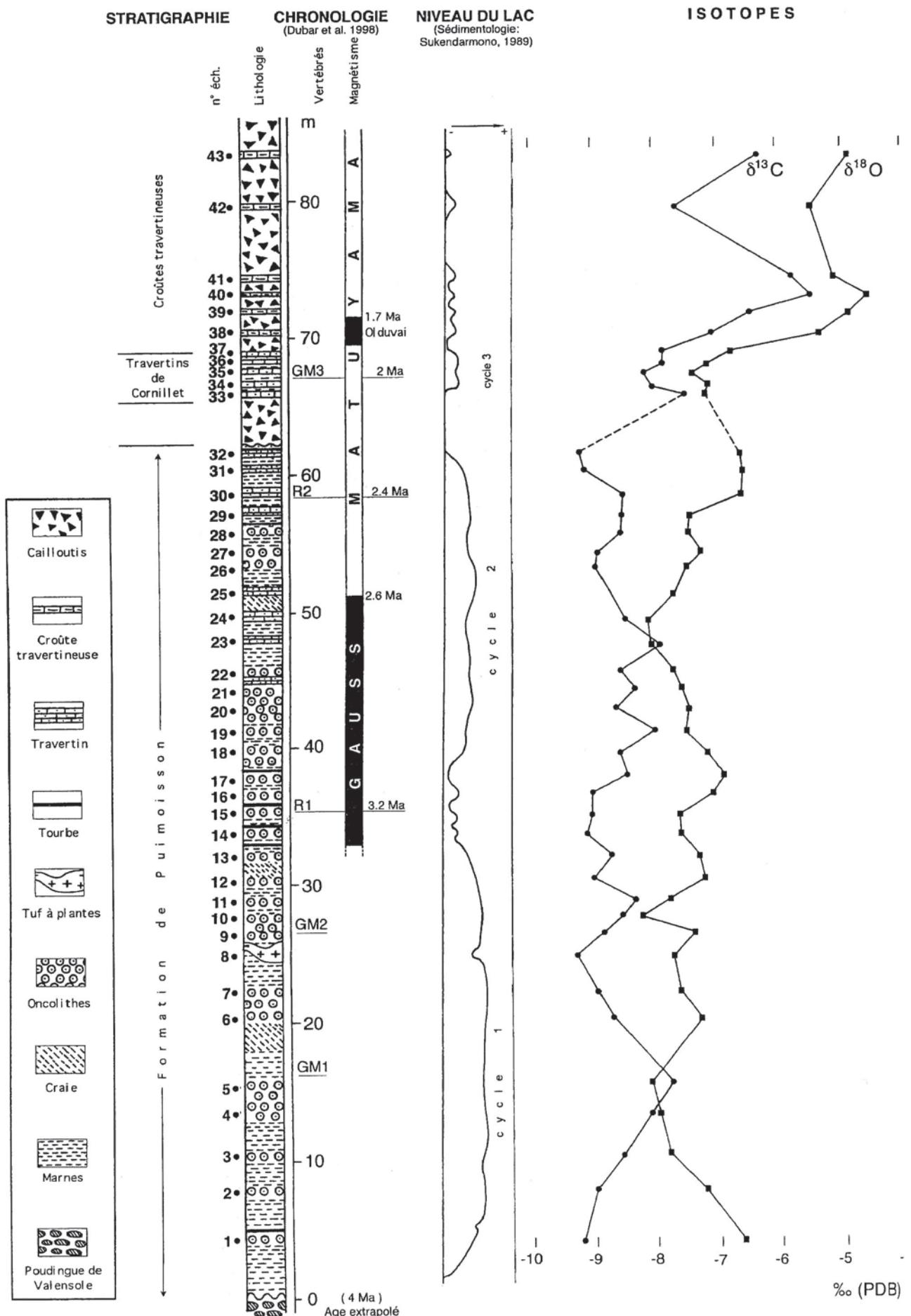
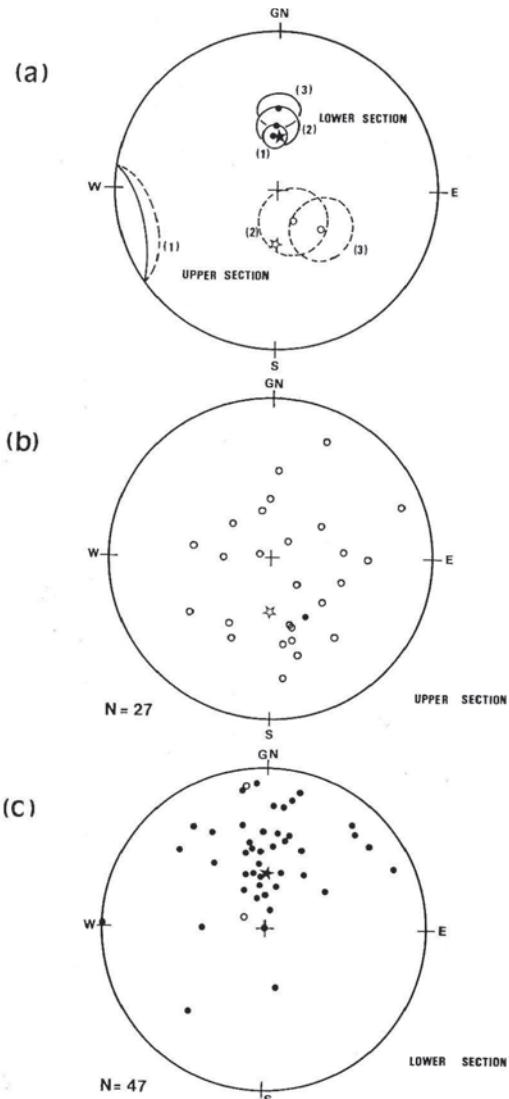
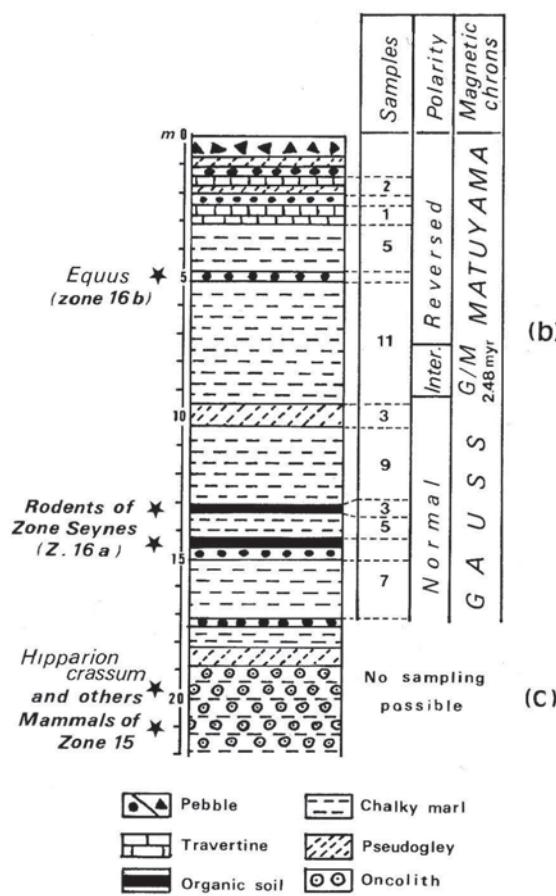


Figure 5

Grenouillet (Puimoisson)

Figure 6



Paléoenvironnement, climat : Les isotopes stables de l'Oxygène et du Carbone

La totalité de la formation de Puimoisson (60m) a fait l'objet d'une étude des isotopes stables de l'Oxygène et du Carbone des carbonates (Blavoux *et al.*, 2000). En première analyse, les variations observées (Fig. 5) indiquent des fluctuations du niveau lacustre déjà mises en évidence par l'études des faciès carbonatés (Sukendarmono, 1989)

1/ En période de montée du niveau du lac

Appauvrissement en O¹⁸ : apports d'eau provenant des hauts-reliefs de bordure subapnée par les sources augmentent ; le renouvellement de l'eau du lac se fait par un exutoire actif dès le début. La tendance est à l'approfondissement du lac (maximum 6m)

Enrichissement en C¹³ par brassage des eaux (échange avec le CO₂ atmosph. à -7‰), nutriment diminué (eau pauvre en CO₂ biogénique très appauvri -27 ‰)

2/ En période d'abaissement du niveau du lac

Enrichissement en O¹⁸ : c'est l'inverse, la tranche d'eau du lac diminue, ce qui a pour effet, par évaporation, un enrichissement supplémentaire en O lourd

Appauvrissement en C¹³ : c'est l'inverse : la tranche d'eau diminue, l'évaporation augmente et il y a enrichissement en C lourd

En théorie, dans une pièce d'eau, les variations des deux éléments sont corrélées positivement. Si les variations sont divergentes c'est que d'autres facteurs interviennent en particulier l'ouverture et la fermeture de l'exutoire.

Pour ce qui concerne la séquence de Grenouillet on note des variations opposées du C¹³ et de l'O¹⁸ (cas le plus fréquent pour les lacs ouverts) de la base jusqu'au sommet : le lac fonctionne selon l'équilibre approvisionnement/exutoire, sans grand effet externe.

Les faunes et le climat : un seul élément semble marquer un seuil climatique, c'est l'apparition d'une Hélicelle steppique (*Candidula unifasciata*) dans un sol vers 3 Ma. Cette espèce inconnue jusque là sera désormais présente tout au long du Plio-Quaternaire et est encore très abondante aujourd'hui en pays tempérés (Dubar et Magnin, 1992). Il y a lieu de penser que cette espèce est migrante à partir de zones plus arides du bassin Méditerranéen (Afrique du Nord ?). Cette introduction précède d'ailleurs l'arrivée d'un autre migrant, le cheval, présent aussi à Puimoisson vers 2,4 Ma.

2^e ARRÊT

Ségrès-Cornillet (Fig. 7- 8 – 9)

Le sommet de la série est représenté dans le secteur de Ségrès-Cornillet par des bancs de travertins indurés de la formation lacustre de Puimoisson mais aussi par des cailloutis subanguleux calcaires provenant de la bordure subalpine et construisant de vastes cônes (Fig. 7, Fig. 8).

La faune de Vertébrés

Les gisements du Ravin de Cornillet correspondent à un banc travertineux situé au-dessus d'un première passée caillouteuse et sous la base de la « brèche de Balène » (Fig. 8 A , B et C).

Quatorze espèces de Vertébrés ont été identifiées : *Pachycrocuta perrieri*, *Nyctereutes megamastoides*, *Canis gr. Arnensis-etruscus*, *Equus stenonis vireti*, *Dicerorhinus etruscus*, *Gazella borbonica*, *G. torticornis*, *Croizetoceros ramosus*, *Cercus philisi*, *Eucladoceros senensis*, *Leptobos sp.*, *Rodentia*, *Lagomorpha*, *Grus sp.* (Dubar *et al.*, 1978 ; Heintz et Dubar, 1981). Cette association est attribuée à la zone de Saint-Vallier (Zone MN 17) et proche de 2 Ma.

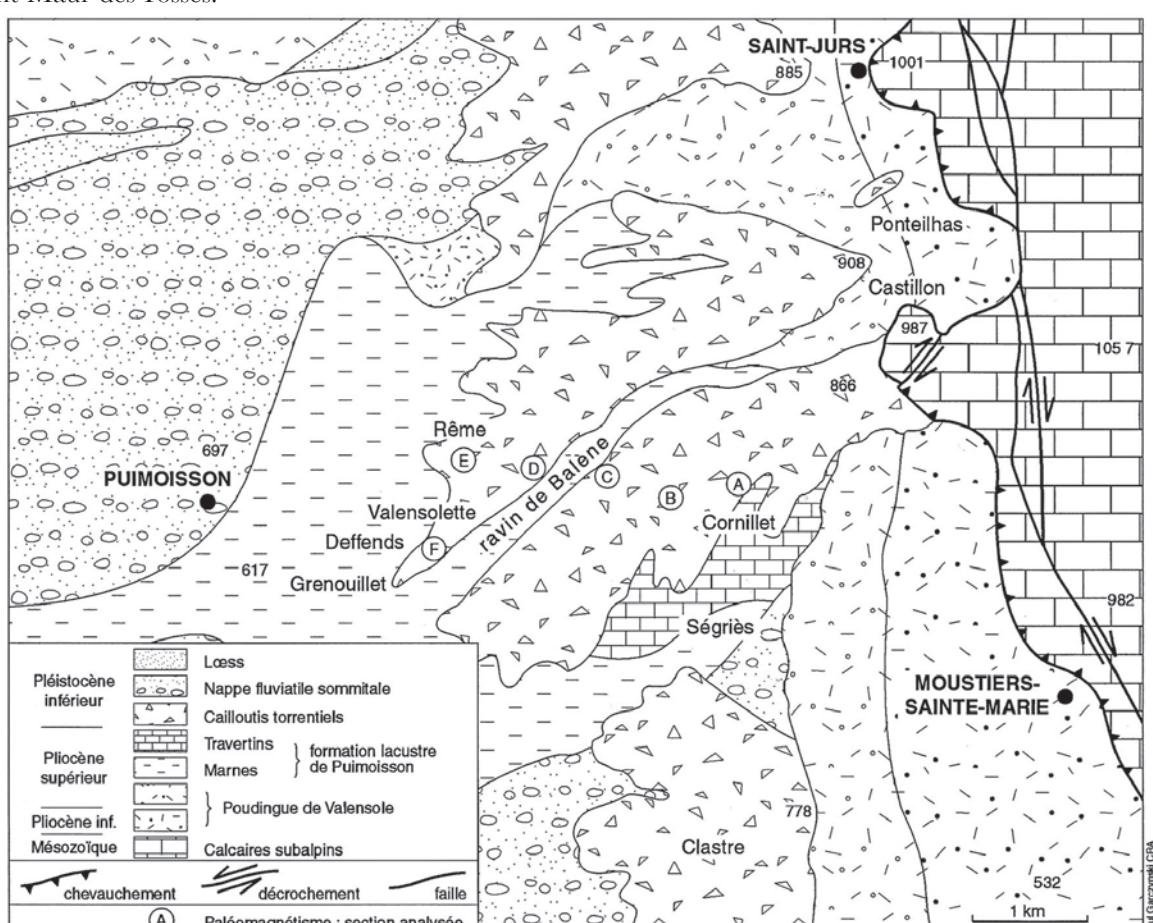
Étude Paléomagnétique (F. Sémaah, 1998) (Fig.9)

L'étude cette-fois entreprise avec des appareillages modernes du Laboratoire du Géomagnétisme du CNRS de Saint-Maur-des-Fossés.

Les résultats montrent que le gisement de Cornillet est de polarité inverse comme le sommet des niveaux lacustres du secteur (il y a bien sûr un niveau caillouteux qui n'a pu être analysé). Compte-tenu de l'âge biostratigraphique, ce résultat montre que l'on se situe dans l'époque Matuyama, plus précisément dans sa première partie.

Au-dessus débutent les premiers bancs de la brèche de Balène et l'analyse magnétique n'a pu être faite en continu. Des mesures ont été réalisées seulement dans des micro-bancs travertineux ou dans des loess durcis. Globalement les résultats montrent que la brèche de Balène s'est constituée lors d'une période de polarité inverse (Fig. 9, a) cependant deux épisodes de polarité directe ont été identifiés : l'un vers sa base un peu au-dessus du site de Cornillet, l'autre vers son sommet à Valensolette. Le premier épisode peut être identifié comme celui de Oldoway (1,95-1,77 Ma), le second comme celui de Jaramillo (1-1,05 Ma). Pour ce dernier on se réfère à une faune de rongeurs trouvée sur le site même de Valensolette et rapporté au Biharien (1,0 à 0,7 Ma) (étude Chaline et Michaux, 1998). En somme la brèche de Balène s'édifie entre 2 Ma et 1 Ma (Fig. 10) (Dubar *et al.*, 1998). Nous la retrouverons lors du 3^e arrêt et nous verrons sa relation directe avec la tectonique tardive de l'arc de Castellane et sa signification morphoclimatique.

Figure 7



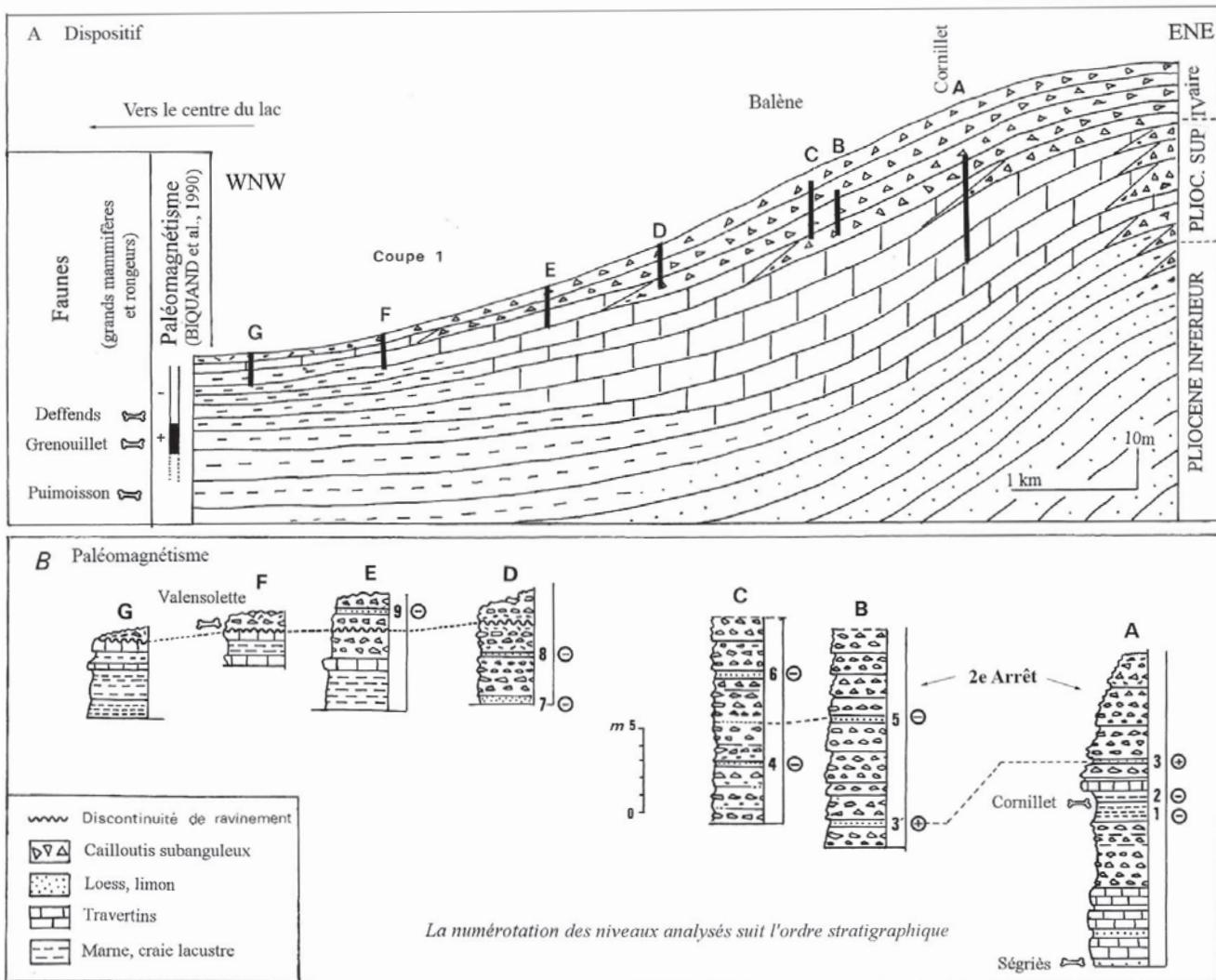


Figure 8

Isotopes stables (C et O) – Suite (Fig. 5)

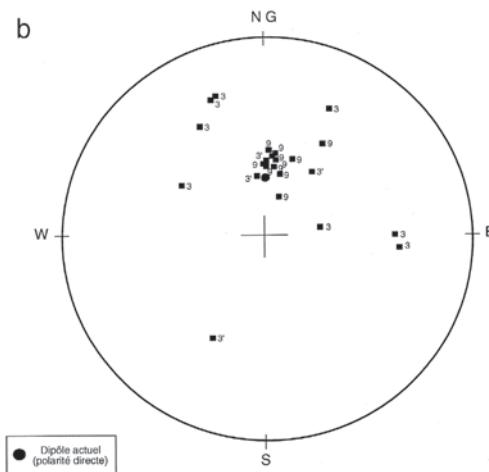
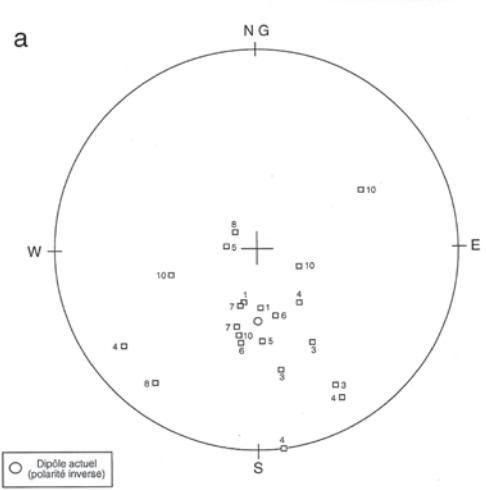
Un changement net et brutal affecte les courbes du C^{13} et de l' O^{18} à partir et au-dessus du niveau de Cornillet (au-dessus, les niveaux analysés correspondent à des croutes travertineuses d'ennoyage de bas de versant à faciès algaires) : on observe un enrichissement conséquent et continu des deux isotopes stables. Cet enrichissement semble être contrairement à ce que nous avions écrit (Blavoux *et al.*, 1999 Acad. Sc.) le résultat de l'évaporation dans une pièce d'eau qui est en train de se colmater. Ceci n'empêche pas que le climat est peut-être en train de se refroidir.

3EME ARRÊT

Castillon, la brèche de Balène , le piémont du chevauchement subalpin, discussion (Fig. 7)

Les couches sommitales du bassin (Plio-Pleistocènes) sont affectées par la tectonique récente de l'arc subalpin. La déformation consiste en une verticalisation et un serrage des couches : À Ponteilhas (Fig. 7), la déformation visible sur 70 m d'épaisseur (lacustre compris) est clairement synsédimentaire et sa durée peut-être suivie sur un million d'année environ : cette déformation est caractéristique d'une mise en place lente du front subalpin (Dubar *et al.*, 1998).

À Castillon il y a verticalisation et rupture de la déformation comme si la contrainte avait été brutale : c'est le cas , cette verticalisation est due au jeu oblique d'un petit décrochement tangentiel) à jeu dextre qui n'est que local (Castillon, Fig. 7) par rapport au grand accident de (Gigot, 1982).



La mise en place définitive de l'arc de Castellane s'accompagne de l'accroissement considérable des reliefs (serre de Montdenier, 1600m) en marge du bassin. Le résultat est l'apparition et la généralisation des apports caillouteux anguleux torrentiel et l'apparition de niveaux cryoclastiques au sein de la brèche de Balène. On sait que le phénomène apparaît peu après 2 Ma. Par accroissement des reliefs et effet d'altitude (1° pour 100 m sous nos latitudes) on estime que la cryoclastie débute à 600 m. (comme aujourd'hui du reste). Cela serait suffisant pour alimenter abondamment les torrents en cryoclastes qui vont se retrouver dans le bassin sous forme de brèche de Balène (Dubar *et al.*, 1998).

Figure 9

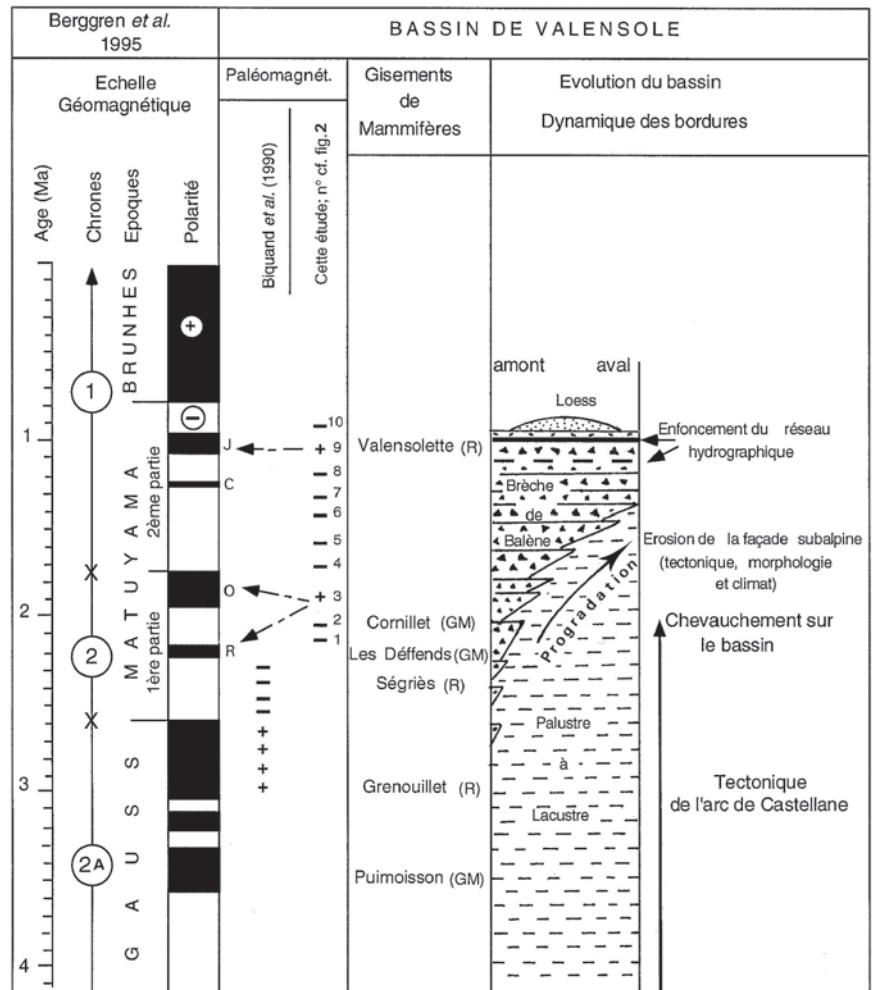


Figure 10 - Synthèse



**Figure 1 – La séquence principale aval (S2) des travertins du vallon de Mouresse dans le Serre de Montdenier.
Le dépôt présente ici un développement vertical d'environ 5m.**