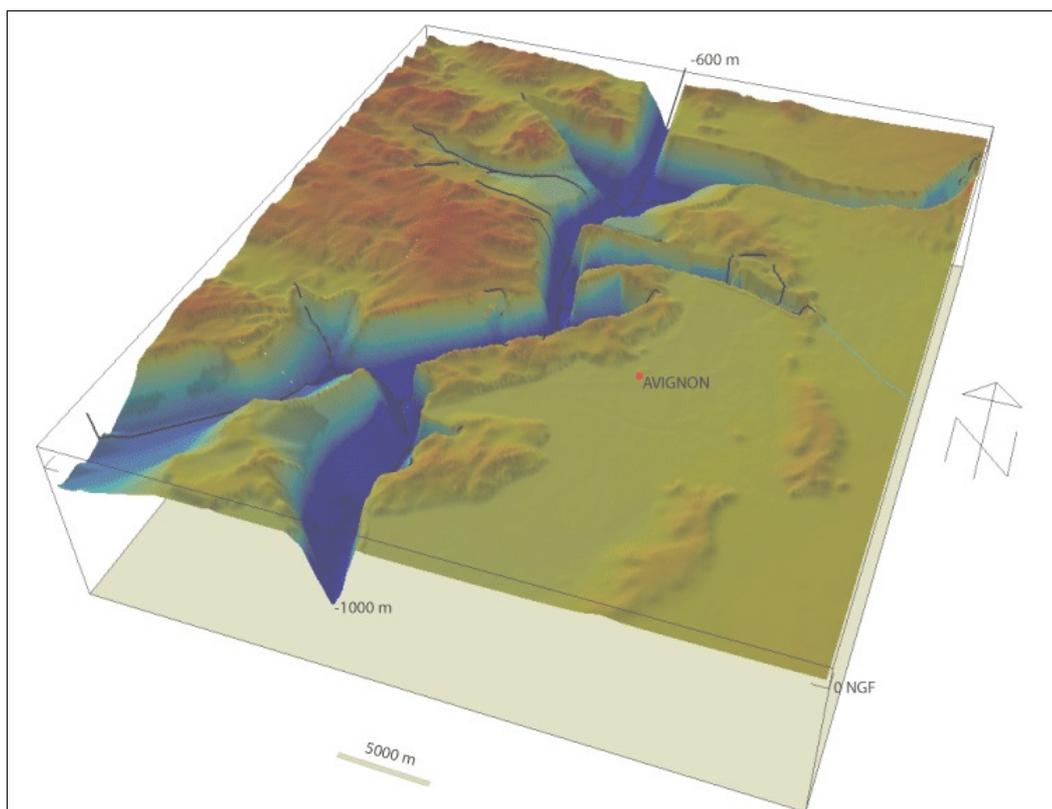


Journées de l'Association Française de Karstologie,  
Pré-excursion du 10 septembre 2009  
Evolution géodynamique du Bas-Rhône depuis 6 Ma

*Georges Clauzon*



# Livret Guide

*Georges Clauzon*  
*Ludovic Mocochain*  
*Jules Fleury*  
*Olivier Bellier*



# Pré-excursion :

## Evolution géodynamique du Bas-Rhône depuis 6 Ma

Georges Clauzon

### INTRODUCTION

Les phénomènes karstiques, objet de cette réunion AFK 2009, appartiennent pour la plupart au bassin versant de l'Ardèche qui, lui-même, est tributaire du Rhône. La confluence de ces deux organismes s'opère au droit de Pont-Saint-Esprit. Le Rhône (long de plus de 600 km) est le principal affluent de son réceptacle : le bassin de Méditerranée occidentale dont la bathymétrie atteint 2500 m dans ses plaines abyssales. Il est l'équivalent du Nil pour le bassin oriental, par ailleurs plus profond. On sait que la Méditerranée est une *landlocked sea*, c'est à dire une mer quasi fermée. C'est à cause de cette physiographie originale à laquelle s'ajoute une localisation latitudinale en zone sub-tropicale aggravée de surcroît par la convergence des plaques africaine et européenne, que ce vaste plan d'eau de 2,5 Ma de km<sup>2</sup> était inéluctablement voué à l'épreuve de la dessiccation lors de la **crise de salinité messinienne (C S M)**.

C'est dans l'espace exondé de ses marges et de leur prolongement aval de bas de talus, qu'un ravinement généralisé a façonné une topographie ubiquiste de *bad lands* tandis qu'au droit des fleuves, induit par l'effondrement sans précédent du plan d'eau méditerranéen, (de l'ordre de 1500 à 2000 mètres), une fantastique érosion régressive, partie des plaines abyssales, opérait le creusement de gigantesques canyons. Ceux-ci, à l'instar de celui du Rhône, qui, à la latitude d'Avignon, enregistre un surcreusement de l'ordre de 1000 mètres, révélé par la prospection pétrolière et singulièrement la sismique.

Dans le même temps, l'eau marine résiduelle, concentrée dans les plaines abyssales et en proie à un confinement concrétisé par le dépôt de la séquence évaporitique classique, génèrait ce qui fut désigné comme le "géant salifère" méditerranéen lequel, par extrapolation, a donné son nom à la crise dès lors qu'il en paraissait l'image emblématique : **Crise de Salinité Messinienne (C S M)**.

L'itinéraire retenu pour la première journée d'excursion ambitionne de restituer -selon une coupe équatoriale implantée à la latitude d'Avignon- les étapes qui ont jalonné la stupéfiante migration du fleuve, conjointement verticale (sur plus de 1000 m) que horizontale (de l'ordre de 15 km). La synthèse de ces arrêts permettra de décrypter les modalités du **cycle eustatique messino-pliocène** à l'origine de cette fantastique pérégrination fluviale.

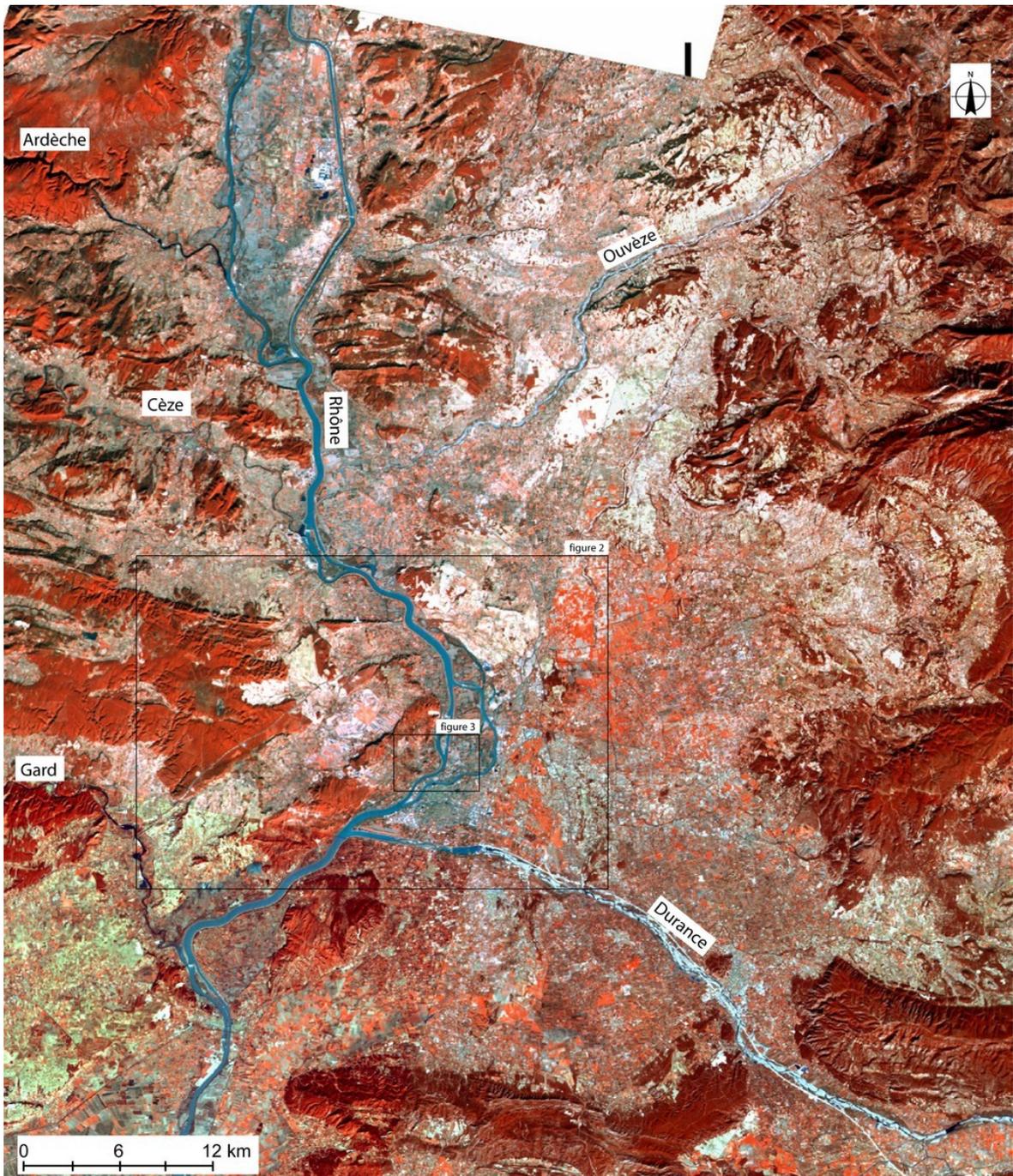


Figure 1 : image SPOT de la moyenne vallée du Rhône entre la localité de Pierrelatte au Nord et le massif des Alpilles au Sud



Figure 2 : image SPOT de la région d'Avignon et du fossé de Pujaut



Figure 3 : photographie aérienne centrée sur Villeneuve-les-Avignon

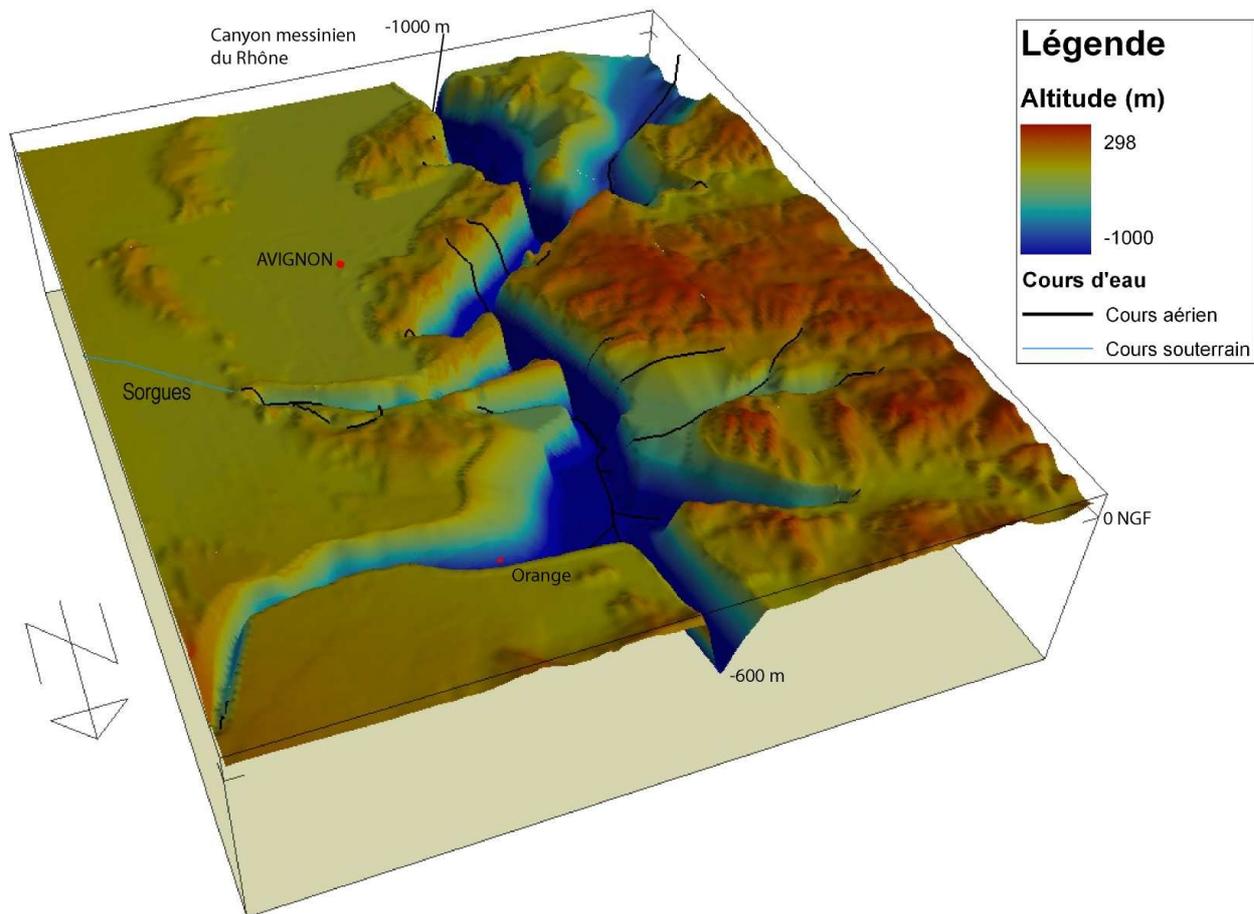


Figure 4 : Carte tridimensionnelle interprétative du canyon messinien du Rhône. La topographie du canyon est interpolée à partir des données de sondages, de gravimétrie, de profils sismiques et de coupes géologiques interprétatives. La topographie environnante est celle actuelle (d'après Clauzon et al., 2004).

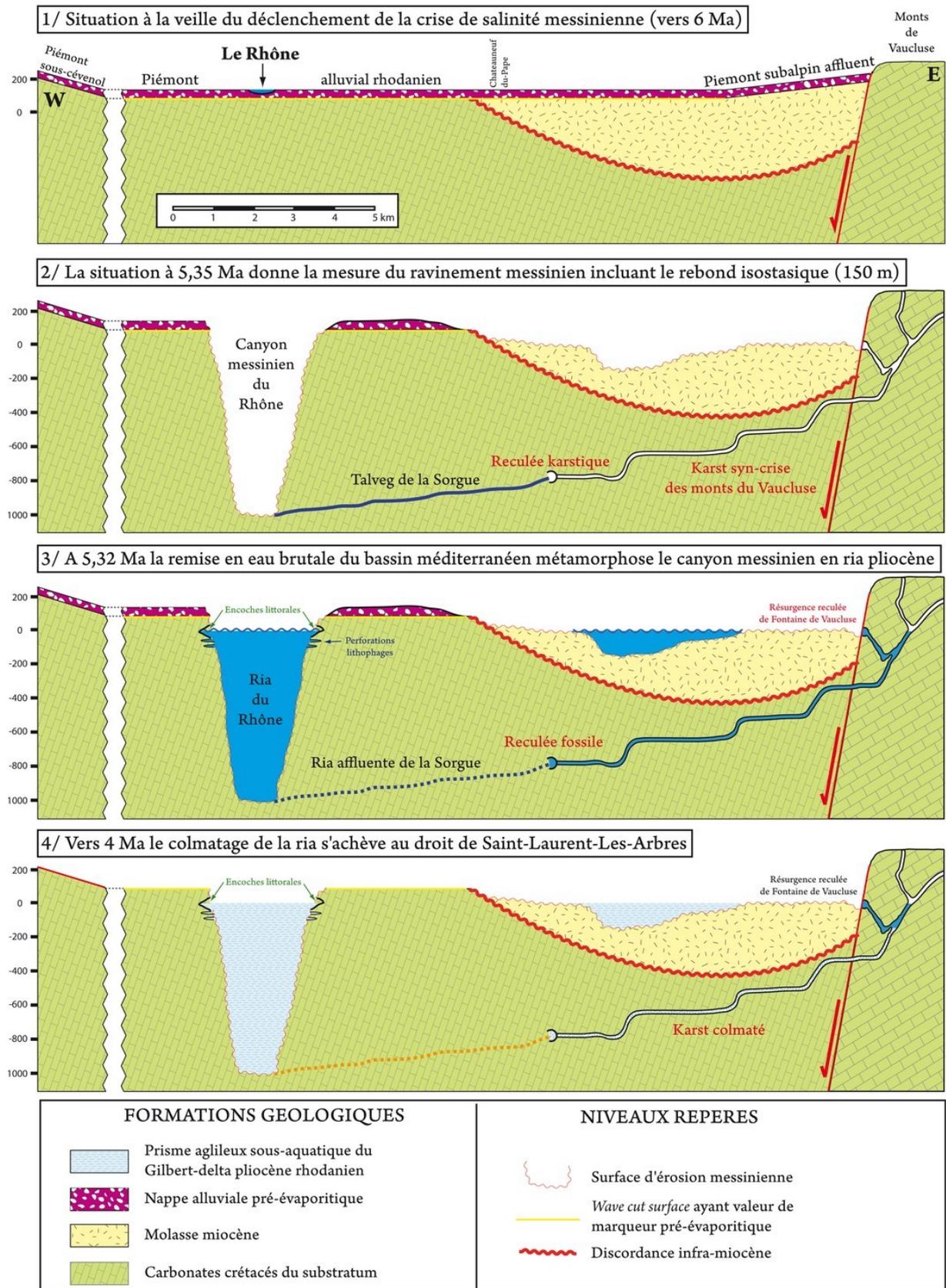


Figure 5 : Evolution géodynamique entre 6 et 4Ma du sillon rhodanien au droit de Chateauneuf-du-Pape

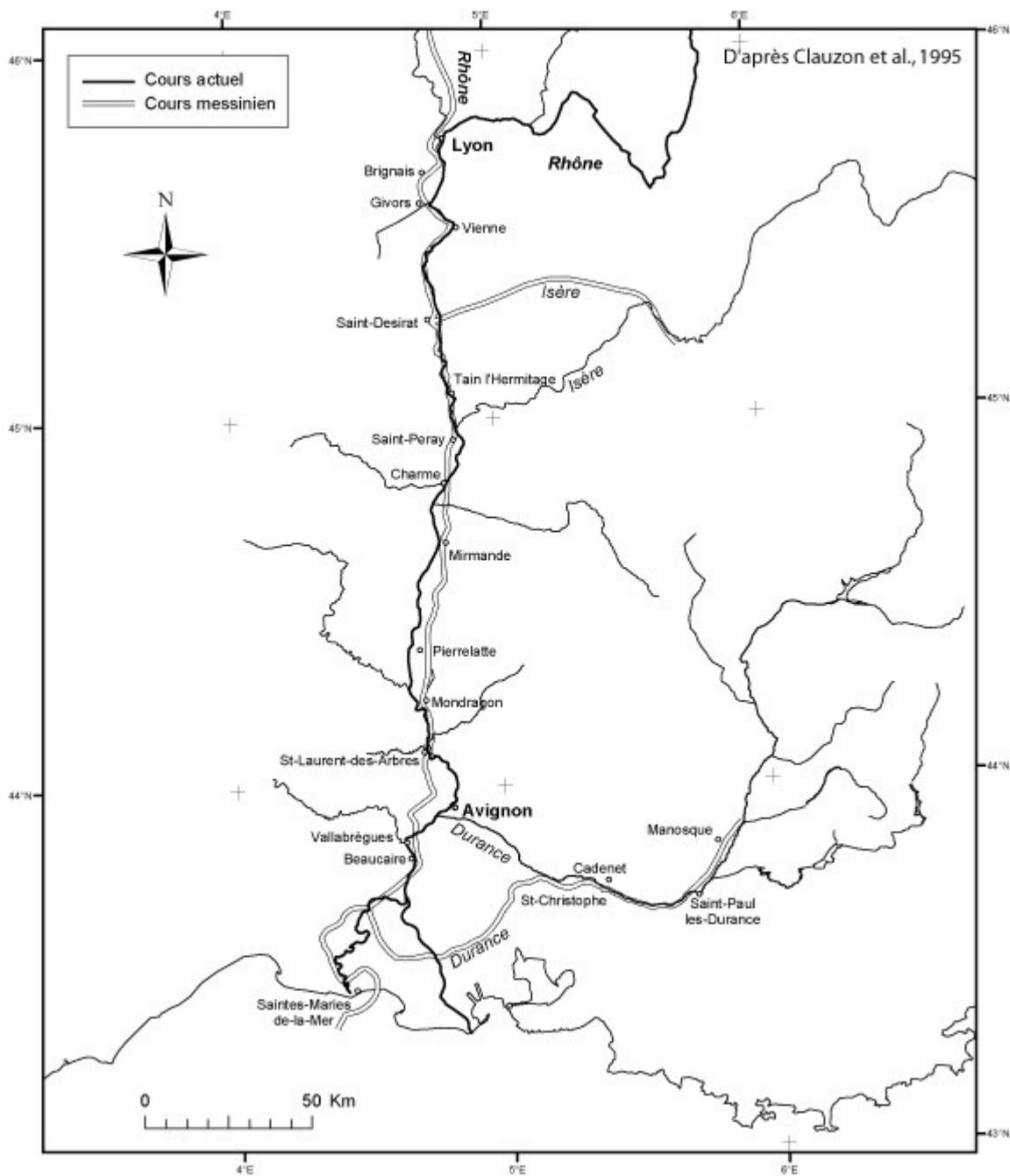


Figure 6 : Carte des vallées messinienne et actuelle du Rhône entre Lyon et la côte méditerranéenne (d'après Clauzon et al., 1995).

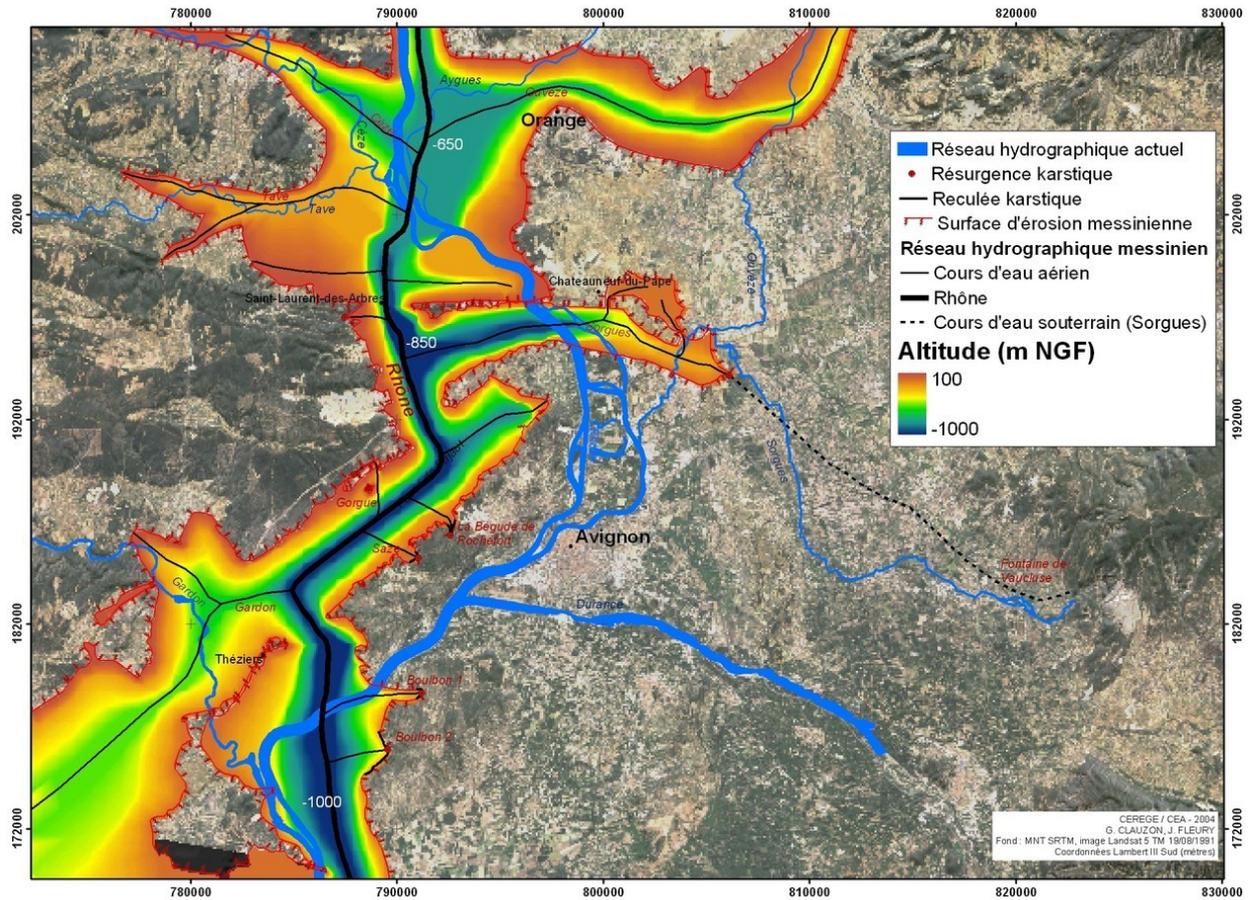


Figure 7 : Physiographie du ravinement messinien : réseau hydrographique, surface d'érosion et phénomènes karstiques (d'après Clauzon et al., 2004)

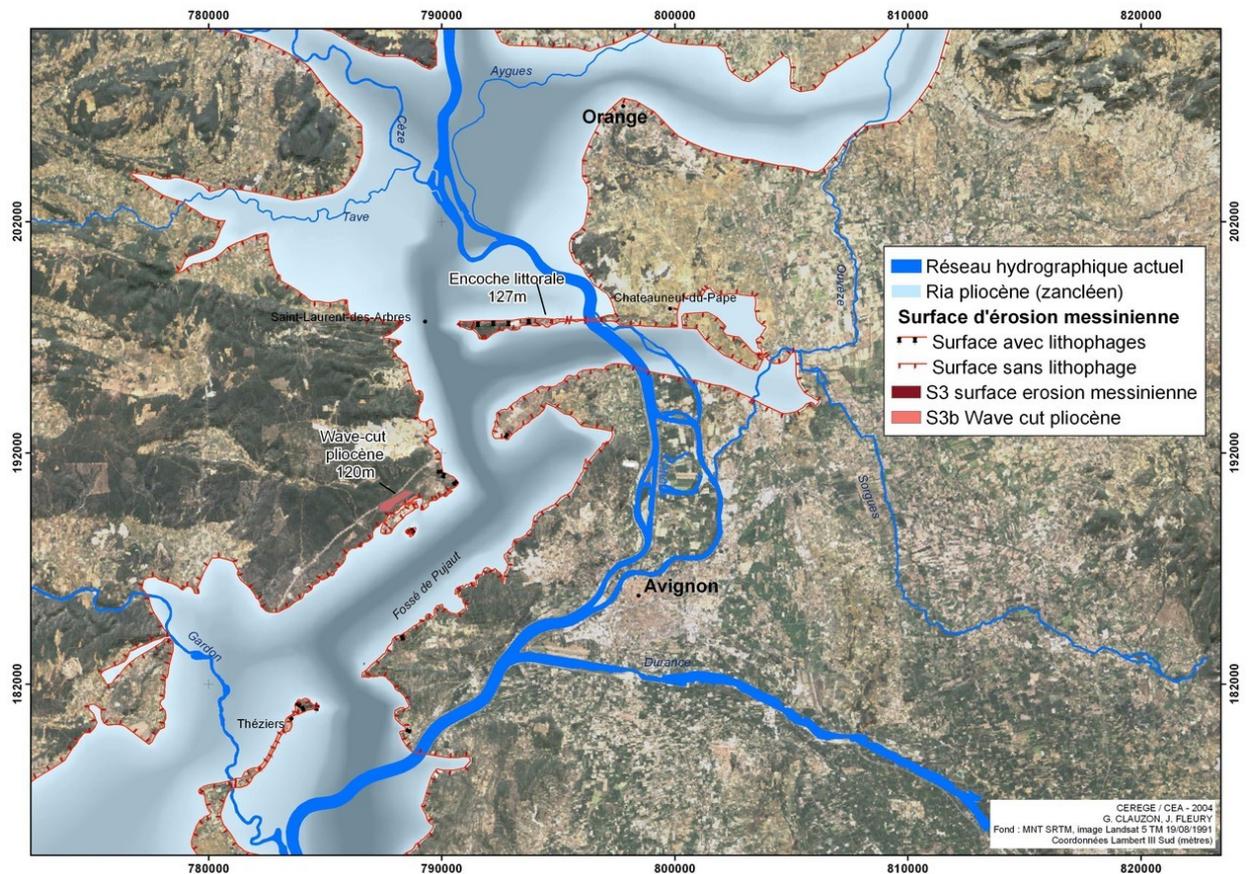


Figure 8 : Situation cartographique à 5.3 Ma, submersion en ria pliocène des canyons messiniens (d'après Clauzon et al., 2004).

## **ARRET 1 : Le fort Saint-André, Villeneuve-les-Avignon (figure 3 : Gard).**

La cote du fleuve est d'à peine + 20 m mais le Rhône coule en réalité dans un canyon inscrit dans le substratum crétacé qui affleure aussi bien à l'Ouest (massif des Angles, recouvert par du Miocène marin) qu'à l'Est (butte du Rocher des Doms qui supporte l'altier palais des Papes d'Avignon). Ce canyon n'est pas un canyon messinien. Il s'agit, en effet d'un **canyon quaternaire** avec un fleuve installé en contre-bas d'un système de terrasses étagées, lui-même subordonné au Miocène du plateau des Angles.

## **ARRET 2: Le graben de Pujaut.**

Depuis le village de Pujaut, en regardant vers le Sud, on bénéficie d'une vue panoramique en enfilade, très démonstrative quant à l'origine structurale interne de ce couloir doté d'une physiographie géométrique exemplaire avec ses bordures correspondant à des escarpements de ligne de faille exhumés. En effet, il s'agit d'un graben, d'orientation N 40°, délimité par deux failles majeures : à l'Ouest, celle de Pujaut et à l'Est, celle de Nîmes. Cette structure, comme l'ensemble du domaine carbonaté mésozoïque situé à l'ouest de la faille de Nîmes (plateaux gardois) est imputé à la phase pyrénéo-provençale, ce qu'attestent les plans de faille scellés par le Miocène de ces plateaux. A cela s'ajoutent des rejeux ultérieurs attestés par les déformations des formations miocènes, pliocènes, voire quaternaires. On a affaire à des structures polyphasées et, pour certaines, à des failles actives.

## **ARRET 3 : Le canyon messinien fossile du prieuré de Montézargues.**

L'escarpement de faille de Pujaut, qu'on peut suivre dans le paysage du fossé depuis cette localité, s'interrompt brutalement sur près de 2 km, au droit du prieuré. Cette coupure spectaculaire, orientée N-S, (par conséquent sécante par rapport à l'escarpement N° 40), abrite une **vallée morte** gorgée de sédiments détritiques fins, identiques à ceux du graben. Ce canyon est inscrit dans le substratum carbonaté crétacé déjà évoqué et il est encadré par deux versants qui se font face et qui offrent la particularité - sur toute leur hauteur affleurante - d'être criblés de perforations de lithophages ce qui atteste l'âge messinien du canyon (âge confirmé par les microfaunes pliocènes du remblaiement) qui n'est autre que celui du Rhône. La relation entre les deux objets morphologiques : le fossé de Pujaut et la vallée morte méridienne du canyon fossile est donc clairement une relation de surimposition stratigraphique, immédiatement antérieure au maximum flooding pliocène.

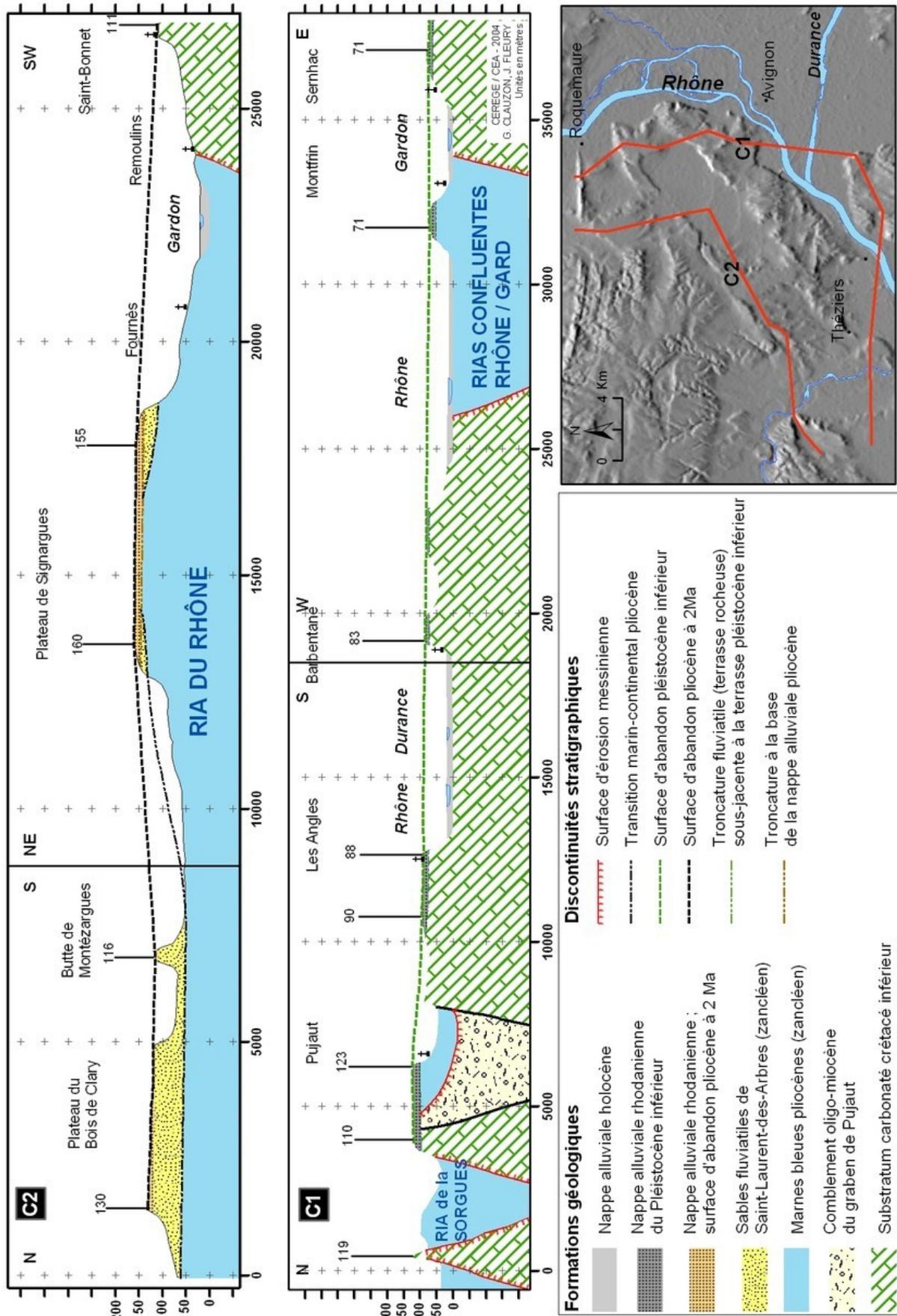


Figure 9 : Profils confrontés de 3 niveaux repères : C2, la transition marin/continental et la surface d'abandon pliocène; C1, la haute terrasse pléistocène (d'après Clauzon et al., 2004)

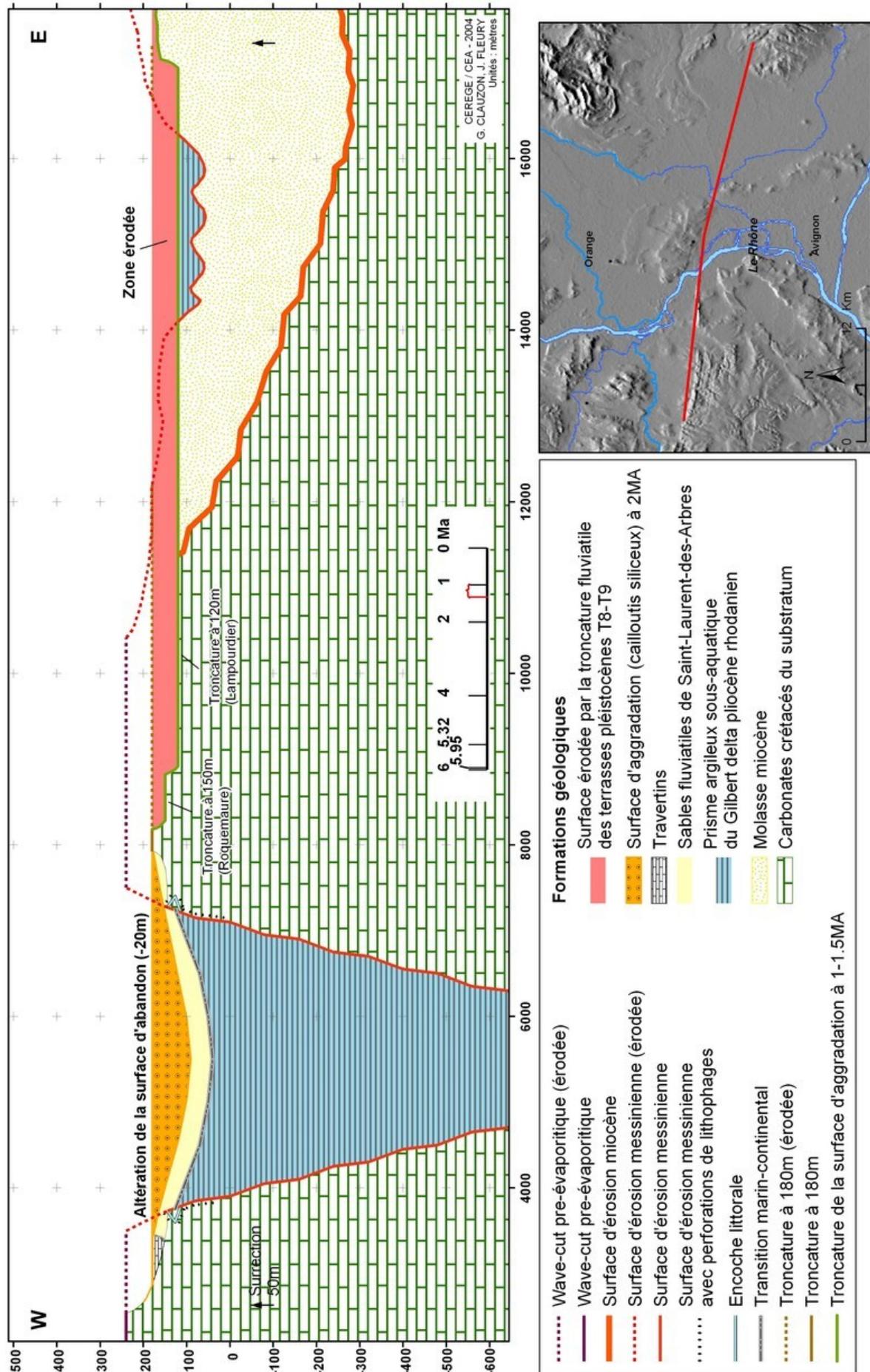


Figure 10 : situation vers 1.5 Ma, surrection tectonique, érosion pléistocène et amorce de l'épigénie quaternaire du Rhône (d'après Clauzon et al., 2004)

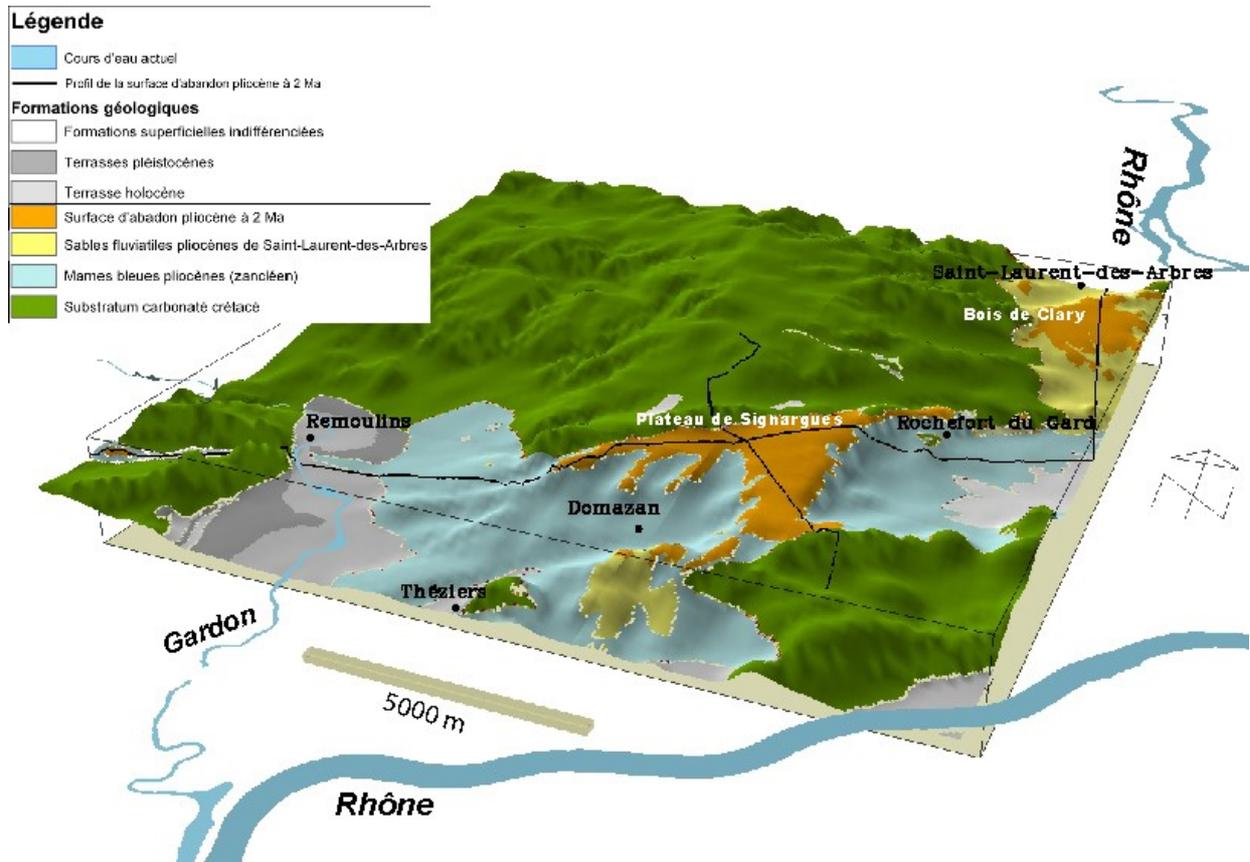


Figure 11 : bloc diagramme montrant la déformation longitudinale et transverse de la surface d'abandon pliocène au sud du fossé de Pujaut (d'après Clauzon et al., 2004)

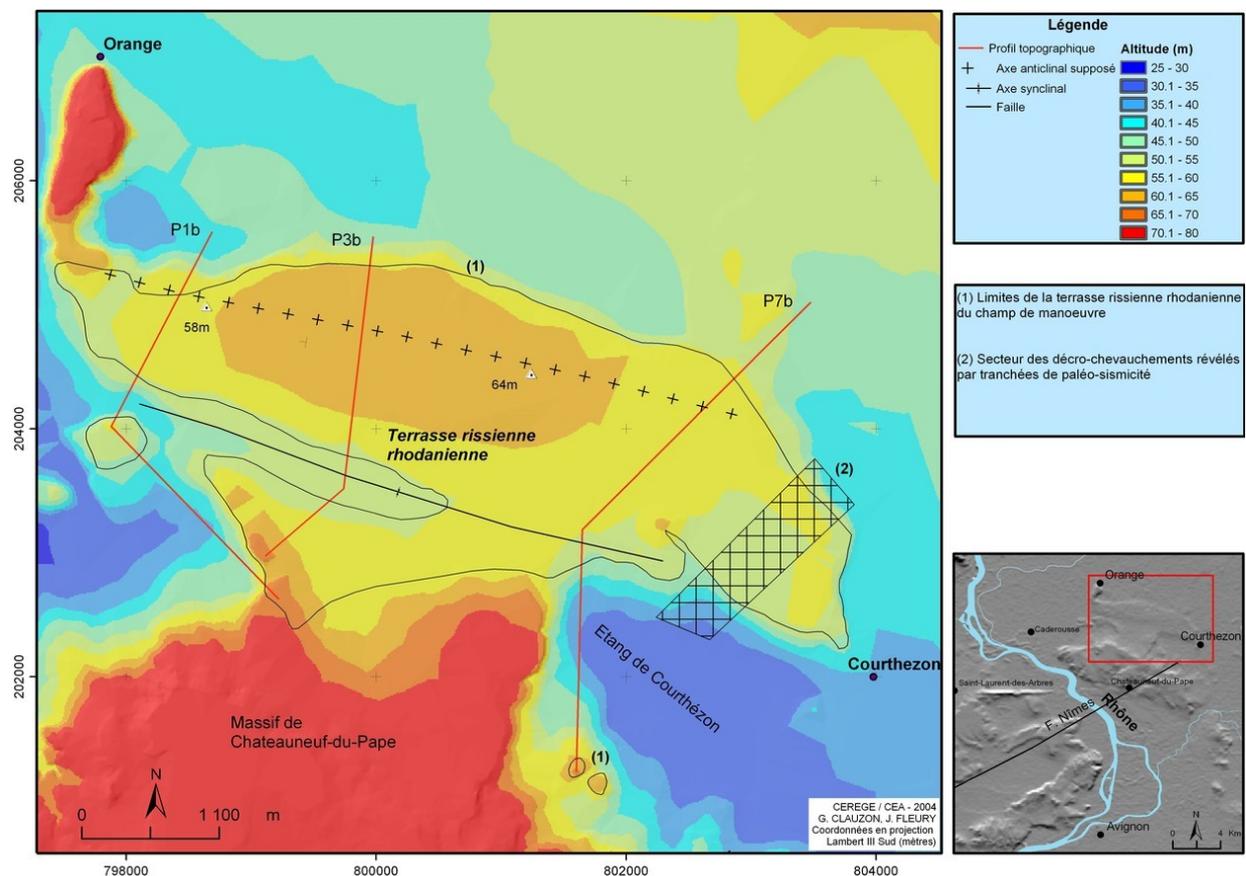


Figure 12 : localisation des profils de la terrasse rissienne rhodanienne du Champ de manoeuvre près d'Orange et des axes de déformation (d'après Clauzon et al., 2004)

## ARRET 4 : La reculée de la Gorgue (Rochefort-du-Gard).

Cette physiographie plurikilométrique de l'exokarst présente les mêmes signatures (lithophages & colmatage argilo-sableux) que le canyon tout proche du Rhône dont elle fut tributaire et contemporaine. Elle témoigne d'une activité karstique souterraine d'une grande efficacité. En effet, aussi bien tout au long du graben de Pujaut que du **canyon messinien du Rhône**, on relève la présence systématique -en témoignages latéraux- de **reculées** identiques à celle-ci qu'il convient d'interpréter comme des exutoires à forts débits de la karstogenèse contemporaine de la crise.



Figure 13 : La surface d'érosion messininne - exhumée entre 30 et 80m NGF sur le flanc nord de la barre de Roquemaure - recèle d'innombrables cavités karstiques criblées de perforations de lithophages pliocènes. Carrière Gontero (Gard), cliché L. Mocochain.

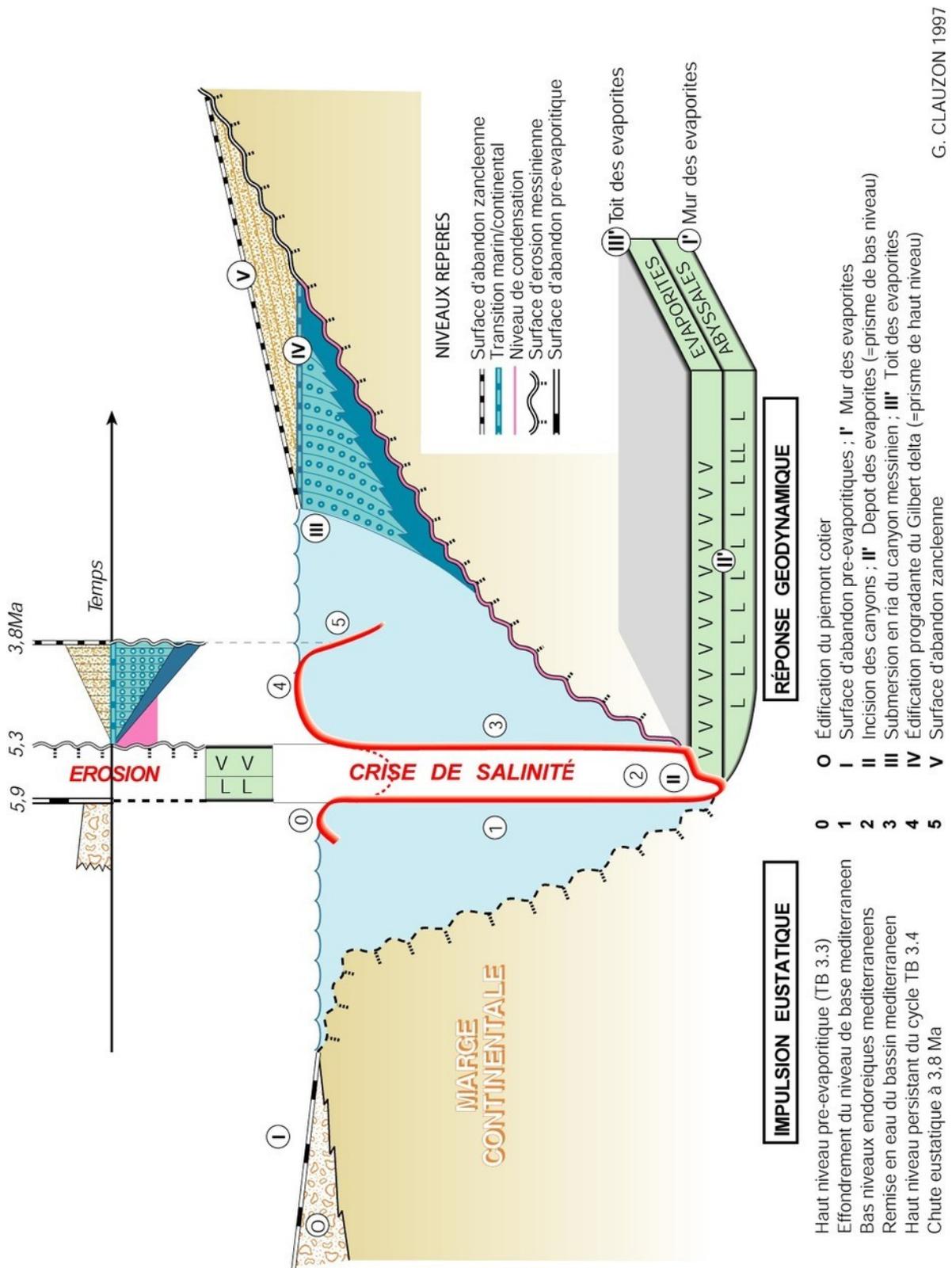


Figure 14 : Les impacts de la crise de salinité messinienne dans l'espace et dans le temps (d'après Clauzon et al., 2004).

## **ARRET 5 : La surface d'abandon du Bois de Clary (communes de Lirac & Tavel).**

Le prieuré de Montézargues, localisé au sein même de la vallée morte du Rhône, est adossé à une sorte de "butte-témoin" résiduelle intégrant le sommet du remblaiement pliocène. On y observe le passage d'un type de remblaiement sous-aquatique marin à des dépôts sub-aériens. Cette séquence continentale se termine par un niveau de cailloutis siliceux rhodaniens résultant d'une altération pédologique plio-quadernaire. Le vignoble de Tavel se développe sur cette formation qui lui convient parfaitement et qui lui vaut l'appellation de Châteauneuf-du-Pape. Les phénomènes d'altération périglaciaires sont très prononcés sur cette surface d'altération qui n'est autre que la **surface d'abandon du Gilbert-delta pliocène rhodanien**, daté à 2 Ma, par le gisement dauphinois de Vertébrés de Saint-Vallier.

## **ARRET 6 : Les témoignages multiples de la "montagne" de Saint-Geniès-de-Comolas.**

Le relief de cette échine carbonatée crétacée qui culmine à la cote NGF + 175 résulte du jeu chevauchant de la faille de Roquemaure, de direction E-W. Cet accident se voit imputer généralement (à cause de sa direction et de la troncature miocène qui l'affecte), un âge pyrénéen.

6.1.\_ L'exhumation et la karstification exogène du plan de la faille de Roquemaure.

Le versant nord de la "montagne" correspond à l'escarpement de faille exhumé créé par cet accident. Le phénomène s'est produit à la faveur du ravinement messinien et de l'intense karstification concomitante que confirment les observations précédentes.

6.2.\_ L'enregistrement biologique de la transition marin/continental.

Ce versant karstifié se trouve de surcroît criblé de perforations de lithophages. On remarque toutefois que celles-ci s'arrêtent brutalement sur une **encoche littorale élaborée par la remise en eau pliocène** datée à 5,3 Ma. Alors qu'elle fut façonnée à la cote + 70 NGF (Haq *et al.*, 1987), on la retrouve aujourd'hui à 126/127 m.

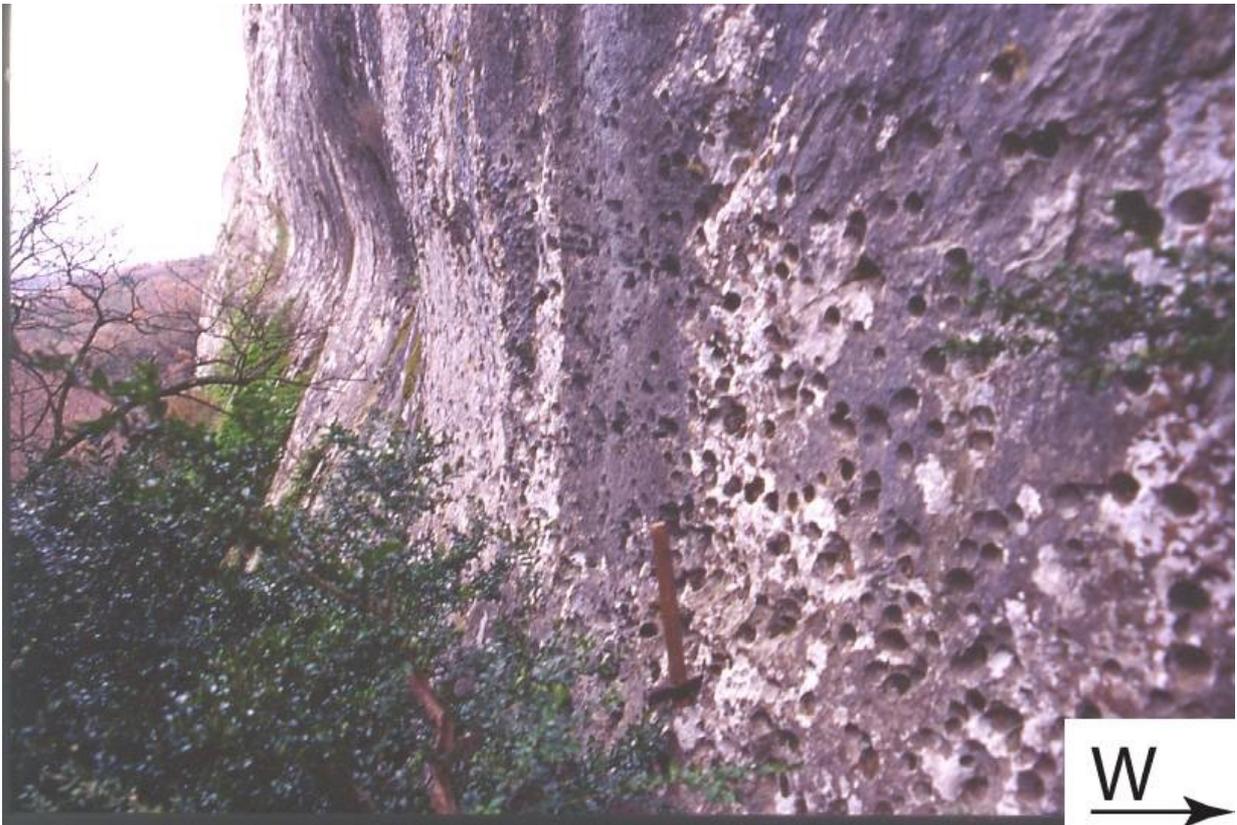


Figure 15 : Encoche littorale sommitale à 127m NGF criblée de perforations de lithophages (versant nord de la barre de Roquemaure au droit de Saint-Géniès-de-Comolas). Cliché A. Schlupp

### 6.3. L'enregistrement sédimentaire de la transition marin/continental au sud de Saint-Geniès (butte de la Vierge de Saint-Geniès).

Au pied de l'escarpement, cette transition se situe à la cote + 90 m soit près de 30 m en contre-bas de l'enregistrement biologique évoqué ci-dessus. Sans doute est-ce la **compaction** qui peut expliquer cet écart entre ces deux niveaux repères sub-contemporains. En privilégiant le témoignage biologique plus fiable -car conservé localement à l'abri d'une grotte karstique sphérique- on en déduit un exhaussement, postérieur à la remise en eau pliocène, de l'ordre de 40 mètres.

### 6.4. Le témoignage de la ligne de crête (175 m) de la "montagne" de Saint-Geniès.

Postérieurement à 2 Ma, le Rhône a dû migrer vers l'Est, sur plus de 10 km, depuis le Bois de Clary (à la verticale de son talveg messinien) jusqu'à la verticale de son cours actuel. Cette contrainte implique une inévitable troncature de la montagne de Saint-Geniès en admettant que l'altitude de celle-ci excédait son élévation présente. Le témoignage du travertin de Palus atteste qu'il en fut ainsi.

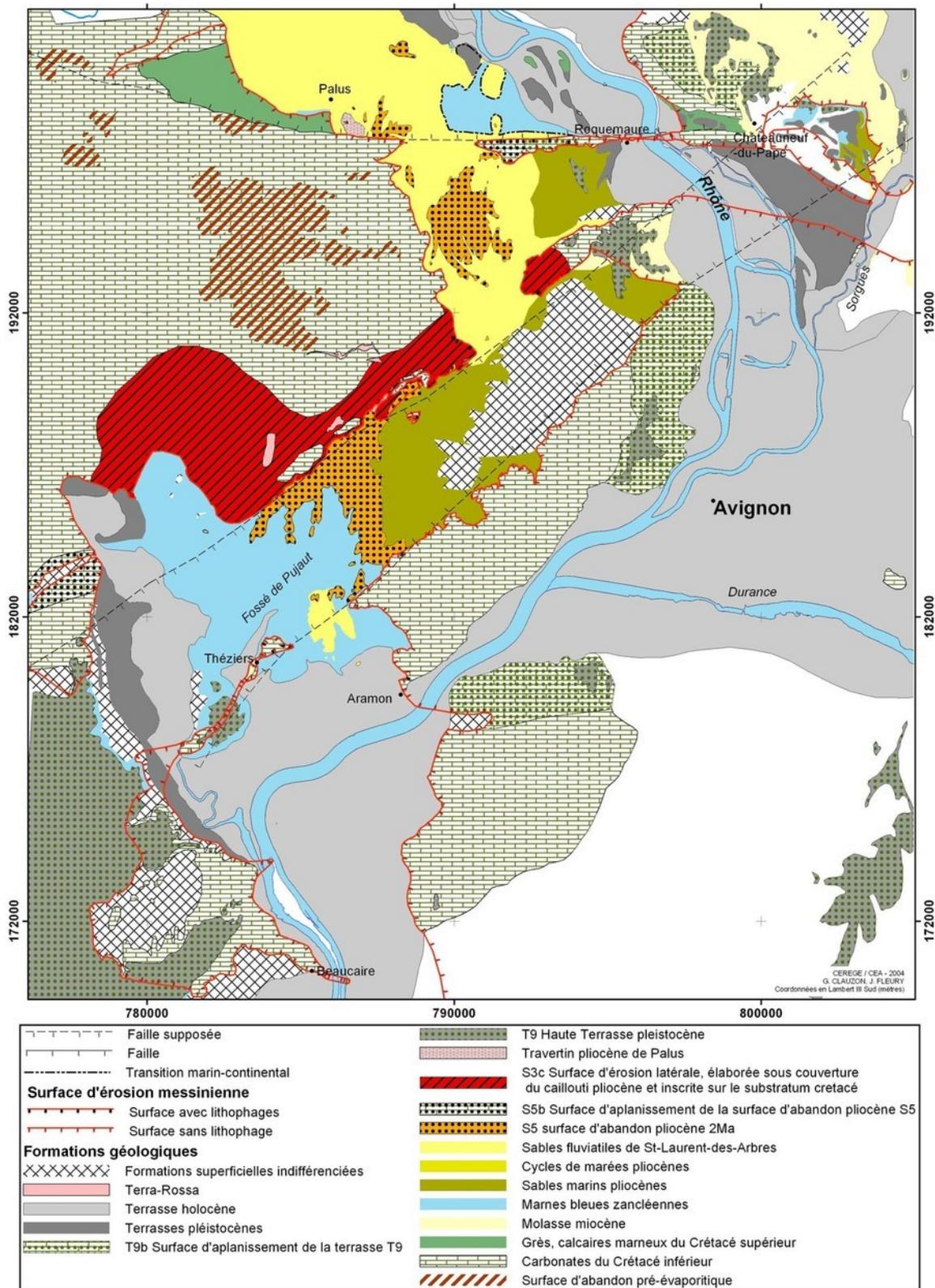


Figure 16 : Carte des niveaux repères messino-pliocènes et du système de terrasses quaternaires du réseau rhodanien (d'après Clauzon et al., 2004).

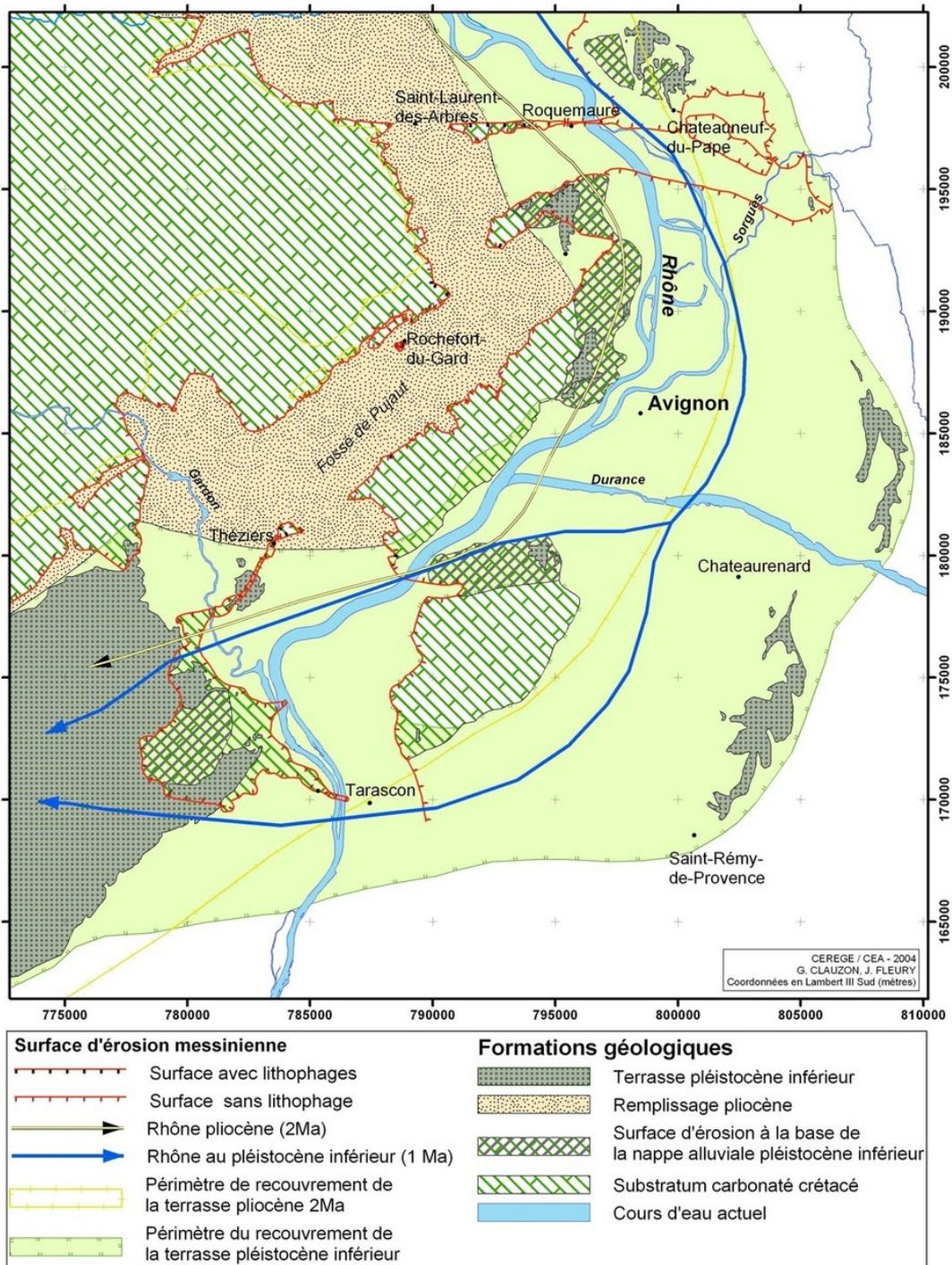


Figure 17 : Carte de la plus haute terrasse pléistocène (d'après Clauzon et al., 2004).

## 6.5. Les *bottom set beds* pliocènes.

Sous-jacents au Rhône, ainsi qu'en affleurements sur ses berges au nord de Saint-Geniès et, plus précisément, sur le site du mont Pégueirol, entre la transition marin/continental qu'on observe à + 90 NGF, et le lit du Rhône, ici à 30 m NGF, affleurent les *bottom set beds* rhodaniens dans leur faciès classique de marnes bleues fossilifères.

Naguère, elles firent l'objet d'une exploitation industrielle pour les besoins d'une tuilerie voisine. En rive droite du fleuve, les courts affluents du Rhône façonnent systématiquement ce faciès en *bad-lands*. Reste le problème de l'épaisseur de cette formation, en particulier de sa puissance accumulée sous le fleuve. Les profils sismiques dont on dispose à l'aval de Saint-Laurent-des Arbres, révèlent une épaisseur de l'ordre de 800-900 mètres.

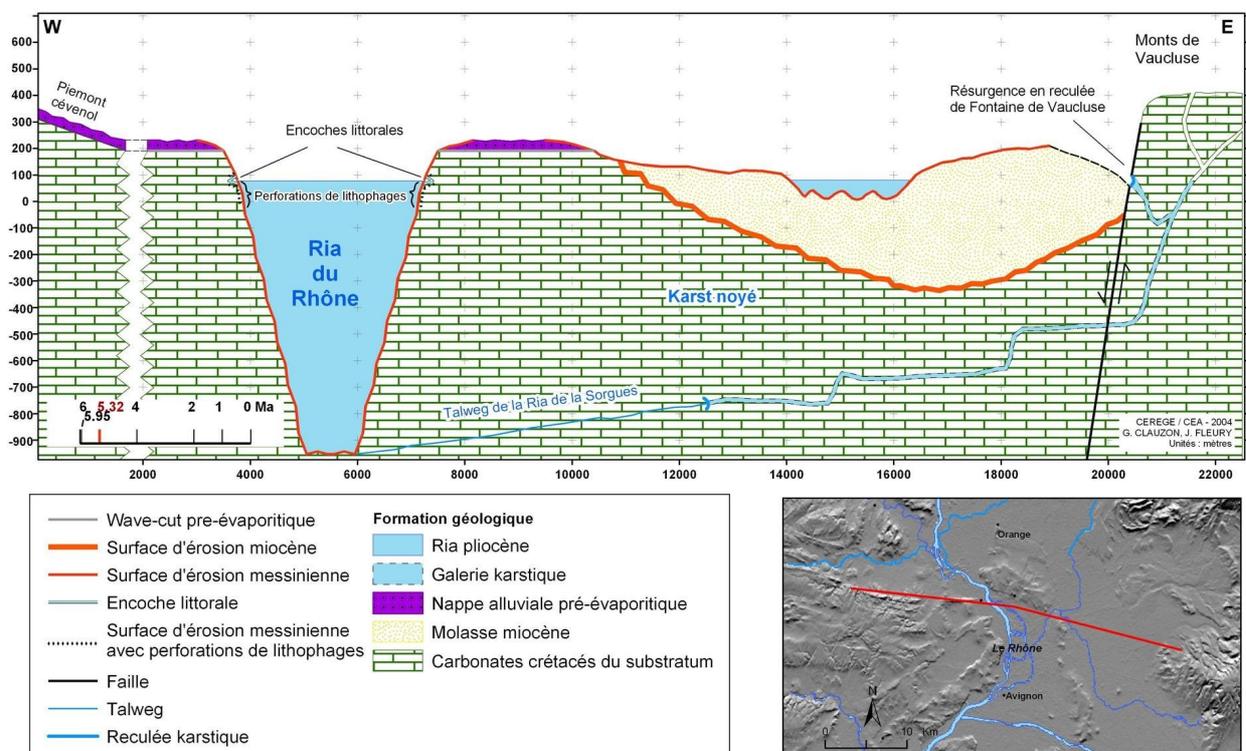


Figure 18 : Situation en coupe à 5.3 Ma lors de la remise en eau du bassin méditerranéen : les canyons messiniens sont métamorphosés en ria pliocène au sein desquels, sur côte rocheuse s'inscrit le Maximum Flooding Level. Le réseau karstique vadose messinien et ennoyé (d'après Clauzon et al., 2004)

## **ARRET 7 : Les ravinements messiniens en *bad-lands* de Châteauneuf-du-Pape (Gard).**

En contre-haut de la confluence Rhône/Ouvèze, au lieu dit Coulaire (commune de Bédarrides), la surface d'érosion messinienne s'intercale entre deux faciès assez similaires : à la base, une formation d'âge miocène moyen, de faciès sablo-argileux, et, en recouvrement, le Pliocène avec le faciès des marnes bleues qui vient d'être évoqué.

**Le " faciès morphologique " de la discordance (ravinement) est typiquement celui des *bad-lands*, tels qu'on les voit partout en Provence au moment des pluies d'automne.**

## **ARRET 8 : Le travertin de Palus (Gard).**

Il se localise au contact du substratum carbonaté crétacé, le long de la faille de Roquemaure qu'il s'employait à exhumer. Il paraît avoir été alimenté par une **résurgence karstique** du massif méridional dominant du Montaignut. **Le travertin est sub-horizontal et il entretient avec le cailloutis rhodanien des rapports complexes puisqu'il repose sur celui-ci en même temps que ce dernier, au toit, le recouvre.**

Quand on se rapproche de la faille bordière, une véritable interstratification s'opère et, pour finir, on relève qu'à la cote + 180 NGF, le toit du travertin est jonché de galets siliceux rhodaniens. C'est donc bien le Rhône qui, à cette altitude, a réalisé la troncature du substratum crétacé, lequel, en contre-haut, accuse une élévation de 250 mètres. Ainsi se manifestent les processus grâce auxquels **"l'épigénie d'aggadation"** a pu translater le cours du Rhône vers l'Est. Ils ont permis au Rhône, après s'être extrait de son cours messinien, de migrer plein Est sur près de 10 km jusqu'à la verticale de son futur cours quaternaire.

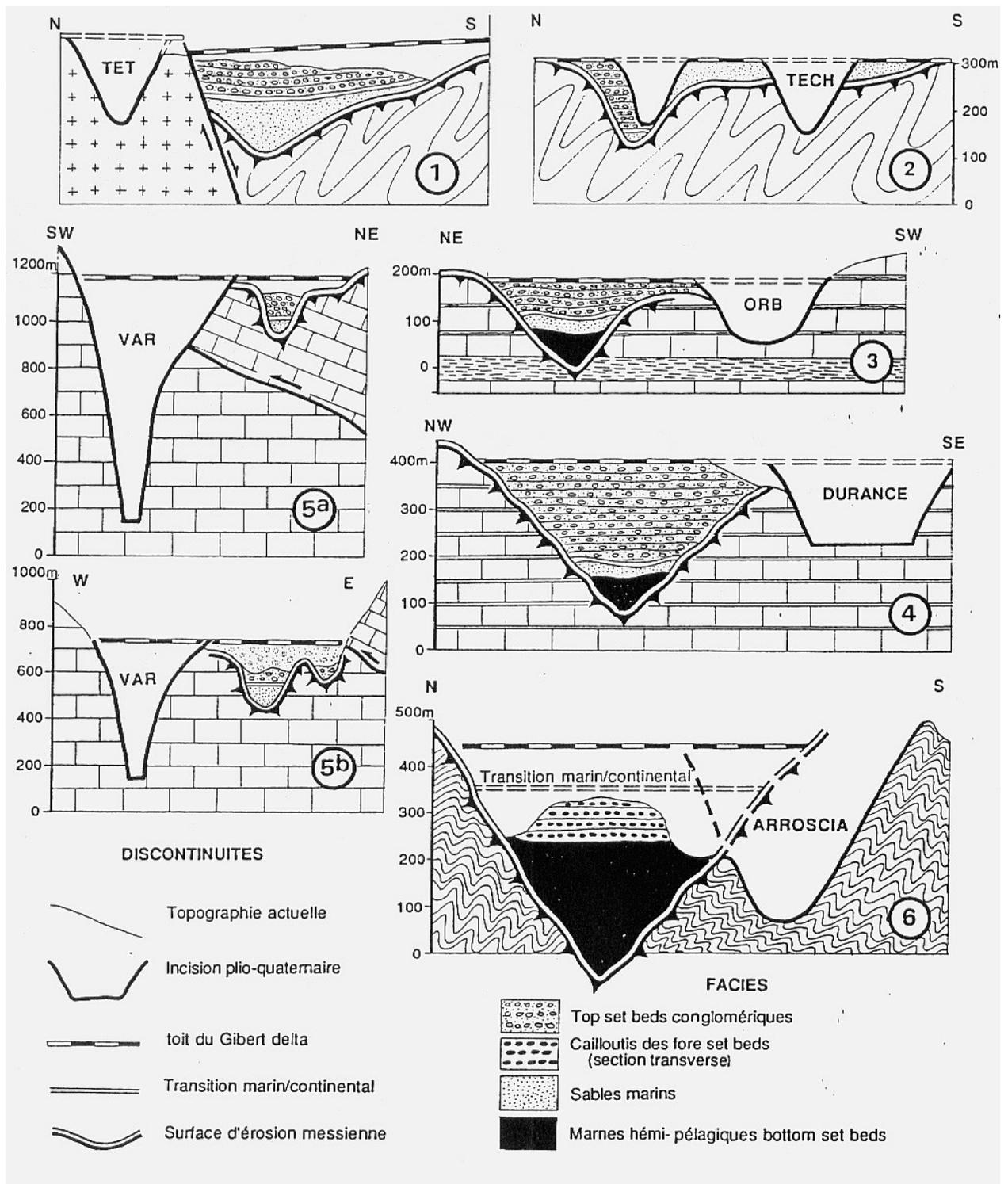


Figure 19 : différents exemples d'épigénie d'aggradation des rias péri-méditerranéennes (d'après Clauzon et Rubino, 2001).

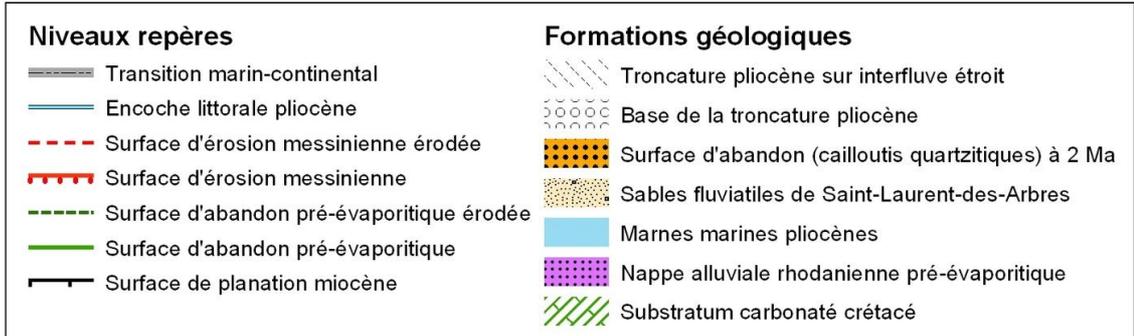
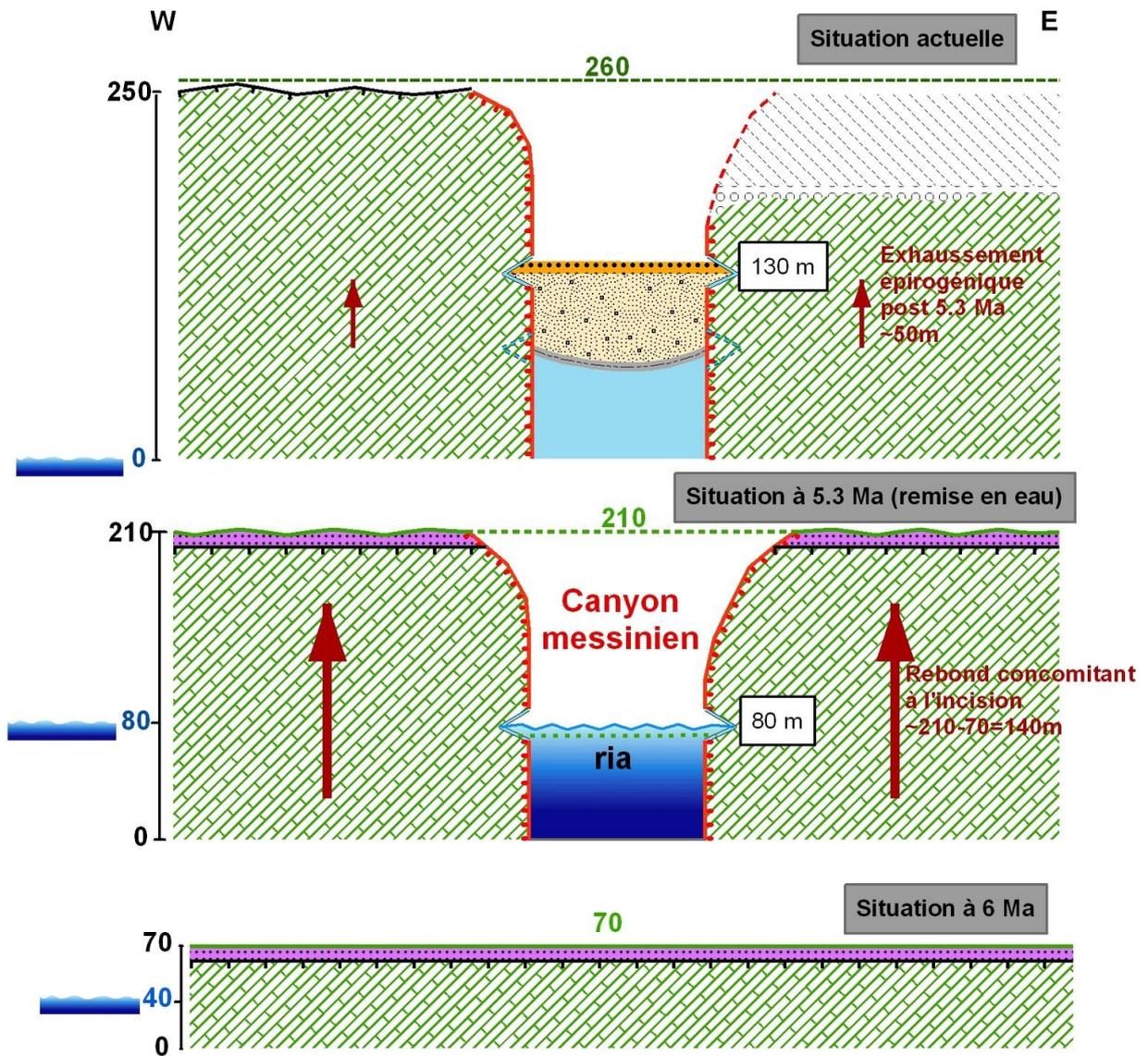


Figure 20 : morphogénèse schématique des reliefs pendant la crise de salinité messinienne (d'après Clauzon et al., 2004)

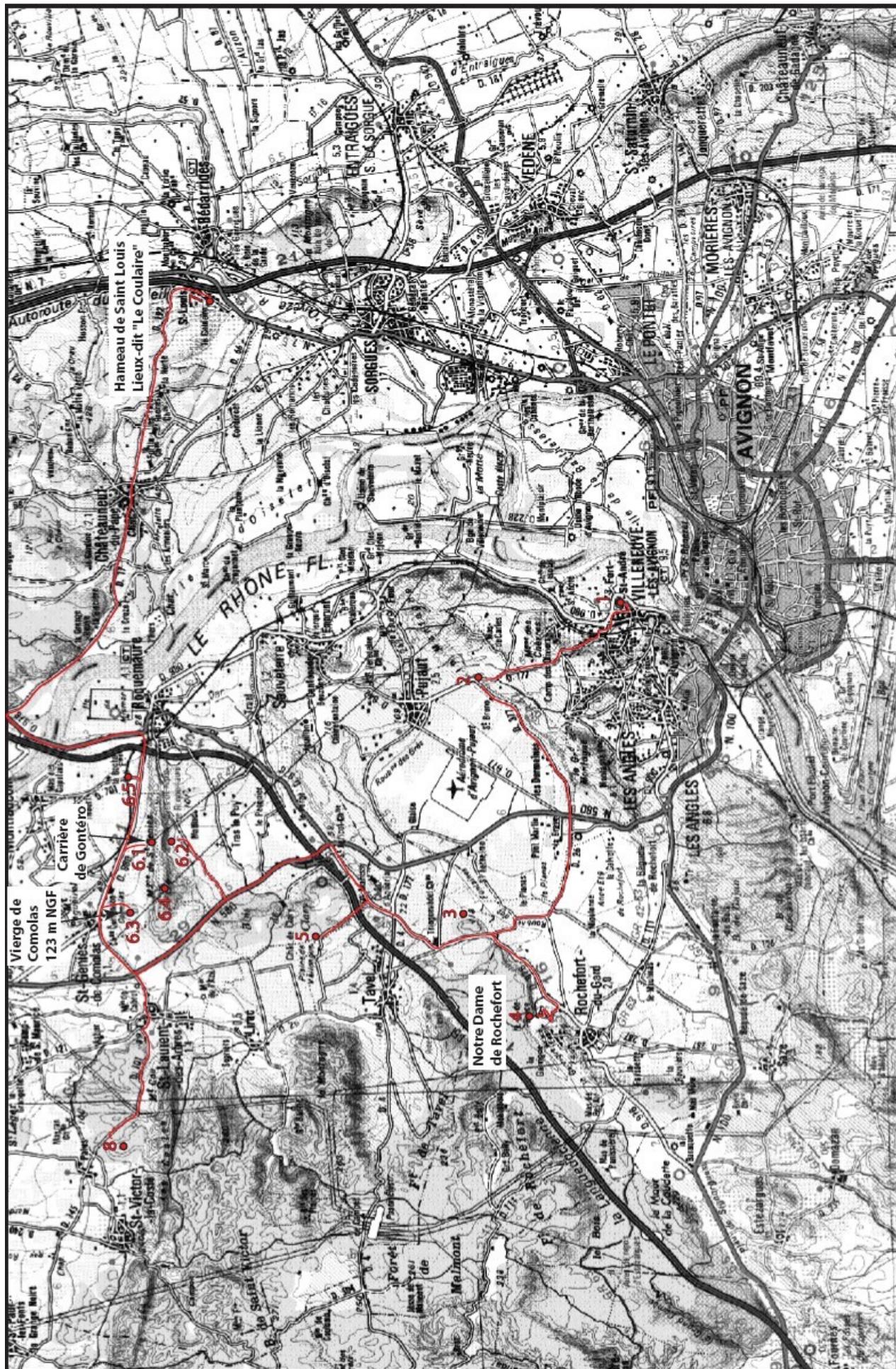
## Bibliographie

- Aguilar J.-P., Clauzon G., Michaux J. (1989).\_ La limite Mio-Pliocène dans le Sud de la France d'après les faunes de rongeurs; état de la question et remarques sur les datations à l'aide des rongeurs. *Boll. Soc. Paleontol. It.*, 28 (2-3), p. 137-145.
- Alabouvette B et Gros Y. (1997).\_ Cartographie géologique du canton de Bagnols-sur-Cèze : cadre structural et spécificité du site de Marcoule. In : ANDRA "*Journées scientifiques de Bagnols-sur-Cèze*", Résumés des communications, p. 14-15 et posters, p. 19.
- Ambert P. (1997).\_ Les formations alluviales quaternaires de rive droite du Rhône entre Pont-Saint-Esprit et Avignon. In : ANDRA "*Journées scientifiques de Bagnols-sur Cèze*", Résumés des communications, p. 23-24 et poster GG 12.
- ANDRA (1997).\_ *Journées scientifiques de Bagnols-su-Cèze* : a/ Communications, 53 p.; b/ Atlas des posters, 77p.
- Arnal H. (1966).\_ Contribution à l'étude des terrasses rhodaniennes : les surfaces situées au NW de Villeneuve-lès-Avignon (Gard). *Bull. Soc. géol. France*, (7), t. 8, p. 676-684.
- Aubouin J., R. Brousse, J.-P. Lehman (1968).\_ *Précis de Géologie. T3 : Tectonique, morphologie*. Dunod Université éd., 549 p.
- Ballesio R. (1972).\_ Etude stratigraphique du Pliocène rhodanien. *Doc. Lab. Géol. Fac. Sc. Lyon*, n° 53, 333 p.
- Barrière J. (1971).\_ Utilisation des paléosols comme éléments de datation des formations quaternaires. *C. R. Acad. Sci.*, (D), t. 272, p. 2426-2429.
- Barrière J. et Toni C., (1972).\_ Les Costières du Gard. Données nouvelles et interprétations. *Bull. Soc. languedocienne Géogr.*, (3), t. 6, N° 3, p. 231-276.
- Baulig H. (1928).\_ *Le plateau central de la France et sa bordure méditerranéenne*. Paris, A. Colin éd., 590 p.
- Beaufort L., Bruneau J., Grepin A. et Jullian Y. (1954).\_ Ampleur de l'érosion pontienne et du comblement pliocène en Camargue, *Bull. Soc. géol. France*, (6), t. 4, p. 175-184.
- Besson D., Clauzon G., Coueffe R., Dexcote Y., Ferry S., Jimenez G., Parize O., Rubino J.-L., Suc J.-P., Tessier B. (2002). *Le Néogène du bassin d'avant-pays rhodano-provençal*. Livret guide de l'excursion du congrès STRATI 2002, Lyon, 162 p.
- Blanc P.-L. (2000).\_ Of sills and straits : a quantitative assessment of the Messinian Salinity Crisis. *Deep-Sea Research I*, (47), 1429-1460.
- Bonnet A. (1963).\_ Nouvel essai de corrélation des terrasses rhodaniennes. *Bull. Soc. géol. France*, (7), V, p. 543-554.
- Bornand M. (1978).\_ *Altération des matériaux fluvio-glaciaires, genèse et évolution des sols sur terrasses quaternaires dans la moyenne vallée du Rhône*. Thèse Montpellier, 377 p.
- Bornand M. (1979).\_ Application de la méthode des bilans à l'étude de l'évolution pédologique des terrasses alluviales . Cas des cailloutis fluvio-glaciaires de la moyenne vallée du Rhône. *Science du Sol*, n° 2-3, p. 281-300.
- Bourcart J. (1962).\_ La Méditerranée et la révolution du Pliocène. *Mém. Soc. géol. France*, n° 1, Livre à la mémoire du Prof. Paul FALLOT, p. 105-116.
- Bourdier F. (1962).\_ *Le bassin du Rhône au Quaternaire*. *Géologie et Préhistoire*. CNRS éd., 364 .+ 293p.
- Braucher R., Boulès D., Brown E.T., Colin F. (2002).\_ Reevaluation of  $^{10}\text{Be}$  production by muons. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 6234, 1-15.
- Carbon D., Combes P., Cushing M., Granier T. (1993).\_ Enregistrement d'un paléoséisme dans les sédiments du Pléistocène supérieur dans la vallée du Rhône : quantification de la déformation. *Géologie Alpine*, t. 69, p. 33-48.
- Caziot E. (1890).\_ Etude sur le bassin pliocène de Théziers-Roquemaure (Gard). *Bull. Soc. géol. France*, (3), t. 19, p. 205-219.
- Chardon M. (1975).\_ Le rôle fondamental de la néotectonique quaternaire dans l'évolution morphologique de régions à l'ouest du Rhône entre l'Ardoise et Aramon. *Rev. Géogr. alpine*, t. LXIII, n° 2, p. 264-279.
- Chardon M. (1975).\_ L'évolution morphologique des régions à l'ouest du Rhône entre l'Ardoise et Aramon. Le réseau hydrographique et son évolution au Quaternaire. Versants et cuvettes de la dépression de Pujaut. *Rev. Géogr. alpine*, t. LXIII, n° 3, p. 313-328.

- Clauzon G. (1973). \_ The eustatic hypothesis and the pre-Pliocene cutting of the Rhone valley. *Init. Repts DSDP*, Washington, XIII, 2, p. 1251-1256.
- Clauzon G. (1978). \_ The Messinian Var canyon (Provence, Southern France). Paleogeographic implications. *Mar. Geol.*, 27, 3/4, p. 231-246.
- Clauzon G. (1982). \_ Le canyon messinien du Rhône : une preuve décisive du "desiccated deep-basin model" (Hsü, Cita et Ryan, 1973). *Bull. Soc. géol. France*, (7), xxIV, 3, p. 597-610.
- Clauzon G. (1989). \_ Un exemple de régularisation accéléré d'une côte à rias : le littoral méditerranéen français au Pliocène inférieur. *Bull. Centre de Géomorphologie de Caen.*, 36, p. 239-242.
- Clauzon G. (1990). \_ Restitution de l'évolution géodynamique néogène du bassin du Roussillon et de l'unité adjacente des Corbières d'après les données écostratigraphiques et paléogéographiques. *Paléobiol. continentale*. 17, p. 125-155.
- Clauzon G. (1996). \_ Limites de séquences et évolution géodynamique. *Géomorphologie*, n° 1, p. 3-22.
- Clauzon G. (1999). \_ L'impact des variations eustatiques du bassin de Méditerranée occidentale sur l'orogène alpin depuis 20 Ma. *Et. Géogr. Phys.*, 28, 1-8.
- Clauzon G. et Rubino J.-L. (1988). \_ Why proximal areas of Mediterranean Pliocene rias are filled by Gilbert type fan deltas ? Abstracts "Intern. Workshop Fan deltas", Cosenza, p. 13-14.
- Clauzon G. et Rubino J.-L. (1992). \_ *Les Gilbert-deltas pliocènes du Golfe du Lion et de Ligurie : des constructions sédimentaires originales consécutives à la crise de salinité messinienne*. Livret guide de l'excursion ASF, 127 p.
- Clauzon G. et Beaudoin B. (1994). \_ *La mémoire du fleuve. Chronique du Var depuis 6 Ma*. Film VHS, ANDRA producteur, 26'.
- Clauzon G. et Rubino J.-L. (2001). \_ *La crise de salinité messinienne et les Gilbert deltas pliocènes marqueurs de l'évolution géodynamique du Roussillon et du Conflent*. Livret guide de l'excursion GDR MARGES, Atelier Messinien, 24 p.
- Clauzon G., Aguilar J.-P. et Michaux J. (1987). \_ Le bassin pliocène du Roussillon (Pyrénées-Orientales) : exemple d'évolution géodynamique d'une ria consécutive à la crise de salinité messinienne. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, 304, II, p. 585-590.
- Clauzon G., Rubino J.-L. and Savoye B. (1995). \_ Marine Pliocene Gilbert-type fan deltas along the French Mediterranean coast. IAS 16<sup>th</sup> Regional Meeting of Sedimentology. Field trip Guide Book. *Publication ASF*, n° 23, p. 145-222.
- Clauzon G., Puig J.-M. et Guendon J.-L. (1997). \_ Livret-guide de l'excursion "Manifestations karstiques induites par le creusement messinien : exemples rhodano-duranciens", URA 903, Université de Provence, 63 p.
- Clauzon G., Aguilar, J.-P., Delannoy J.-J., Guendon J.-L., Klein C., Mandier P., Michaux J., Rubino J.-L. et Vaudour J. (1990). \_ Genèse et évolution du piémont néogène subalpin du Bas-Dauphiné. *Travaux URA CNRS 903*, t. 19, 78 p.
- Clauzon G., Rubino J.-L., Schlupp A. et Garoux-Torre C. (1999). \_ *Physiographie et architecture de la partie distale du remplissage de la ria pliocène du Rhône (Camargue, Provence)*. Poster, Congrès ASF, Nancy.
- Clauzon G., Fleury J., Schlupp A., 2004 \_ Evolution géodynamique du Bas-Rhône (section Orange/Beaucaire) depuis 6 Ma. Apport de la méthode des niveaux repères messiniens ainsi que des terrasses quaternaires intégrés à l'outil SIG. Rapport CEA/CEREGE, 90 p.
- Combes P., Carbon D., Cushing M., Granier T. et Vaskou P. (1993). \_ Mise en évidence d'un paléoséisme pléistocène supérieur dans la vallée du Rhône : implications sur les connaissances de la sismicité en France. *C. R. Acad. Sci. Paris*, t. 317, II, p. 689-696.
- Combes P., Carbon D., Cushing M., Granier T., Grellet B. et Jorda M. (1994). \_ Paléo-événements sismiques du Pléistocène moyen et supérieur en France : exemples de Courthézon (vallée du Rhône) et de Meilhan (Landes). *Actes du Colloque GEOPROSPECTIVE - Paris, UNESCO*, p. 275-287.
- David S. (2001). \_ La région de Châteauneuf-du-Pape (Vaucluse). *Evolution géomorphologique pliocène et quaternaire*. Mém. DEA, Univ. Provence, 67 p.
- Demarcq G. (1970). \_ Etude stratigraphique du Miocène rhodanien. *Mém. B.R.G.M.*, n° 61, 257 p.
- Denizot G. (1939). \_ La Crau, la Camargue et l'Etang de Berre. *Trav. Lab. Géol. Fac. Sci. Univ. Aix-Marseille*, 2, 5-157.
- Denizot G. (1952). \_ Le Pliocène dans la vallée du Rhône. *Rev. Géogr. Lyon*, t. 27, n° 4, p. 327-357.
- Depéret C. (1890). \_ Note sur le Pliocène et sur la position stratigraphique des couches à congéries de Théziers (Gard). *Bull. Serv. Carte géol. France*, t. 2, n° 16, p. 273-282.
- Erhart H. (1956). \_ *La genèse des sols en tant que phénomène géologique : biostasie et rhexistasie*. Masson éd., Paris, 83 p.

- Ferry S., Ballesio R. et Monier P. (1997). \_ Modalités du remplissage sédimentaire de la ria pliocène du Rhône. Problèmes en suspens après les premiers travaux ANDRA. ANDRA, *Journées scientifiques de Bagnols-sur-Cèze*, Poster GG 11, p. 22-23.
- Fontannes F. (1882). \_ Note sur l'extension et la faune de la mer pliocène dans le Sud-Est de la France. *Bull. Soc. géol. France*, (3), t. 2, p. 103-141.
- Gabert J. (1965). \_ La Montagnette et son cadre de plaines rhodaniennes. *Méditerranée*, 6, 4, 251-270.
- Gabert J. (1969). \_ Les terrasses quaternaires et la néotectonique dans la région de Châteauneuf-du-Pape. *Méditerranée*, t. 10, n° 4, p. 371-382.
- Gabert J. (1969). \_ Morphologie des pays du Bas-Rhône dans la région d'Avignon. *Etudes vauclusiennes*, n° 2, p.1-14.
- Gargani J. (2004). \_ Eustatisme, érosion et isostasie flexurale : modélisation numérique appliquée au Rhône messinien. *C. R. Geosciences*, t. 336, p. 901-907.
- Gargani J. (2004). \_ Modelling of the erosion in the Rhone valley during the Messinian crisis (France). *Quaternary International* 121, p. 13-22.
- Gautier F., Clauzon G., Suc J.-P., Cravatte J. et Violanti D. (1994). \_ Age et durée de la crise de salinité messinienne. *C. R. Acad. Sc. Paris*, (2), 318, p. 1103-1109.
- Genesseeux M. et Lefebvre D. (1980). \_ Le Golfe du Lion et le paléo-Rhône messinien. *Géol. Méditer.* 7, 1, P. 71-80.
- Gilbert G.K. (1885). \_ The topographic features of the shorelines. *U.S. geol. Surv. Rap.*, Washington, 5, P. 75-123.
- Glangeaud L. (1962). \_ Paléogéographie dynamique de la Méditerranée et de ses bordures . Le rôle des phases ponto-plio-quaternaires. In " Océanographie géologique et géophysique de la Méditerranée occidentale"- *Colloque CNRS*, 1961, 125-165.
- Glangeaud L. (1967). \_ Epirogenèses ponto-plio-quaternaires de la marge continentale franco-italienne du Rhône à Gênes. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 7, 9, 3, 426-449.
- Gosse J.C. and Phillips F.M. (2001). \_ Terrestrial in situ cosmogenic nuclides : Theory and application. *Quat. Sci. Rev.*, 20, 1475-1560.
- Grellet B., Combes P., Carbon D. (1997). \_ Néotectonique et sismicité du Gard rhodanien. In : ANDRA "Journées scientifiques de Bagnols-sur-Cèze", Résumé des communications, p. 25-26 et poster GG 14.
- Guennoc P., Gorini C. and Mauffret A. (2000). \_ Histoire géologique du Golfe du Lion et cartographie du rift oligo-aquitainien et de la surface messinienne. *Géol. France*, 3, p. 67-97.
- Guérin C., Ballesio R. et Méon-Vilain H. (1969). \_ Le *Dicerorhinus megarhinus* (Mammalia, Rhinocerotidae) du Pliocène de Saint-Laurent-des-Arbres (Gard). *Docum. Lab. Géol. Fac. Sci. Lyon*, n° 31, p. 55-145.
- Guérin C. et Mein P. (1971). \_ Les principaux gisements de mammifères miocènes et pliocènes du domaine rhodanien. *Docum. Lab. Géol. Univ. Lyon*, h. Sér., 1, p. 131-170.
- Haq B.U., Hardenbol J., Vail P. (1987). \_ Chronology of the fluctuating sea levels since the Triassic. (250 million years ago to present). *Science*, 235, p. 1156-1167.
- Hsü K.J., Cita M.B. and Ryan W.B.F. (1973). \_ The origin of the Mediterranean evaporites. *Init. Repts DSDP*, Washington, XIII, 2, p. 1203-1231.
- Hugonie G. (1968). \_ Observations géomorphologiques dans la dépression de Pujaut (Gard). *Bull. Ass. Géogr. fr.*, 366-367, 271-284.
- Lamothe (de) L. (1901). \_ Etude comparée des terrasses des vallées de l'Isère, de la Moselle , du Rhin et du Rhône. Preuve que leur formation est due à des oscillations eustatiques du niveau de base. *Bull. Soc. géol. France*, (4), t. 1, p. 283-297.
- Lofi J., Rabineau M., Gorini C., Berné S., Clauzon G., De Clarens P., Moutain G.S., Ryan W.B.F., Steckler M.S. and Fouchet C. (2003). \_ Plio-Quaternary prograding cliniform wedges of the Western Gulf of Lions continental margin (NW Mediterranean) after the Messinian Salinity Crisis. *Mar. Geol.*, 198, 289-317
- Lofi J., Gorini C., Berné S., Clauzon G., Tadeu Dos Reis A., Steckler M.S., Ryan W.B.F. (2002) Short-term consequences of the Messinian Salinity crisis event on the evolution of the Gulf of Lion margin (France). *Earth and Planet. Sci. Let.*,
- Mandier P. (1988). \_ Le relief de la moyenne vallée du Rhône au Tertiaire et au Quaternaire. Essai de synthèse paléogéographique. *Docum. BRGM*, 151, 654 + 231 p.
- Mattauer M. (2002). \_ Commentaire sur l'article : "Mouvement post-messinien sur la faille de Nîmes..." par A. Schlupp et al. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 173, 6, pp. 595.
- Michaux J. (1966). \_ Sur deux faunules de Micromammifères trouvées dans les assises terminales du Pliocène en Languedoc. *C. R. somm. Soc. géol. France*, fasc. 9, p. 343-344.
- Mocochain L., Clauzon G, Bigot J-Y. (à paraître). \_ Réponses de l'endokarst ardéchois aux variations eustatiques génératrices de la crise de salinité messinienne. *Bull. Soc. géol. France*.
- Montjuvent G., Masse P.J., Ballesio R., Masse J.P., Alabouvette B. (1991). \_ Carte géol. France (1/50 000), feuille **Avignon** (940), Orléans : BRGM.

- Montjuvent G., Masse J.P., Ballesio R., Masse J.P., Alabouvette B., Blavoux B., Duplias G., Granier J., Philip J. (1991).\_ Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille **Avignon** (940). Orléans : BRGM.
- Pascual G. (1978).\_ Présence d'une faille à rejeu quaternaire au Cellier des Princes, Courthézon (Vaucluse). *Géol. Médit.*, V, 3, p. 325-326.
- Peulvast J-P. (1971).\_ Contribution à l'étude morphostructurale du Bas-Rhône : l'évolution morphologique de l'escarpement lié à la faille de Roquemaure. *Bull. Ass. Géogr. fr.*, 391-392, 331-345.
- Peulvast J-P., Baroux E., Bellier O. et Sebrier M. (1999).\_ Le problème de l'activité des failles de Nîmes, de Salon-Cavaillon et de la Moyenne Durance (SE de la France) : apports de la géomorphologie structurale. *Géomorphologie*, 4, 327-358.
- Rehault J-P., Boillot G. and Mauffret A. (1984).\_The Western Mediterranean Basin geological evolution. *Mar. Geol.*, 55 (3-4), 445-475.
- Rubino J-L., Clauzon G., Schlupp A. et Garoux-Torre C. (2001).\_ Physiographie et architecture du remplissage de la partie distale de la ria pliocène du Rhône (Camargue, Provence). GDR MARGES, Chantier "Golfe du Lion", Atelier Messinien, Perpignan, 20-22.
- Ryan W.B.F. (1976).\_ Quantitative evaluation of the depth of the Western Mediterranean before, during and after the Late Miocene salinity crisis. *Sedimentology*, 23, p. 791-813.
- Ryan W.B.F., Hsü K.J. et al., (1973).\_ *Init. Repts DSDP, Washington, XIII, 1, 2*
- Ryan W.B.F. and Pitman W.C. (2000).\_ Modeling the Mediterranean's Salinity Crisis : Chronology, Sedimentary cycles, Erosion surfaces and the Role of sills. In : *Atelier "Golfe du Lion", GDR "Marges", P. 32.*
- Schaller M., von Blanckenburg F., Hovius N., Kubick P.W. (2001).\_ Large-scale erosion rates from in situ-produced cosmogenic nuclides in European river sediments. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 188, 441-458.
- Schlupp A., Clauzon G. et Avouac J-P. (2001).\_ Mouvement post-messinien sur la faille de Nîmes : implications pour la sismotectonique de la Provence. *Bull. Soc. géol. France*, t. 172, n° 6, p. 697-711.
- Schlupp A, Clauzon G. et Avouac J-P. (2002).\_ Réponse. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 173, 6, 592-594.
- Schlupp A, Clauzon G. et Avouac J-P. (2002).\_ Réponse. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 173, 6, 596-597.
- Schwobthaler J.-P. et Vogt H. (1955).\_ Aspects de la morphogenèse plio-quaternaire dans le Bas-Rhône occidental. *Bull. Soc. languedocienne Géogr.*, (2), tXXVI, n° 1, p. 13-60 ; N° 2, p. 67-130.
- Séranne M. (2002).\_ Commentaire sur l'article : mouvement post-messinien sur la faille de Nîmes par Schlupp et al., 2001. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 173, 6, 589-591.
- Siame L., Bellier O., Braucher R., Sébrier M., Cushing M., Bourlès D., Hamelin B., Baroux E., de Voogd, Raisbeck G., Yiou F. (2004).\_ Local erosion rates versus active tectonics : cosmic ray exposure modelling in Provence (south-east France). *Earth Planet. Sci. Lett.*, 7010, p. 1-21.
- Vail P.R., Colin J-P., Jan du Chêne R., Kuchly J., Mediavilla F. et Trifilieff V. (1987).\_ *Bull. Soc. géol. France*, 8, 3, 7, 1301-1321.
- Vigneron J., Barrière J. et Arnal H. (1966).\_ Sur les formations quaternaires du rebord sud de l'étang de Pujaut (Gard). *C. R. somm. Soc. géol. France*, fasc. 1, p. 91.



Itinéraire de la journée du 10 septembre