



ELSEVIER

Available online at www.sciencedirect.com

SCIENCE @ DIRECT®

C. R. Geoscience 337 (2005) 1277–1283



<http://france.elsevier.com/direct/CRAS2A/>

Tectonique

Nouvelle interprétation tectonique de la montagne Sainte-Victoire (Provence, France)

Jean Ricour^{a,*}, Ion Argyriadis^b, Raymond Monteau^c

^a Résidence Valmante F1, 13009 Marseille, France

^b 975 chemin du Pré-de-Caune, La Croix-du-Sud, 83740 La Cadière-d'Azur, France

^c 258, bd Romain-Rolland, La Pauline B 12, 13009 Marseille, France

Reçu le 1^{er} février 2005 ; accepté après révision le 5 juillet 2005

Disponible sur Internet le 24 août 2005

Présenté par Michel Durand-Delga

Résumé

L'objet de ce travail est de démontrer que la théorie couramment admise pour expliquer la tectonique de la montagne Sainte-Victoire, située à une douzaine de kilomètres à l'est d'Aix-en-Provence, au nord de la Provence calcaire, n'est pas valable. À l'est, la morphologie de la Sainte-Victoire est atténuée, alors que, vers l'ouest, avant que la montagne ne s'interrompe brutalement, elle est celle d'une montagne jeune, qui s'apparente aux paysages alpins. Cet aspect inhabituel dans la région et les importantes failles subverticales à surfaces striées verticalement, qui limitent le massif au sud et à l'ouest, nous font penser à des mouvements verticaux importants et nous amènent à rejeter l'interprétation tectonique qui en a été donnée en 1962 par Corroy et al. Selon ces auteurs, la Sainte-Victoire serait un ensemble de terrains jurassiques et crétacés chevauchant, de 1800 m vers le sud, des brèches de la fin du Crétacé ou du Paléocène. De nouvelles observations sur la transgression des brèches sur le substratum jurassique et crétacé et sur les accidents tectoniques autour et sur le massif n'apportent aucun élément de preuve d'un chevauchement, mais au contraire nous font penser à un exhaussement, peut-être encore actif, en forme de touche de piano, dont la surface est inclinée vers le nord-est. **Pour citer cet article : J. Ricour et al., C. R. Geoscience 337 (2005).**

© 2005 Académie des sciences. Publié par Elsevier SAS. Tous droits réservés.

Abstract

A new tectonic interpretation of Sainte-Victoire Mountain, France. The explanation normally given for the tectonics of Sainte-Victoire Mountain, a dozen kilometres east of Aix-en-Provence, to the north of the limestone Provence, is incorrect. To the east, the morphology of the Sainte-Victoire is subdued, whereas to the west, before the mountain breaks savagely, the morphology is that of a young mountain as appears in Alpine landscapes. This unusual aspect in the region and the large subvertical faults with vertically striated surfaces that mark the massif to the south and to the west, induce the idea of strong vertical uplifts and cast doubt on the tectonic interpretation given in 1962 by Corroy et al. According to those authors, the Sainte-Victoire is a unit of Jurassic and Cretaceous formations overthrusting 1800 m to the south conglomerates of the Late

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : jricour@wanadoo.fr (J. Ricour).

Cretaceous or Palaeocene. New observations about the conglomerate transgression over the Jurassic and Cretaceous beds, and about the faults around and on the massif do not give evidence of an overthrusting but, on the contrary, induce the idea of a uplift, perhaps still active, in the form of a ‘piano key’ inclined to the northeast. **To cite this article: J. Ricour et al., C. R. Geoscience 337 (2005).**

© 2005 Académie des sciences. Publié par Elsevier SAS. Tous droits réservés.

Mots-clés : Provence ; Tectonique ; Fracturation ; Sainte-Victoire ; France

Keywords : Provence; Tectonics; Faulting; Sainte-Victoire; France

1. Introduction

Ce travail a trait à la célèbre montagne Sainte-Victoire, située à une douzaine de kilomètres à l’est d’Aix-en-Provence, au nord de la Provence calcaire. Nous croyons utile de montrer que l’explication habituelle de la tectonique de Sainte-Victoire n’est pas valable car, si ce schéma est encore pris en considération dans des synthèses tectoniques générales, il ne correspond pas à ce que l’on peut observer sur le terrain, ce qui fait que beaucoup de géologues n’y croient plus, sans avoir ouvertement critiqué cette interprétation, ni proposé une solution de rechange. Soulignons le fait que, dans cette note, nous ne traiterons que des relations du bâti mésozoïque avec la couverture finicrétacée et tertiaire du bassin de l’Arc.

Fait marquant de la région, immédiatement à l’ouest de la montagne Sainte-Victoire, sur la crête des Costes chaudes, la brèche *tertiaire* du Tholonet (nous utiliserons ce terme, dans ce qui suit, de manière compréhensive pour l’ensemble des conglomérats finicrétacés et paléocènes de la région) est transgressive sur le Portlandien.

En l’abordant par le sud, Sainte-Victoire apparaît comme une barrière de calcaires blancs jaillie du sol. La Croix de Provence domine, de ses 946 m, le plateau du Cengle (Figs. 1 et 2) [12 (pp. 142–156)]. L’allure de cette montagne est surprenante. À son extrémité orientale, la morphologie est atténuée, mais à l’ouest, à quelques kilomètres de là, vers la Croix de Provence, la morphologie est celle d’une montagne jeune, qui s’apparente à celles des paysages alpins, comme l’avait déjà remarqué Billery [4]. Curieusement, cette montagne s’interrompt brutalement à l’ouest, ce qui fait penser dès l’abord à un accident tectonique important. Cette coupure abrupte est une exception dans la région, où les chaînes orientées est-ouest ont des extensions de plusieurs dizaines de kilo-

mètres : Étoile, Luberon, montagne de Lure, Nerthe, Sainte-Baume.

Au nord de Saint-Antonin-sur-Bayon, la falaise présente à sa base, au nord du sentier, de grands miroirs de faille subverticaux, d’orientation est-ouest, striés verticalement. Ils affectent les calcaires sur plusieurs dizaines de mètres de haut (Fig. 3). Ces accidents indiquent une surrection du compartiment nord, formé d’un bâti jurassique et éocétacé, préalablement plissé en anticlinal déversé vers le sud. Au contact de ces miroirs de failles, on trouve des brèches finicrétacées. Au sud de la faille, les formations du Rognacien, en continuité stratigraphique avec les brèches précitées, sont redressées et même légèrement renversées (Fig. 4).

On est bien là en présence de mouvements verticaux ayant soulevé la partie occidentale, en fait surtout l’angle sud-ouest de Sainte-Victoire, mouvements qui ne ressortent en rien de l’interprétation de l’actuelle carte géologique à 1:50 000. Rousset a pourtant signalé [14] une surface d’érosion anté-Miocène à 1010 m d’altitude, alors que la base transgressive du Tortonien au barrage de Bimont, à 10 km à l’ouest, est observée 700 m plus bas ! La fraîcheur de la montagne nous fait penser que ce mouvement n’est peut-être pas terminé.

2. Interprétation classique

Les différentes interprétations de la tectonique de Sainte-Victoire sont bien schématisées dans le guide géologique régional [11 (p. 73)].

L’interprétation de la tectonique de Sainte-Victoire a été marquée, durant les années 1962–1964, par le recours à l’hypothèse d’un chevauchement. Les auteurs antérieurs [6–8] n’avaient pas évoqué un tel phénomène.

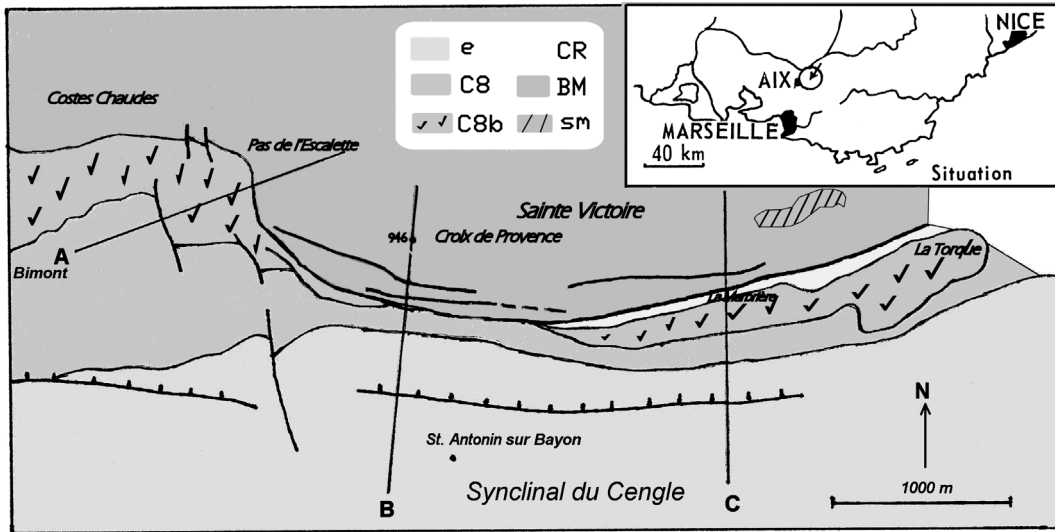


Fig. 1. Plan de situation et schéma géologique. Légende : **e** = Paléocène–Éocène, **c8** = Rognacien, **c8b** = brèches bégudo-rognaciennes, **CR** = calcaires à débris de rudistes, **BM** = bâti mésozoïque, **sm** = Surface d'érosion miocène.

Fig. 1. Location map and geological outline.

Durand et Tempier [10] ayant esquissé une étude tectonique des brèches de la région du Tholonet à l'ouest du pas de l'Escalette (Fig. 1) concluent à l'existence d'un anticlinal déversé vers le sud et d'un dispositif chevauchant de 200 m sur les brèches et les séries éocènes.

Les mêmes auteurs, auxquels s'adjoint Corroy [9], reprennent cette hypothèse, en donnant au chevauchement une flèche beaucoup plus importante. Selon eux, Sainte-Victoire est un ensemble de terrains jurassiques et crétacés, chevauchant vers le sud sur les brèches fini-crétacées et éocènes. Cette interprétation découle de l'observation, au nord de la crête de la montagne, d'un contact anormal intra-jurassique suivi d'est en ouest, de la région du Delobre au pas de l'Escalette. En ce dernier endroit, Corroy et al. estiment que le contact anormal est sensiblement horizontal. Selon ces auteurs, au sud du pas de l'Escalette, ce contact, « d'abord légèrement plongeant, se poursuit sur le flanc ouest de la haute chaîne » et « longe ensuite la base des falaises du versant sud mettant en contact le Portlandien ou le Valanginien de la haute chaîne avec les marnes rognaciennes du bassin d'Aix ». La série déversée chevauchante, d'abord repliée contre les brèches, constitue le flanc sud vertical de Sainte-Victoire, dont les auteurs donnent une coupe d'une

complication rare. La flèche du chevauchement serait de 1800 m. L'ensemble de cette structure, compliquée par des failles verticales, s'enracine progressivement, jusqu'à disparaître vers l'est.

Jusqu'ici, cette interprétation n'a pas été remise en cause. Cependant, dès sa présentation, Touraine [17] estima que l'accident décrit au pas de l'Escalette était « un détail mineur, non un trait caractéristique ». Malheureusement, abusé par une illusion de perspective, Touraine interpréta, sur le flanc ouest de la montagne, comme synclinal de brèches couché vers le sud, ce qui n'est qu'un redoublement par failles d'une même série. Par la suite, il figura [18] les plans de failles striés observés sur le flanc sud de Sainte-Victoire et les interpréta comme limitant un anticlinal jaillissant entre la muraille jurassique au nord et le Cengle, au sud. Biberon [3] n'a pas retrouvé, au pas de l'Escalette, de plans de cisaillement susceptibles de traduire le passage de l'accident chevauchant.

Toute une série d'auteurs a admis l'interprétation de Corroy et al. [9], tel Rousset [15], qui suggère un mouvement de Sainte-Victoire vers le sud à l'Oligocène, suivi d'un mouvement de surrection avec faille au Miocène. Aubouin [2] donne une coupe inspirée de l'interprétation de Corroy et al., mais évoque « des jeux de failles qui ont soulevé la chaîne en elle-

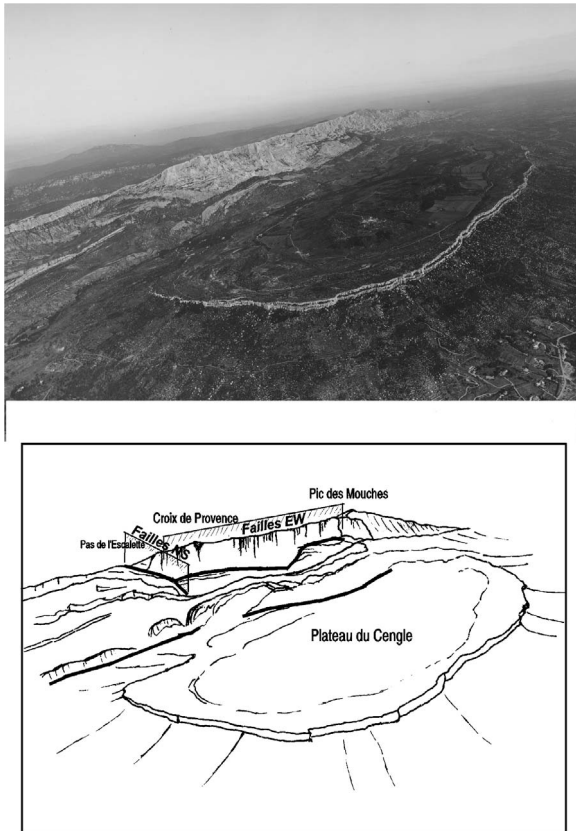


Fig. 2. Vue aérienne, prise du sud-ouest, de Sainte-Victoire et du synclinal de Cengle (photo : Aériel, Aix-en-Provence).

Fig. 2. Synclinal air view of Sainte-Victoire and Cengle (photo : Aériel, Aix-en-Provence, France).

même». Ces failles ne figurent pas sur les figures qui accompagnent son texte. On peut penser qu'il a bien vu les failles citées par Touraine, mais qu'il est passé trop rapidement pour en tirer des conclusions. En 1979, Gouvernet, Guieu et Rousset [11] retiennent, curieusement, comme argument en faveur du cisaillement, le fait que le Portlandien des sommets, à faciès corallien méridional de basse Provence, surmonte le Portlandien à faciès « tithonique » septentrional de Bimont, alors que Corroy et al. [9] et Tempier [16] attribuent plus simplement la juxtaposition de ces deux faciès à un passage latéral.

Chorowicz et al. [5], puis Roure et Coletta [13], dans des synthèses tectoniques régionales, ont évoqué Sainte-Victoire en admettant, sans la discuter, la théorie officielle, qui veut que l'ensemble jurassico-crétacé soit charrié vers le sud sur les brèches.

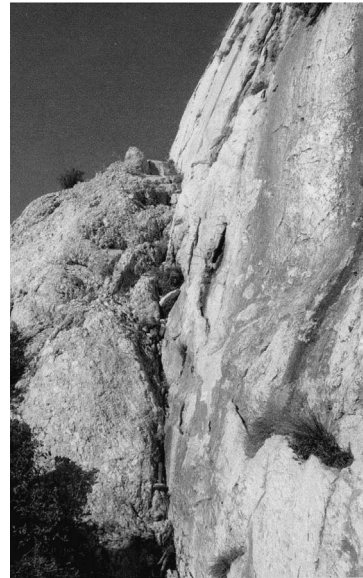


Fig. 3. Grands miroirs de faille sur le flanc sud de Sainte-Victoire. À gauche, la brèche du Tholonet, à droite le bâti mésozoïque faillé.

Fig. 3. Great slickensides on the Sainte-Victoire southern mountain side. Left, the Tholonet conglomerate; right, Mesozoic faulted limestones.

3. Nouvelles observations de terrain

En suivant vers l'ouest la paroi subverticale, striée verticalement, du flanc méridional de Sainte-Victoire décrite au début de ce texte et qui a été figurée par Touraine [18 (p. 31)], on s'aperçoit que là où le fort relief de la haute chaîne de Sainte-Victoire disparaît brutalement, soit un peu au nord-est du chalet Cézanne, une série de failles verticales, celles-ci orientées nord-sud, affectent l'ensemble de la structure, tranchant l'intérieur des brèches tertiaires. Ces failles, qui s'observent au pas de l'Escalette, s'exacerbent au sud. Ces accidents, pourtant bien visibles (Fig. 5), n'ont été signalés, ni par Corroy [9], ni par Touraine [17,18].

Au pas de l'Escalette, à la cote 704 NGF, les plans de cisaillement signalés par Corroy et al. [9] comme sub-horizontaux affectent exclusivement le bâti mésozoïque et n'interviennent nullement dans les relations de celui-ci avec les brèches fini-crétacées et tertiaires. Leurs pendages sont de 5° vers le nord-est. Le sens de déplacement n'est pas identifiable. Ces pendages ne peuvent en aucun cas être associés à un quelconque chevauchement du Mésozoïque de la chaîne sur les brèches, ni à un plan de cisaillement hypothétique



Fig. 4. Couches rognaciennes redressées et même légèrement renversées au pied de la masse mésozoïque de Sainte-Victoire. En F, miroirs de la faille de la Fig. 3.

Fig. 4. Set upright and even lightly turned-over Rognacian beds at the foothold of the Sainte-Victoire Mesozoic limestones. In F, slickensides of Fig. 3.

en profondeur sous le flanc sud de Sainte-Victoire et qui n'est nullement visible en surface. Touraine [17], comme Biberon [3], a d'ailleurs déjà jugé ces affleurements du pas de l'Escalette comme non significatifs.

La «brèche du Tholonet» est localement fortement redressée. Elle est partout transgressive sur le bâti jurassique–néocomien de Sainte-Victoire et des Costes chaudes.

En descendant du pas de l'Escalette vers le sud et vers le chalet Cézanne, à peu de distance en contrebas de ce col, on observe la brèche du Tholonet transgressive (Fig. 6, coupe A) sur des calcaires dolomitisés blancs. Ils comportent des fantômes de coraux. Notons que, selon Corroy et al. [9], cette brèche serait surmontée par le chevauchement, alors que l'on peut

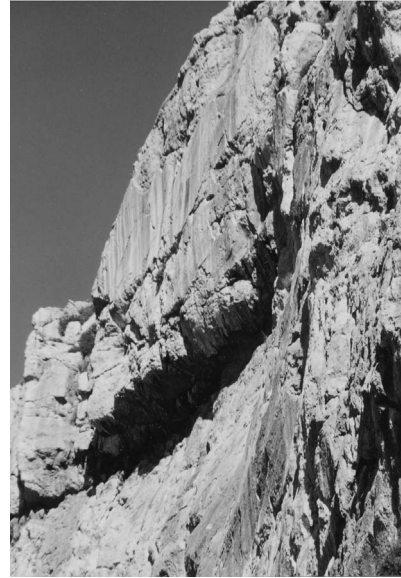


Fig. 5. Failles verticales nord–sud sur le flanc ouest de Sainte-Victoire. En haut et à gauche, cannelures tectoniques verticales.

Fig. 5. Vertical north–south faults on the western flank of Sainte-Victoire. Top left, vertical tectonic final fissures.

toucher la surface de transgression sur le bâti calcaire. Cette brèche ainsi que la surface de transgression passent en continuité d'affleurement sur tout le tombant du flanc occidental de Sainte-Victoire et sur le flanc sud des Costes chaudes. À la limite ouest de Sainte-Victoire, le faisceau de failles verticales de direction nord–sud affecte aussi bien la couverture («brèche du Tholonet») que les calcaires du bâti mésozoïque sous-jacent. Ces failles, par simple effet de soulèvement du relief à l'est, provoquent une avancée cartographique de Sainte-Victoire vers le sud par rapport aux structures situées à l'ouest. L'artefact cartographique du relief qui en résulte a pu faire penser à un chevauchement.

Sur le flanc sud de la montagne, plusieurs plans de failles subverticaux, striés verticalement, parallèles à celui signalé au début de la présente note, s'observent, notamment aux environs de la Marbrière (Fig. 6, coupe C). Touraine avait déjà signalé cette particularité [18]. Ces failles participent au soulèvement du massif, mais recoupent pratiquement à angle droit le faisceau de failles nord–sud décrit précédemment.

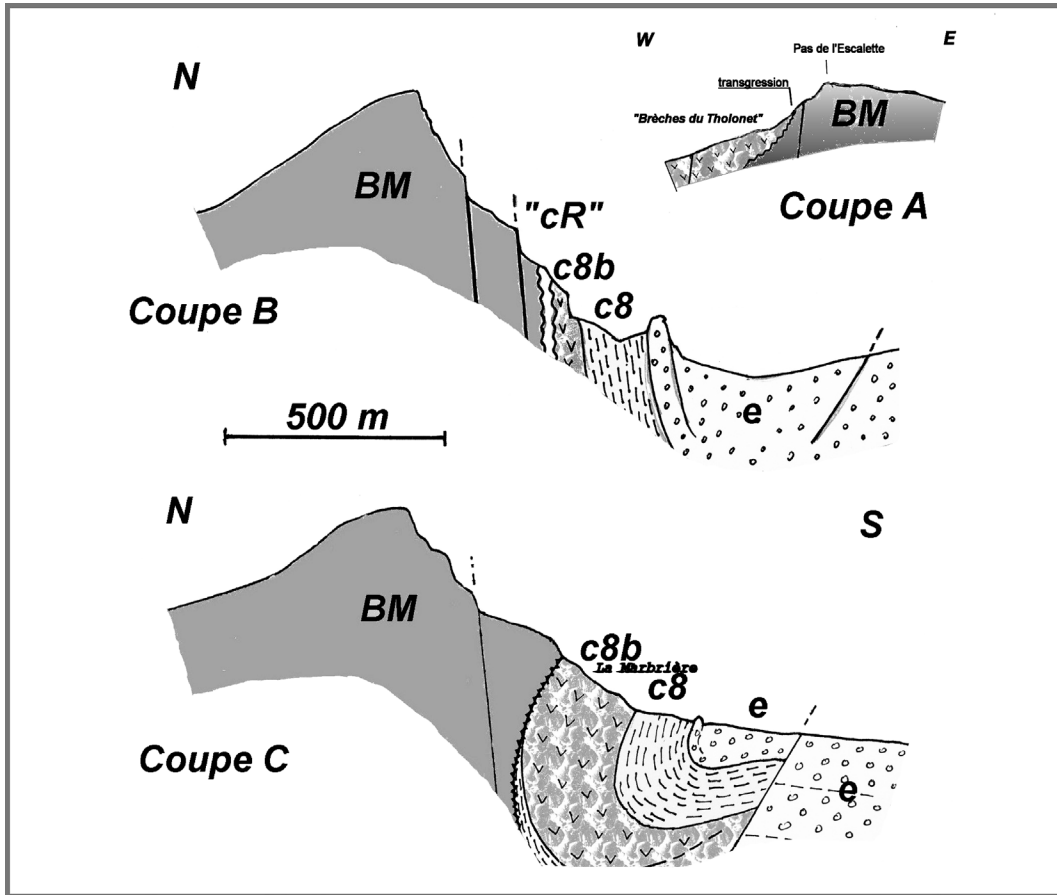


Fig. 6. Coupes géologiques. (A) Transgression de la brèche du Tholonet sur les formations calcaires mésozoïques. (B) Coupe nord-sud passant par la Croix de Provence. (C) Coupe nord-sud passant par la carrière de la Marbrière. Légende : e = Paléocène-Éocène, c8 = Rognacien, c8b = brèches bégudo-rognaciennes, c6 = Fuvélien, cR = calcaires à débris de rudistes, BM = bâti mésozoïque.

Fig. 6. Geological sections. (A) Tholonet conglomerate transgression on Mesozoic limestones. (B) North-south section by the 'Croix de Provence'. (C) North-south section by the 'Marbrière' quarry.

4. Nouvelle interprétation

Étant donné que le Jurassique et le Néocomien des Costes chaudes et de Sainte-Victoire sont recouverts, avec une forte discordance angulaire ainsi qu'un important ravinement, par des brèches qui prennent parfois l'allure de poudingues et forment des masses imposantes entre les Costes chaudes et la Torque, les nouvelles observations qui viennent d'être présentées nous permettent de proposer les conclusions suivantes :

- le bâti mésozoïque de la haute chaîne est affecté par un ou plusieurs accidents plats à trunca-

ture sommitale, internes au bâti mésozoïque, mais l'ensemble ne chevauche nullement sur sa couverture, comme l'ont supposé Corroy et al. ;

- ladite couverture est transgressive partout, sauf à certains endroits du versant sud où, verticalisée, elle est séparée du Mésozoïque par des failles normales, postérieures à l'ensemble (Fig. 6, coupe B) ;
- ces failles verticales, d'orientation est-ouest, observées sur le flanc sud de la montagne ne peuvent en aucun cas être considérées comme réapparition en surface d'un hypothétique plan de cisaillement au tréfonds de la chaîne, comme l'ont supposé

Corroy et al. La transgression des brèches cachète le massif et est soulevée en même temps que lui ;

- la brutale terminaison de Sainte-Victoire à l'ouest est due à deux réseaux de failles verticales se recoupant et jouant « en ciseaux ». Le jeu de ces failles soulève l'angle sud-ouest de la chaîne ;
- un plissement de type jurassien déversé vers le sud affecte aussi bien le substratum mésozoïque que la couverture de brèches. Les failles, tranchant cet ensemble, sont postérieures à ce plissement ;
- les failles de direction est–ouest et la série renversée s'amortissent rapidement vers l'est en pénétrant dans le massif mésozoïque.

Ainsi, Sainte-Victoire nous apparaît comme une immense touche de piano gauchie, dont la surface est inclinée vers le nord-est. Touche relevée au-dessus du Cengle, au sud, et des coteaux d'Aix et des collines de la Trévasse, à l'ouest. La partie la plus basse de cette touche, limitée par l'axe de rotation de l'ensemble, devrait se trouver à quelques kilomètres à l'est de la Croix de Provence, là où les brèches disparaissent.

Si Sainte-Victoire comporte des plis déversés au sud, postérieurs ou contemporains du dépôt de la brèche, imputables peut-être aux contrecoups lointains des mouvements alpins stricto sensu de l'arc des Alpes occidentales, la tectonique de la région, polyphasée comme dans l'ensemble de basse Provence, est caractérisée par d'importants mouvements tangentiels dirigés vers le nord, comme l'a récemment rappelé l'un de nous [1], et non vers le sud.

Enfin, il n'est pas impossible que les failles de Sainte-Victoire, tant celles de direction est–ouest que celles de direction nord-sud, soient la conséquence de mouvements profonds et aient une signification qui dépasse le plan strictement local.¹

¹ (Note ajoutée en cours de publication.) Au dernier paragraphe du chapitre d'introduction, nous avons indiqué que la fraîcheur du modèle de la montagne nous faisait penser que son mouvement d'érection n'était peut-être pas encore terminé. Selon une étude fondée sur l'interférométrie radar de précision (réflecteurs permanents) par satellite, effectuée durant la période 1993–2003 par la société ME2i (<http://www.me2i.com>), l'extrémité occidentale de Sainte-Victoire a été, durant cette période, en surrection de plus de 7 mm/an. Notre intuition, comme celle de Billery [4] semble donc se confirmer et les altitudes du Vindobonien, décalées de 700 m de part et d'autre des failles nord–sud, seraient ainsi expliquées.

Références

- [1] I. Argyriadis, La tectonique de la basse Provence : proposition d'une interprétation nouvelle, C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. IIa 331 (2000) 797–802.
- [2] J. Aubouin, La Provence, in : J. Debelmas (Ed.), Géologie de la France, vol. 2, Doin, Paris, 1974, pp. 346–386.
- [3] B. Biberon, Mécanismes et évolution de chevauchements à vergences opposées. Exemple des structures de la Sainte-Victoire, thèse, université Joseph-Fourier, Grenoble, 1988.
- [4] A. Billery, Étude morphologique de la montagne Sainte-Victoire, Separatdruck aus Geogr. Helv. XVII (2) (1962).
- [5] J. Chorowicz, A. Mekarnia, J.-P. Rudant, Inversion tectonique dans le massif de Sainte-Victoire (Provence, France). Apport de l'imagerie Spot, C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. II 308 (1989) 1179–1185.
- [6] L. Collot, Plis couchés de la feuille d'Aix, Bull. Soc. géol. France 3 XIX (1891) 1134–1152.
- [7] G. Corroy, La montagne Sainte-Victoire, Bull. Serv. Carte géol. France LV (251) (1957) 1–48.
- [8] G. Corroy, G. Denizot, La Provence occidentale, Géologie régionale de la France (II), Hermann, Paris, 1943, 182 p.
- [9] G. Corroy, J.-P. Durand, C. Tempier, Évolution tectonique de la montagne Sainte-Victoire en Provence, Bull. Soc. géol. France 7 VI (1964) 91–106.
- [10] J.-P. Durand, C. Tempier, Étude tectonique de la zone des brèches du massif de Sainte-Victoire dans la région du Tholonet (Bouches-du-Rhône), Bull. Soc. géol. France 7 IV (1962) 97–101.
- [11] C. Gouvernet, G. Guieu, C. Rousset, Guides géologiques régionaux, Masson, Paris, 1979.
- [12] G. Guieu, J. Ricour, J. Rouire, Découverte géologique de Marseille et de son décor montagneux, Editions BRGM Orléans et Éditions Jeanne Laffitte, Marseille, 1996.
- [13] F. Roure, B. Coletta, Cenozoic inversion structures in the foreland of the Pyrenees and Alps, in : P.A. Ziegler, F. Horvath (Eds.), Peri-Tethys Memoir 2 : Structure and Prospects of Alpine Basins and Forelands, Mém. Mus. nat. Hist. nat., Paris 170 (1996) 173–209.
- [14] C. Rousset, Preuve de la transgression vindobonienne sur la crête de la montagne de Sainte-Victoire (Bouches-du-Rhône), Bull. Soc. géol. France 7 IX (1967) 543–548.
- [15] C. Rousset, La faille de la Tour-de-César, au Nord-Est d'Aix-en-Provence, sépare l'unité allochtone de l'Arc des plis de la Provence septentrionale ; conséquences structurales sur le chevauchement nord-provençal, C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. B 277 (1973) 765–768.
- [16] C. Tempier, Les faciès calcaires du Jurassique provençal, Trav. Lab. Sci. Terre, université Saint-Jérôme, Marseille (B), n° 4, 1972, 361 p.
- [17] F. Touraine, Les grands traits d'une structure nouvelle proposée pour le massif de Sainte-Victoire, Bull. Soc. géol. France 7 VI (1964) 545–553.
- [18] F. Touraine, Sainte-Victoire. Guide géologique pour non-géologues, CRRDP, Marseille, 1973.