

Photo: Hervé Vincent/AVECC



La vallée de la Durance au niveau du couloir de Mirabeau.

LA FAILLE D'AIX-EN-PROVENCE-DURANCE

DANS LE CONTEXTE SISMOTECTONIQUE DU SUD-EST DE LA FRANCE

Denise NURY* & Jacques MULLER**

RÉSUMÉ

Le Sud-Est de la France est intensément fracturé, principalement par des décrochements et par des failles inverses et des chevauchements soulignés. Ces accidents sont le siège d'une sismicité très intense.

Des faisceaux de failles décrochantes de direction NNE-SSW dont les plus importantes sont les failles des Cévennes, de Nîmes, d'Aix-en-Provence-Durance, permettent le déplacement senestre des blocs d'écorce terrestre.

Le couloir faillé d'Aix-en-Provence-Durance, appelé parfois « faille de la Moyenne Durance », large de 5 à 10 km, se suit sur 200 km au moins entre le Golfe du Lion et les Alpes. Il appartient à une grande discontinuité qui traverse une grande partie de la croûte terrestre. Il fut le siège de déplacements quasi permanents, pendant 250 millions d'années, ponctués de chocs sismiques majeurs.

Les failles inverses, situées entre les failles décrochantes, permettent le « rétrécissement » des blocs (socle et couverture). Les roches sont en compression et l'énergie s'y accumule. Elles seront réactivées lorsque l'énergie emmagasinée dépassera le seuil de résistance au frottement des blocs l'un sur l'autre. Les séismes qui s'y produisent sont peu nombreux mais peuvent être très destructeurs comme celui de Lambesc (1909). Les failles inverses paraissent donc être les plus dangereuses de Provence.

L'occurrence d'un tremblement de terre en Provence est due au fait que cette région est prise en tenailles entre deux masses énormes en mouvement, la plaque africaine et l'ensemble Turquie-Arabie venant de l'est.

ABSTRACT

The Aix-en-Provence-Durance fault in south-east France seismic and tectonic background.

The South-East of France is intensely fractured, principally by slides and reverse faults and accentuated thrust faults. These accidents are characterized by an intense seismicity.

Networks of sliding faults in the NNE-SSW direction, the most important being the Cévennes, Nîmes and Aix-en-Provence-Durance faults, allow for the «senestre» displacement of blocks of earth's crust.

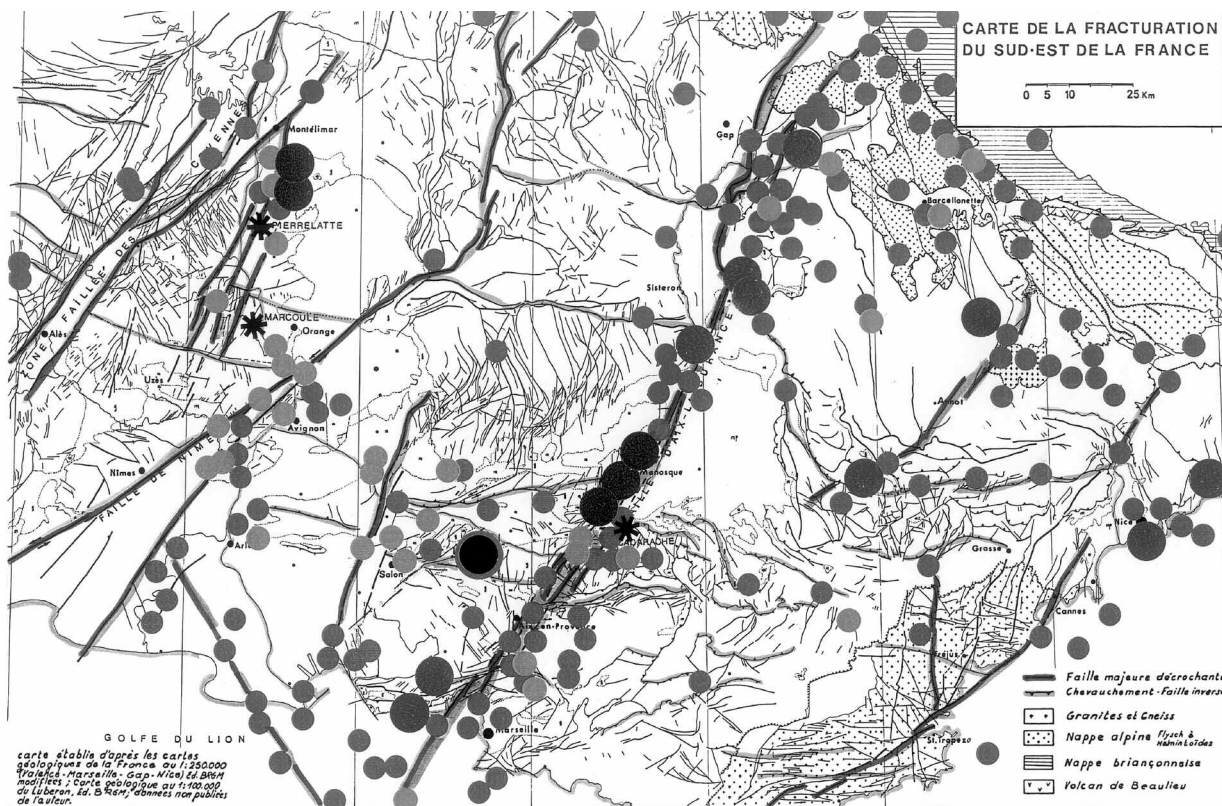
The Aix-en-Provence-Durance fault corridor is 5 to 10 km wide and runs at least 200 km from the Golfe du Lion to the Alps. It is part of a great discontinuity, which crosses a large part of the earth's crust. It has undergone quasi permanent displacements for 250 million years and occasional major seismic shocks.

The reverse faults, situated between sliding faults, permit the «shrinking» of blocks (platform and «cover»). Rocks are compressed and accumulate energy. Only a few seisms occur but they may be highly destructive such as the Lambesc shock in 1909. Thus, reverse faults appear to be the most dangerous faults of Provence.

The instance of an earthquake in Provence is due to the fact that this region is stuck between two enormous moving masses, the African «slab» to the South and the Turkey-Arabia unity to the East.

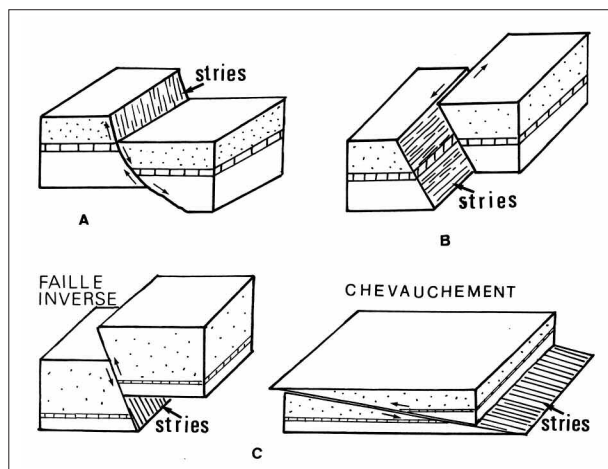
* Géologue, Docteur ès Sciences de l'Université de Provence Aix-Marseille I, Maître de conférences honoraire de l'Institut universitaire de formation des maîtres de l'Académie d'Aix-Marseille.

** Géologue, Docteur ès Sciences des Universités de Neuchâtel (Suisse) et Bordeaux, Directeur de recherches honoraire au CNRS.



Magnitude des séismes comprise entre : 2 et 4 ; 4 et 5 ;
la magnitude du plus fort séisme (Lambesc - 1909) a atteint 5,7 (intensité IX à l'épicentre)

Fig. 1 : carte de la fracturation du sud-est de la France et répartition des séismes survenus depuis le ^{XV} siècle jusqu'à nos jours (la taille des cercles est proportionnelle à l'intensité des séismes).



La carte de la fracturation du Sud-Est de la France (Fig. 1) montre de nombreuses ruptures des séries géologiques. Ces ruptures, ou accidents, sont appelées, suivant leur nature, failles normales, décrochements, failles inverses et chevauchements (Fig. 2). Certaines d'entre elles ont été le siège de séismes répertoriés depuis l'an 1400 (Lambert *et al.*, 1996, 1997).

Fig. 2 : les différentes catégories de failles.

A : faille normale : le plan de rupture porte des stries verticales. Le banc repère permet de mesurer le décalage vertical.

B : Décochement : le plan de rupture porte des stries horizontales.

C : Faille inverse et Chevauchement : le glissement du bloc supérieur entraîne la striation du plan de chevauchement. Ces stries indiquent très précisément la direction du déplacement.

I - LES ACCIDENTS GÉOLOGIQUES

Une faille est une rupture des couches géologiques. Celles-ci sont alors séparées en deux parties qui glissent l'une contre l'autre. Le plan de cassure a des inclinaisons variées. Il porte des stries qui marquent la friction d'un bloc par rapport à l'autre. Il peut être vertical à un endroit et incliné presque jusqu'à l'horizontale un peu plus loin ou conserver la même attitude sub-verticale sur plusieurs kilomètres en profondeur.

La faille est matérialisée à la surface du sol par une zone mettant en contact des ensembles de roches différentes. Sur les cartes géologiques, elle est figurée par un trait épais. Sur le terrain, la cassure est soulignée par le broyage des roches et leur striation (rayures) en raison du frottement des deux lèvres de la faille. Les accidents géologiques se produisent lorsque les tensions qui se développent dans l'écorce terrestre dépassent la résistance des matériaux qui la constituent. Ils apparaissent soit lorsque l'écorce terrestre est étirée sous l'effet de mouvements d'extension, soit lorsqu'elle est comprimée sous l'effet de mouvements de compression. On distingue principalement :

- des **failles normales** (Fig. 2A) : un des blocs est affaissé par rapport à l'autre, les stries sont alors verticales ;
- des **décrochements** (Fig. 2B) : les blocs coulissent selon un déplacement plus ou moins horizontal, les stries étant alors horizontales ;
- des **failles inverses** (Fig. 2C) qui amènent un compartiment à se superposer à l'autre le long d'un plan de cassure fortement incliné ;
- des **chevauchements** lorsque ce plan est proche de l'horizontale (Fig. 2C).

Au cours des temps géologiques, une faille normale peut évoluer en faille inverse ou en décrochement en fonction des contraintes qui se développent dans l'écorce terrestre.

2 - LES SÉISMES

Lorsque les tensions dans l'écorce terrestre dépassent la résistance des ensembles rocheux, les blocs se déplacent de part et d'autre d'un accident. L'énergie accumulée se libère sous forme de vibrations qui provoquent un séisme. Les vibrations se propagent sous

forme d'ondes qui irradient à partir du point où s'est produite la rupture. Ce point est appelé « foyer » du séisme. L'épicentre est le point, à la surface du sol, situé à la verticale du foyer, là où les effets du séisme sont maximums.

Deux grandeurs caractérisent un séisme :

- La **magnitude** est une mesure représentative de l'énergie libérée par la cassure. C'est une donnée physique. Elle est calculée à partir du logarithme de l'amplitude des ondes sismiques enregistrées sur un sismographe placé à 100 km de l'épicentre du séisme. L'échelle des magnitudes, appelée « échelle de Richter » est indépendante de l'observateur et du lieu d'observation. Elle est exprimée par un chiffre de 0 à 9. La plus forte magnitude enregistrée jusqu'à maintenant sur la terre est de 8,8 au Chili en 1960.

- L'**intensité** exprime l'importance des destructions des édifices, des modifications de l'environnement et des réactions humaines confrontées à un tremblement de terre. Elle est donnée par l'échelle MSK (Fig. 3) qui comporte 12 degrés (de I à XII).

L'intensité du dernier séisme de Provence, qui dévasta plusieurs villages autour de Lambesc le 11 juin 1909, a atteint le chiffre IX dans toute la zone épicentrale comme l'attestent les rapports historiques, les photographies d'archives et l'analyse objective de la littérature (Reyre G., 1909). L'intensité d'un séisme décroît de l'épicentre jusqu'à la périphérie de la région affectée par le tremblement de terre.

Pour les séismes historiques répertoriés, seule l'intensité est donnée car la magnitude n'a pu être calculée faute d'enregistrements. La correspondance entre l'intensité et la magnitude est donnée par le calcul. Celle qui est proposée par certains auteurs reste toujours approximative (Fig. 3), car l'accélération des ondes au sol, qui est un élément du calcul, est comprise dans une fourchette assez large pour chaque niveau d'intensité.

INTENSITÉ MAXIMALE		Magnitude	Accélération maximale au sol (g # 10 m.s ⁻²)*
I	Seulement enregistrée par les sismographes.	m > 2	
II	À peine ressenti (personnes au repos dans les étages élevés).	m > 3,5	
III	Ressenti par peu de monde (analogue au passage d'un camion).		
IV	Ressenti par beaucoup. Craquements, légers balancements des lustres.	m > 4,3	
V	Beaucoup de dormeurs s'éveillent. Forts balancements des lustres.		0,012-0,025 g
VI	Frayeur. Petites fissures dans les murs d'adobe et les plâtres.	m > 4,9	0,025-0,05 g
VII	Large fissures dans constructions A, faibles dans constructions B, chutes de cheminées.	m > 5,5	0,05-0,1 g
VIII	Écroulement partiel des constructions B. Statues et dalles tombales déplacées. Variation du niveau d'eau dans les puits, eau des lacs boueuse, fissures dans le sol.	m > 6,2	0,1-0,2 g
IX	Écroulement partiel des constructions B, gros dégâts dans les constructions C. Glissements de terrain.		0,2-0,4 g
X	Écroulement partiel des constructions C. Fissures dans le sol de 1 m parfois. Ruptures de routes, voies ferrées, canalisations enterrées, barrages.	m > 7,0	0,4-0,8 g
XI	Catastrophes. Mêmes dégâts généralisés.	m > 7,4	0,8-0,16 g
XII	Bouleversement total de la surface du sol. Toute construction humaine est détruite. Nouveaux lacs ou cascades, changement du cours des rivières.	m > 8	1,6 g

Fig. 3 : Correspondance approximative entre l'intensité maximale et la magnitude pour les séismes superficiels (d'après Press & Siever, 1974; Jobert, 1984) et l'accélération maximale au sol (Lliboutry, 1982).

L'échelle MSK (1964) précise les dégâts pour trois grands types de constructions :

A : Construction d'adobe (plots d'argile séchée au soleil) ou en pierre des champs non taillées et mal liées.

B : maisons en briques, en pans-rideaux préfabriqués de béton, en bois et briques, en pierres taillées.

C : Maisons à chaînages de béton armé, chalets de bois bien construits.

*g représente l'accélération de la pesanteur terrestre.

3 - LE CONTEXTE STRUCTURAL DE LA RÉGION DU SUD-EST DE LA FRANCE

La carte de la fracturation du Sud-Est de la France (Fig. 1) nous montre des accidents en décrochement, des chevauchements et des failles inverses (Muller & Nury, 2000, 2001).

3.1 - Les décrochements

Il s'agit des grandes failles ou plutôt faisceaux de failles de direction NNE-SSW : les plus importantes sont les failles des Cévennes, de Nîmes, d'Aix-en-

Provence-Durance. Ces failles sont actives car elles ont été et sont toujours le siège de nombreux séismes. Les failles décrochantes permettent le déplacement, même infime, des blocs. Le compartiment oriental de ces failles glisse vers le nord dans un mouvement qualifié de senestre par rapport au bloc occidental.

Le couloir faillé NNE-SSW d'Aix-en-Provence-Durance nous intéresse plus particulièrement (Fig. 4). Certains géologues l'appellent parfois « faille de la Moyenne Durance » comme s'il s'agissait d'une seule faille limitée à ce tronçon de vallée (Cushing & Volant, 2000). En réalité, c'est un couloir faillé de 5 à 10 km

de large groupant deux faisceaux de plusieurs failles presque parallèles entre elles, de direction NNE-SSW (Muller & Nury, 2001). Ce couloir faillé se suit sur 200 km au moins entre le Golfe du Lion et les Alpes au-delà de Gap.

Le faisceau occidental longe le versant ouest de la vallée de la Moyenne Durance par Château-Arnoux, Peyruis, Volx, Manosque, Ste-Tulle, Beaumont et Mirabeau. Il passe alors en pleine montagne vers Meyrargues, Aix-en-Provence, Bouc-Bel-Air, l'Estaque et se poursuit dans le Golfe du Lion.

Le faisceau oriental longe le cours de Durance entre Oraison et St-Paul-lez-Durance. Il intercepte le domaine du CEA de Cadarache et se prolonge vers le sud en

passant par Jouques, Le Tholonet-Beaurecueil et Gardanne. D'après la carte géologique de la France, il paraît s'estomper dans le massif de l'Étoile au NE de Marseille, mais la présence de fractures dans les calcaires de ce massif signifie qu'il se prolonge encore plus au sud.

Dans chacun de ces deux faisceaux, les failles sont discontinues, se divisent en plusieurs branches ou bien se relaient.

La grande largeur de la zone faillée plaide en faveur de l'existence en profondeur d'une discontinuité très importante traversant une grande partie de la croûte terrestre (au moins sur 20 km) comme le suggèrent les données de gravimétrie et de sismique pétrolière.

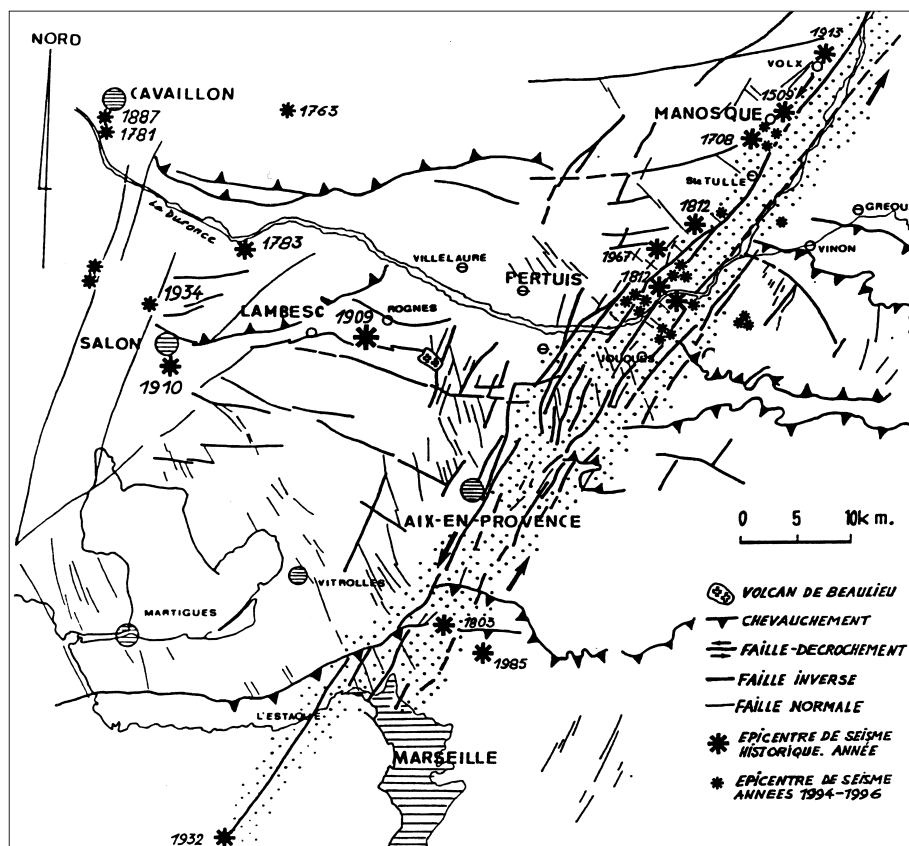


Fig. 4: le couloir faillé d'Aix-en-Provence-Durance avec localisation des séismes historiques. Le volcan de Beaulieu, dont la lave provient du manteau terrestre, se situe à l'intersection des failles E-W et NNW-SSE. Ceci démontre que ces failles recoupent toute l'écorce terrestre.

Les études géologiques montrent que le couloir faillé d'Aix-en-Provence – Durance appartient, tout comme les trois autres grandes failles du SE de la France, à **une gigantesque bande faillée** qui se poursuit bien au-delà des Alpes (Muller *et al.*, 1997).

Une analyse rétrospective des événements géologiques qui se sont produits dans les régions entourant la Méditerranée actuelle depuis le début de l'ère secondaire permet de reconstituer le tracé de cette bande faillée transcontinentale : elle s'étendait alors sur 6 000 km de long avec une largeur de 400 km. Elle a été tronçonnée plus tard, lors des mouvements alpins, mais est restée pratiquement continue sur la plaque européenne entre le SE de la France et la Sibérie. À cette époque reculée (il y a 250 millions d'années), le bloc provençal, situé à l'est du couloir faillé d'Aix-en-Provence – Durance (et comprenant le Mercantour et les Maures), était localisé au moins 250 km plus au sud. Pour atteindre sa position actuelle, il s'est déplacé vers le NNE en glissant le long du couloir faillé décrochant à la vitesse moyenne de 10 centimètres par siècle, ce qui implique une multitude de séismes de forte magnitude, comme le démontre d'ailleurs l'intense broyage des roches observé le long des failles. Cette vitesse qui intègre une très longue période de temps implique probablement de possibles accélérations et décélérations du déplacement.

On a là une discontinuité majeure de l'écorce terrestre qu'il convient de ne pas sous-estimer, car elle fut le siège de déplacements quasi permanents, ponctués de chocs sismiques considérables.

3.2 - Les failles inverses et les chevauchements est-ouest

Les failles de cette direction sont nombreuses non seulement en Provence mais aussi de l'autre côté du Rhône, en Ardèche et dans le Gard. L'énergie nécessaire pour réaliser une telle superposition est gigantesque. Il faut se rendre compte qu'il s'agit là de masses énormes de roches qui passent l'une sur l'autre. Ceci semble confirmé par la différence d'intensité des séismes engendrés par ces deux types de failles : le séisme de Lambesc de 1909 en relation avec un déplacement de faille inverse a atteint la plus forte intensité jamais observée en Provence.

Les failles inverses paraissent être les plus dangereuses de Provence comme le démontre la sismicité.

Les failles inverses, situées entre les failles décrochantes, permettent le « rétrécissement » des blocs (socle et couverture). Les roches sont en compression et l'énergie s'y accumule. Elles seront réactivées lorsque l'énergie emmagasinée dépassera le seuil de résistance au frottement des blocs l'un sur l'autre. Le long de ces failles inverses (contrairement aux failles décrochantes), il y a relativement peu de petits séismes mais ceux qui se produisent, comme celui de Lambesc, peuvent être très destructeurs.

Certaines d'entre elles sont très profondes, comme l'atteste en particulier le volcan de Beaulieu, dont la lave provient du manteau terrestre. Ce volcan se situe à l'intersection des failles E-W et NNW-SSE, il démontre que ces failles recoupent toute l'écorce terrestre. Le séisme de Lambesc de 1909, localisé sur une faille inverse, a atteint l'intensité IX MSK (Reire, 1909 ; Lambert *et al.*, 1996), alors que les séismes répertoriés depuis dix siècles le long du couloir faillé d'Aix-en-Provence-Durance n'ont pas dépassé l'intensité VIII. Ceci ne veut pas dire que cette intensité VIII ne sera pas dépassée dans le futur, lorsque l'on considère la tectonique actuelle globale des Alpes et de la Méditerranée.

Une dizaine de failles inverses E-W ont été répertoriées en Provence. Ces failles, inverses ou chevauchantes, traduisent un rétrécissement non seulement de la couverture secondaire mais aussi obligatoirement du socle sous-jacent, sauf à considérer que toute la couverture secondaire est allochtone, ce qui n'est pas le cas partout. Les grands profils sismiques du Golfe du Lion et les grandes failles E-W recoupant les terrains anciens des Maures et du Massif central montrent que le socle est affecté de failles inverses. Ces failles passent dans la couverture, soit directement, soit en étant décalées. Il faut garder en mémoire que bon nombre de ces failles de socle ont contrôlé la sédimentation des terrains secondaires et tertiaires.

Il faut considérer l'ensemble de la tranche « couverture- socle » pour tenter d'évaluer la magnitude et l'intensité des séismes possibles en Provence. Nous en voulons pour preuve les séismes de Riez (localité située à l'est de la faille d'Aix-en-Provence-Durance) de 1988 (magnitude 3) et 1994 (magnitude 3,8) dont les foyers se situent respectivement à 14 et 4 km de profondeur,

selon les informations fournies en 2001 par le réseau national de surveillance sismique (Banque ReNaSS).

En conséquence, l'épaisseur variable de la croûte n'a que peu d'importance dans la magnitude d'un séisme qui pourrait se produire dans la zone concernée et en aucun cas, on ne peut affirmer qu'un séisme important ne se produira jamais à l'est de la faille d'Aix-en-Provence-Durance.

4.- LA PROVENCE PRISE EN TENAILLES ENTRE L'EUROPE ET L'AFRIQUE

Pour bien comprendre la dangerosité des failles E-W de la Provence, il faut faire appel aux connaissances actuelles sur la cinématique de la zone méditerranéenne, c'est-à-dire sur les mouvements qui s'y produisent depuis plusieurs millions d'années.

Une carte à plus petite échelle, qui englobe la Méditerranée et la partie nord de l'Afrique (Fig. 5), montre que la bande faillée du SE de la France représente une des zones d'affrontement actuel entre la plaque afro-méditerranéenne et la plaque européenne (Muller & Nury, 2000).

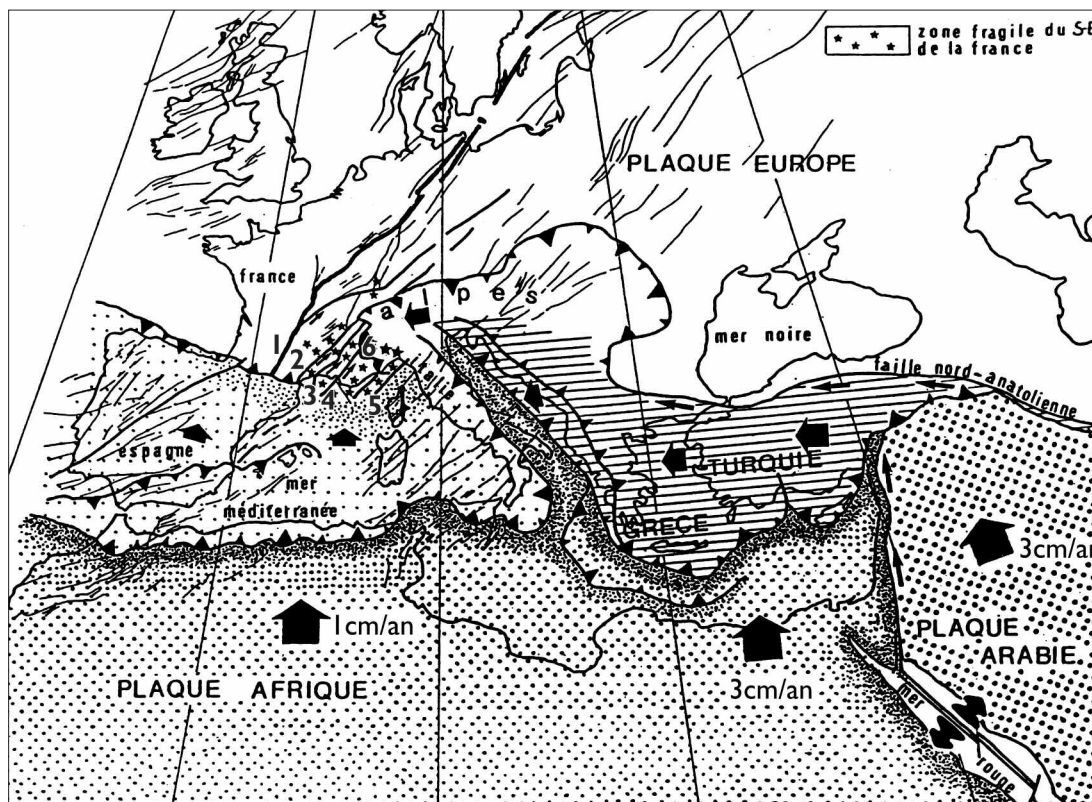


Fig. 5: schéma simplifié des zones d'affrontement entre les plaques Afrique-Arabie et Eurasie. L'Afrique migre vers le nord depuis 80 millions d'années. L'éjection de la Turquie et son dérapage vers l'ouest se répercutent jusque dans le SE de la France. Cette région est ainsi prise en tenailles entre ces deux énormes masses continentales. La masse de la plaque africaine est sept fois plus grande que celle de la Méditerranée et de l'Europe méridionale confondue.

Le mécanisme est maintenant connu dans ses grandes lignes. En simplifiant, on peut dire qu'il est lié au déplacement de la plaque africaine qui, depuis 80 millions d'années, n'a pratiquement pas cessé de migrer vers le nord, vers l'Europe. Ce déplacement a donné naissance, par rétrécissement du socle lié au manque de place, d'abord à la chaîne des Pyrénées, puis à celle des Alpes, celle du Jura et encore d'autres montagnes bordières de la Méditerranée. Dans ce déplacement vers le nord, la plaque africaine (et le soubassement de la Méditerranée) exerce, à la vitesse actuelle de 1 cm par an environ (soit un mètre par siècle, ce qui peut paraître énorme), des contraintes fantastiques sur les failles sud européennes, et notamment sur les deux failles les plus méridionales, celle de Gênes (faille n° 5 sur la fig. 5) et celle d'Aix-en-Provence-Durance (faille n° 4). On peut dire, d'une façon imagée, que ces deux failles constituent les « premiers remparts » de l'Europe vis-à-vis de la pression africaine. C'est pour cette raison que les séismes sont si constants et si bien répartis le long de ces deux premières failles. Les trois suivantes, celle de Nîmes, celle des Cévennes et celle du Sillon houiller constituent les « seconds remparts » et, de ce fait, les séismes y sont un peu plus dispersés (Fig. 1), mais pas forcément moins destructeurs.

L'énergie produite par le déplacement de l'Afrique vers le nord s'accumule non seulement le long de ces deux remparts mais aussi sur toutes les autres failles. Les séismes qui s'y produisent annoncent ceux qui se situeront sur les autres failles (failles inverses).

À cette confrontation Afrique-Europe se superpose encore un autre mouvement induit par la migration de l'Arabie vers le nord, à raison de 3 cm par année et l'expulsion consécutive de la Turquie qui dérape vers l'ouest le long de la faille Nord Anatolienne (Fig. 5). Les séismes récents de Turquie, puis de Grèce et, probablement dans un futur plus ou moins proche, ceux qui se produiront dans les Balkans, dans les Alpes et finalement avec un contrecoup en Provence, confirment cette dérive permanente venant de l'est. Les séismes des 23 et 25 janvier 2001 qui ont touché les Alpes valaisannes et le sud de la Côte d'Azur, même si leur magnitude est relativement faible (respectivement 3,9 et 4,9) représentent une alerte significative. L'occurrence d'un tremblement de terre en Provence

n'est donc pas due au hasard, dès lors que l'on réalise que cette région est prise en tenailles entre deux masses énormes en mouvement, venant à la fois de l'est et du sud.

5 - LA PRÉVISION DU RISQUE SISMIQUE

Toutes les failles inverses de Provence sont potentiellement dangereuses. Elles peuvent être réactivées à tout moment et être le siège de séismes destructeurs. Mais dans l'état actuel des connaissances, personne n'est susceptible de répondre aux quatre interrogations suivantes :

- Quelle faille va rejouer ?
- Où se situera l'épicentre du séisme sur la faille ?
- Quand se produira le séisme ?
- Quelle sera l'intensité du séisme ?

5.1 - La surveillance des failles

Les failles de Provence sont relativement bien surveillées depuis une dizaine d'années parce qu'un centre de recherche nucléaire, sur lequel s'est greffée une usine à haut risque (Morichaud, 2001), a été implantée à Cadarache, sur le tracé du grand couloir de failles actives d'Aix-en-Provence-Durance.

Huit sismographes du Réseau local Provence de l'INSU (Institut national des sciences de l'univers) auxquels s'ajoutent ceux du Réseau national de surveillance sismique (ReNaSS), ceux du Laboratoire de détection géophysique (LGD-CEA) et ceux du SismAlp (Grenoble) enregistrent les pulsations tectoniques du Sud-Est de la France et de la Provence en particulier.

Les sismogrammes mettent en évidence des crises sismiques (Fourno *et al.*, 1993), c'est-à-dire des séries de secousses de faible magnitude qui se produisent le long des quatre zones faillées décrochantes actives du SE de la France, celle d'Aix-en-Provence-Durance, celle de Nîmes, celle des Cévennes et celle du Sillon houiller qui traverse le Massif Central (Fig. 6 et 7). Ils permettent aussi de détecter les chocs isolés localisés sur les failles est-ouest et sur les failles d'orientation NNE, comme celle de Pierrelatte-Marcoule et celle de Salon.

L'enregistrement par les sismographes se fait prati-

quement en temps réel (le temps nécessaire à la propagation des ondes). Il est alors trop tard pour intervenir, les destructions engendrées par les séismes de forte magnitude s'étant déjà produites. Le problème de la prévision reste entier et non résolu car aucun appareil n'est susceptible de donner d'éventuels signes annonçant un séisme.

5.2 - Le recours à la sismologie est-il une aide?

La répartition des séismes historiques permet de mieux connaître le modèle tectonique de la Provence et la localisation des failles actives, mais n'est d'aucun secours dans la réponse aux questions ci-dessus.

La localisation des séismes actuels, l'étude de leurs caractéristiques physiques, et en particulier de leur magnitude même si celle-ci est faible, attestent l'activité quasi permanente de certaines failles comme celles citées ci-dessus.

Ces données mettent en évidence des crises sismiques telles que celles qui se sont produites entre 1992 et 1995 (Fig. 6), mais en aucun cas ne permettent de prévoir l'imminence d'une secousse de forte magnitude.

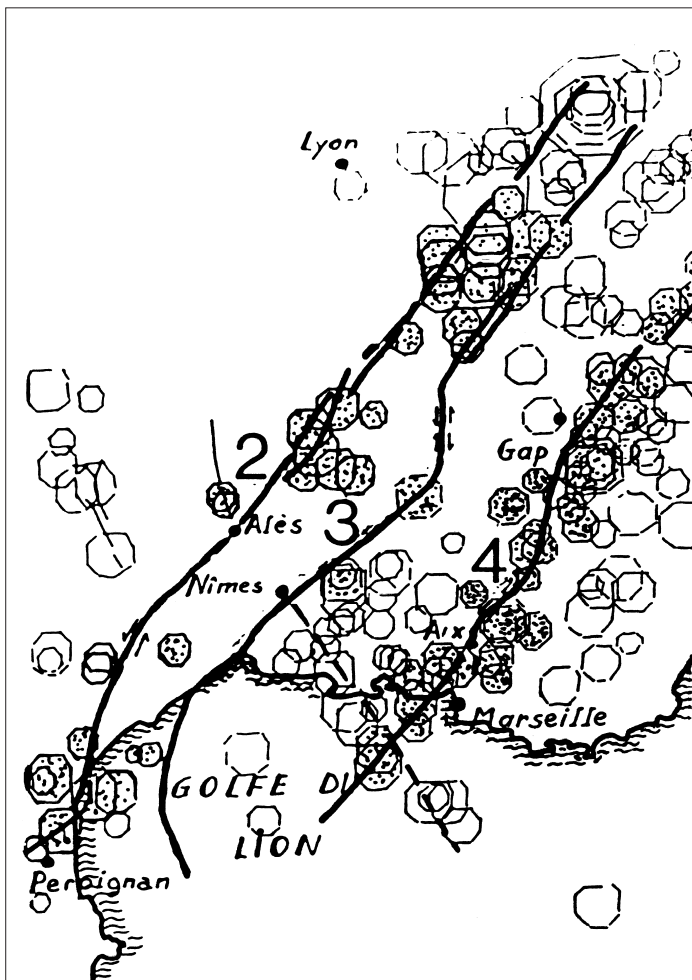


Fig. 6: répartition des séismes le long des failles des Cévennes (2), de Nîmes (3) et d'Aix-en-Provence-Durance (4) pendant la période 1992-1995.

Le calcul de la magnitude ou de l'intensité maximales prévisibles d'un séisme éventuel est possible à la seule condition de connaître avec exactitude la valeur de tous les paramètres contenus dans les formules utilisées. La réalité est fort éloignée de la théorie. Par exemple, la longueur à l'affleurement de la faille considérée, la surface du plan de faille liée à l'estimation de sa profondeur peuvent être diversement appréciées suivant les auteurs, entraînant ainsi des variations considérables dans les estimations, pouvant aller du simple au double. En effet, le dispositif en échelons des failles affectant la couverture sédimentaire provençale traduit l'existence de failles de socle continues. Il est indispensable de prendre en compte dans les calculs le système dans sa globalité; isoler un seul de ces échelons conduirait inévitablement à des erreurs importantes.

Jusqu'au 10 juin 1909, aucun des séismes historiques recensés en Provence n'avait dépassé l'intensité VIII. Mais, le 11 juin 1909, les données de référence ont été brutalement modifiées. Rien ne peut donc exclure que le prochain séisme ne puisse encore monter en puissance et atteindre l'intensité X, à cause de l'implication du socle.

La science actuelle ne peut raisonner que sur les données qu'elle possède. Il faut être bien conscient que l'on ne maîtrise pas tous les paramètres et que l'on n'a aucun moyen d'agir sur les pulsations internes de la planète.

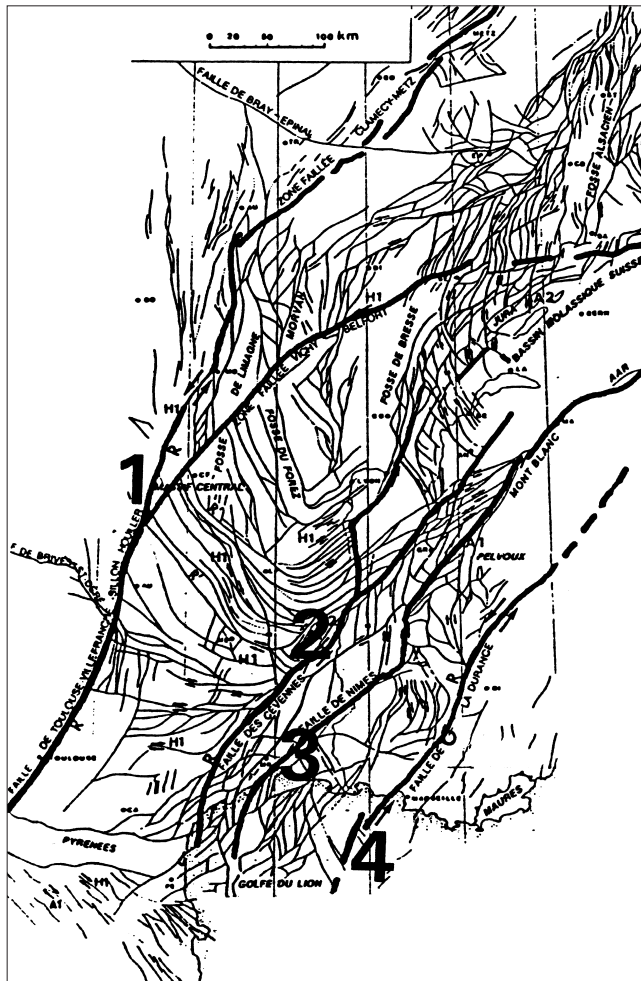


Fig. 7: les quatre grandes failles du SE et les très nombreuses failles transverses (dont les failles inverses) montrent la complexité du réseau faillé et expliquent l'instabilité particulière du sous-sol de la Provence.

BIBLIOGRAPHIE

CUSHING M. & VOLANT Ph., 2000, *État des connaissances acquises par l'IPSN concernant la faille de la Durance dans le secteur de Pertuis à Château-Arnoux*, Rapport SERGD 00-28. IPSN, Paris.

FOURNO J.-P., ROUSSEL J. & LÉCORCHÉ J.-P., 1993, La sismicité instrumentale récente de la Provence dans son cadre sismo-tectonique, *Géologie Méditerranéenne*, t. 20, pp. 7-23.

JOBERT, 1984, *Encyclopédie scientifique de l'Univers - La Terre, les eaux, l'atmosphère*, Bureau des longitudes/Gauthiers Villars Ed., 345 p..

LAMBERT J., BERNARD P., CZITROM G., DUBIÉ J.-Y., GODEFROY P. & LEVRET-ALBARET A., 1997, *Les tremblements de terre en France, hier, aujourd'hui, demain...*, Éditions du BRGM, Orléans.

LAMBERT J., LEVRET-ALBARET A., CUSHING M. & DUROUCHOUX C., 1996, *Mille ans de séismes en France - Catalogues d'épicentres - Paramètres et références*, Ouest Éditions, Presses Académiques, Nantes.

LLIBOUTRY, 1982, *Tectonophysique et géodynamique, une synthèse géologie structurale - géophysique interne*, Masson Ed., 329 p..

MORICHAUD J.-P., 2001, *Rappel, Forum du Plutonium*, Ed. Les Oliviers, 26 | 10 Venterol.

MULLER J. & NURY D., 2000, *Sur les dangers d'un entreposage de déchets radioactifs en subsurface ou en profondeur dans le sud-est de la France*, Collectif rhodanien déchets nucléaires et APRII-RAD.

MULLER J. & NURY D., 2001, *Le centre de recherche nucléaire de Cadarache est situé sur des failles hautement dangereuses. Depuis 40 ans, méconnaissance ou irresponsabilité de nos décideurs?* APRII-RAD Provence-Alpes du Sud, Oraison.

MULLER J., GUIEU G., CORNÉE J.-J., SAINT-MARTIN J.-P., PUIGDEFABRÉGAS C., FERRANDINI J. & BERASTEGUI J., 1997, The role of Eurogondwanian late hercynian faulted swarms during the Eocene Pliocene tectonic evolution of the Mediterranean, *Regional Committee on Mediterranean Neogene Stratigraphy interim Colloquium*, RCMNS Catania, Italie, pp. 79-80.

PRESS F. & SIEVER R., 1974, *Earth*, W. H. Freeman Company, San Fransisco, 945 p..

REYRE G., 1909, *Album-Souvenir du tremblement de terre en Provence*, Comité diocésain d'action religieuse, Aix-en-Provence.