LES FACTEURS REGISSANT LE DETRITISME PERMIEN DANS LE BASSIN DU BAS-ARGENS (PROVENCE ORIENTALE). LEUR EXPRESSION DANS LA PETROGRAPHIE DES SEDIMENTS

par Nadège **TOUTIN-MORIN*** et Jean **DELFAUD****

RESUME. - L'érosion des reliefs hercyniens a alimenté, au Permien, une sédimentation continentale puissante, particulièrement bien connue dans le Bassin du Bas-Argens.
Dans ce bassin intramontagneux le détritisme est guidé par trois facteurs principaux: **la tectonique** post-orogénique qui engendre une forte subsidence, **le volcanisme** puissant, acide et basique, et **le climat** tropical chaud qui s'aridifie peu à peu.
Ce contexte géodynamique s'exprime dans la pétrographie. L'évolution méga-séquentielle traduit un affinement progressif des dépôts en rapport avec l'usure des reliefs bordiers. **Les données sédimentologiques** permettent d'opposer le matériel grossier et hétérogène des bordures, originaire du socle, au matériel fin du centre du bassin; les apports volcaniques rajeunissent périodiquement les produits; **les paramètres géochimiques** reflètent eux aussi l'origine des apports. L'évolution de l'ensemble de ces données traduit l'augmentation de la basicité en liaison avec le comblement du bassin et le développement des faciès confinés.
Le remplissage de ce bassin représente un modèle de molasses rouges déposées à la fin de l'orogenèse hercynienne dans un bassin intramontagneux, encore actif, au pied de reliefs en voie d'érosion.

ABSTRACT. - During the Permian, hercynian reliefs have fed thick continental sedimentation which is particularly well known in the Bas-Argens basin.
In this intermontane basin, detritism is led by three factors: late orogenic **tectonic** which produces strong subsidence, thick **volcanism** and warm tropical **climate** which becomes more and more arid. The dynamic context is expressed in petrography. The mega sequential evolution translates more and more fine deposits correlatively with erosion of reliefs. **Sedimentological studies** show coarse and heterogeneous products on the sides and fine deposits in the center basin; from time to time volcanic products make younger the stock; **geochemical parameters** reflect the origin of the sediments. Evolution of those factors shows the increase basicity when the basin fills and the confined facies expand.
The filling up of the basin represents a model of red molasses which are deposed at the end of hercynian orogenesis, in still active intermontane basin situated at the foot of eroded mountains.

Au Nord du Massif des Maures se développent des bassins permiens sécants sur les structures hercyniennes (BAUDEMONT 1985). Ce sont des bassins tardi-orogéniques, encore affectés par les mouvements tardi-hercyniens et remplis par une épaisse série rouge continentale entrecoupée d'un volcanisme puissant (BOUCARUT 1971). On reconnaît dans la "Dépression permienne" trois bassins principaux qui sont, d'Ouest en Est (fig. 1): le Bassin du Bas-Argens, le Bassin du Luc et le Bassin de Toulon-Cuers. Leur étude a été reprise dans une thèse récente (TOUTIN 1980). Nous décrirons le Bassin du Bas-Argens dont la géométrie est complète et qui constitue un bon modèle permettant de saisir les facteurs qui régissent le détritisme (fig. 2).

* Université de Nice, Géologie-Géochimie, UA 725, 06034-Nice Cédex
**Université de Pau, Géodynamique des bassins, 64000-Pau

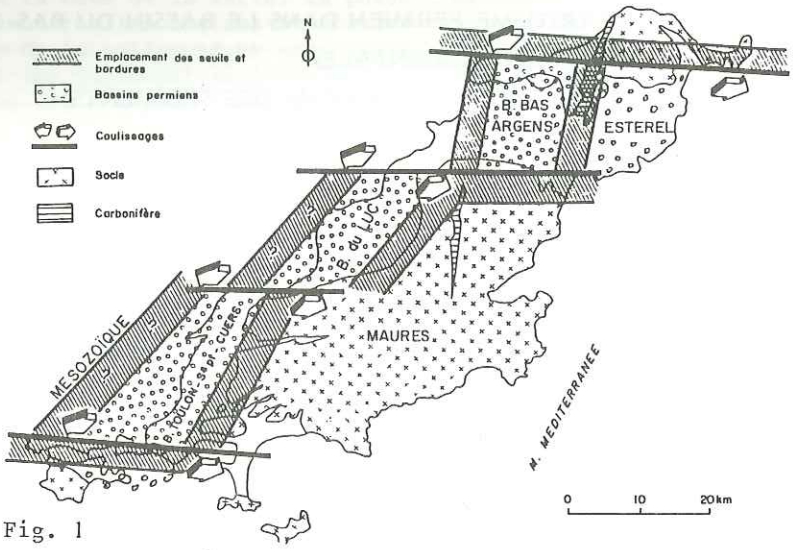


Fig. 1

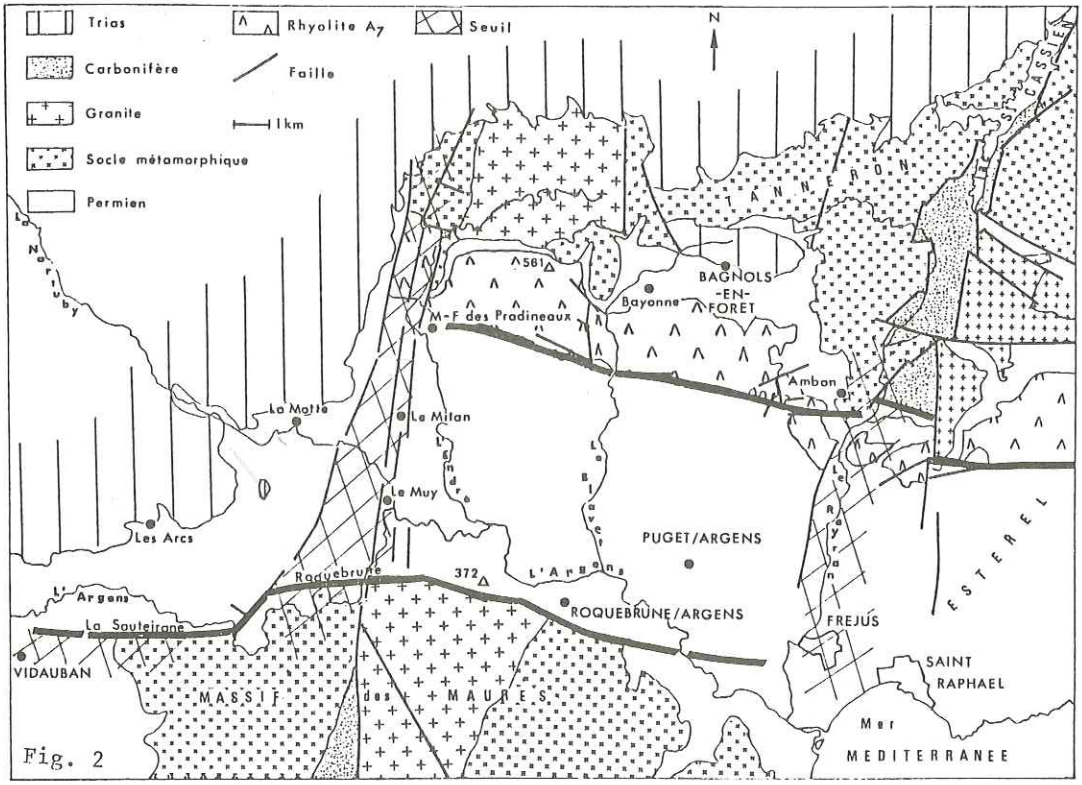


Fig. 2

I. Le contexte géodynamique

Une interprétation des structures existantes permet de modéliser ce bassin et de reconstituer la dynamique tant de son cadre structural que du remplissage (TOUTIN et DELFAUD 1982, 1984).

A - Type de bassin. C'est un bassin intramontagneux, au sens de PERRODON (1969) et de DELFAUD (1984). Il est de forme rhomboèdrique; il est rempli par une série continentale arrachée aux reliefs qui viennent juste d'être édifiés. La subsidence est forte (plus de 1600m de série), ce qui est classique dans un bassin mobile. Le dépôt-centre migre du Nord vers le Sud.
Comme dans tous les bassins intramontagneux qui succèdent à une orogenèse, le volcanisme est important. Ce sont des coulées tour à tour rhyolitiques et basiques, souvent reprises en sédiments volcano-sédimentaires. La coulée la plus importante est la classique rhyolite A7, épaisse de 50 à 300m, datée de 270 MA. Elle s'intercale dans la sédimentation mais ne modifie pas l'agencement séquentiel d'ensemble.

B - Le remplissage. C'est une sédimentation continentale rouge, de type red bed (TURNER 1980). Elle comprend de multiples séquences de 2è ordre qui correspondent à des dépôts bien caractérisés: coulées boueuses, cônes torrentiels, système fluviatile en tresses, puis à méandres, playas confinées avec flaques palustres et lacustres (fig. 3).

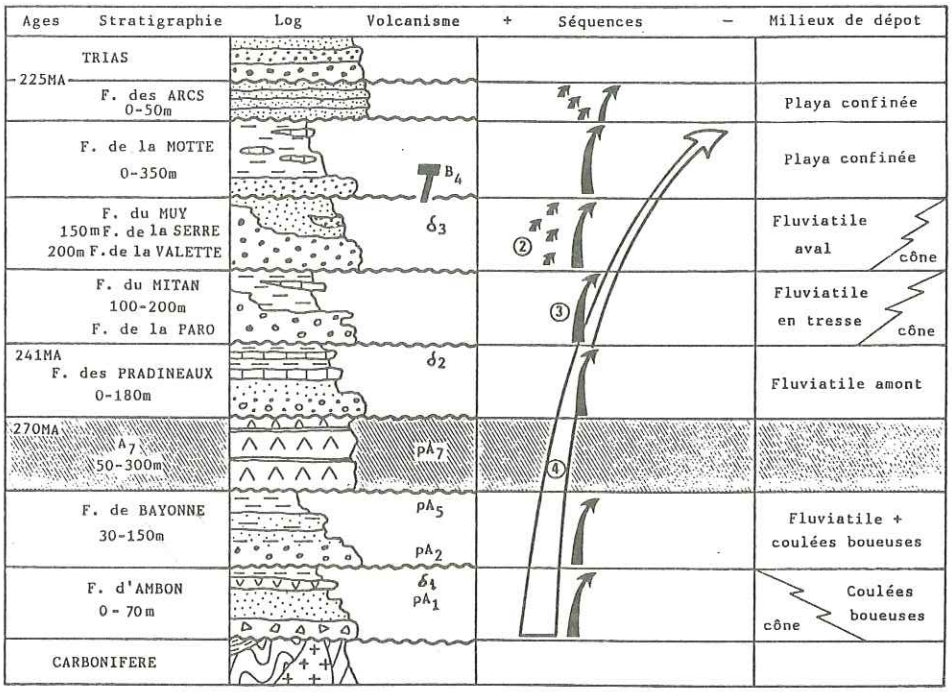


Fig. 3 : Succession stratigraphique dans le Bassin du Bas-Argens

.Verticalement, ces milieux se succèdent dans l'ordre décrit ci-dessus, ce qui traduit une réorganisation du transport: rivières chenalisées succédant aux coulées boueuses en masse, puis comblement du bassin, avec faciès fins. Les sédiments sont alors grossièrement granodécroissants. Leur affinement doit être mis en relation avec la pénéplanation des reliefs bordiers.

.Horizontalement, les faciès sont également organisés, les sédiments grossiers à blocs et galets étant situés sur les bordures, aux pieds des reliefs nourriciers. Soulignons l'importance des cônes torrentiels qui accompagnent une mobilisation des bordures. Ces édifices sont situés d'abord sur la bordure nord (Bayonne), puis sud (Roquebrune). Ce mouvement accompagne et souligne le basculement qui déplace le dépôt-centre.

C - Tectonique. Il s'agit d'une tectonique synsédimentaire qui désorganise la chaîne hercynienne. Les mouvements sont essentiellement en extension et en transtension, avec des déplacements relatifs très faibles.

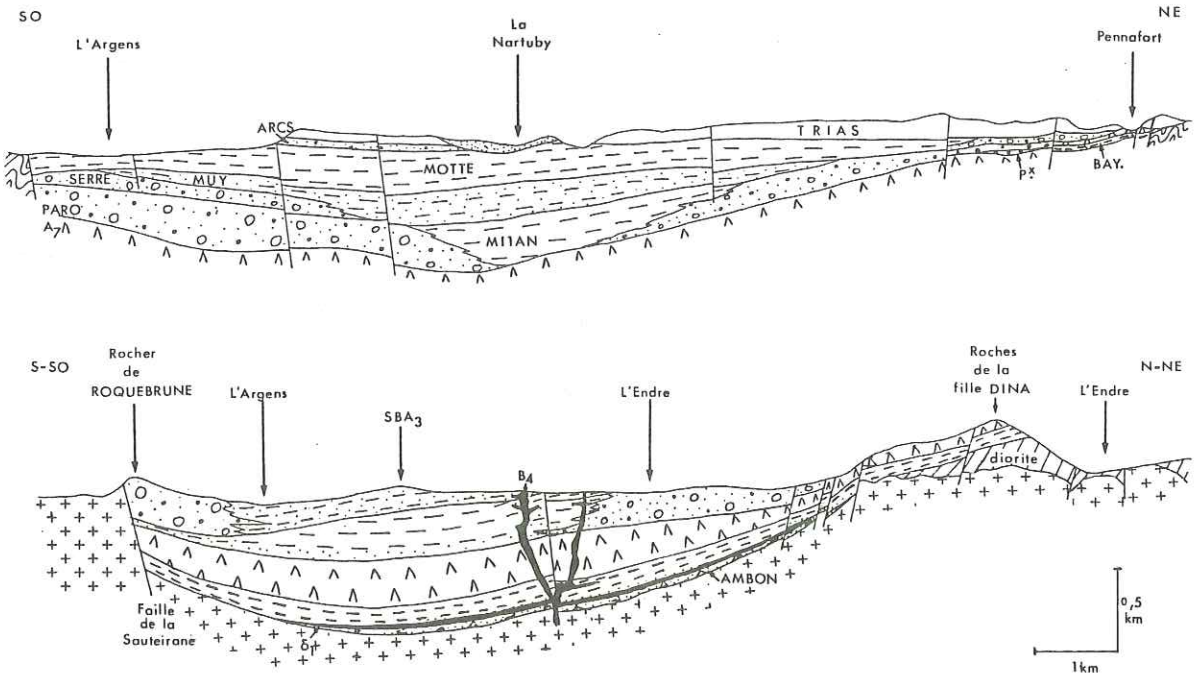


Fig. 4 - Coupes Nord-Sud à travers le Bassin du Bas-Argens.

.Une coupe NS (fig. 4) montre le jeu des failles normales orientées EO qui limitent le bassin et qui sont soulignées par des cônes torrentiels. La subsidence est ainsi guidée par la tectonique, bien que l'activité volcanique intense suppose également des évolutions thermiques.

.Une exploration par sondages a montré l'existence de seuils transverses, d'orientation NS. Ces horts ont joué pendant la sédimentation, selon des modalités complexes (paléorelief du Reyran à l'Est, seuil du Muy dans le bassin; le seuil de Vidauban, à l'Ouest, est d'orientation EO).

D - Le climat. La rubéfaction intense est associée à une situation de piémont montagneux très arrosé. Les critères géochimiques suggèrent un climat tropical chaud, peu agressif, mais très humide (rivières importantes). Ce climat connaît une aridification progressive à l'approche du Trias (asssèchement des flaques lacustres, puis apparition des traces d'éolisation sur les grains et de regs à dreikanters).

Tels sont les grands traits de la dynamique du bassin qui vont engendrer des facteurs particuliers de la sédimentation. Leurs caractéristiques s'expriment dans la pétrographie des sédiments, monotones en apparence, variés dans le détail.

II. Caractéristiques pétrographiques du remplissage continental

Les sédiments sont fondamentalement des lutites rouges entrecoupées de corps détritiques grossiers (brèches, conglomérats, grès) dont la richesse en feldspaths rappelle les arkoses originelles.

A - Agencement séquentiel. Nous avons procédé à une décomposition séquentielle de cette série (fig. 3). L'ensemble constitue une séquence de 4è ordre, comprise entre deux discordances, tectonique à la base, paléogéographique au sommet (arrivée du Trias conglomératique). Chaque formation correspond à une séquence de 3è ordre, grano et stratodécroissante. Ce sont des séquences de comblement qui se terminent toujours par des sédiments fins de playas balayées par le vent. Elles sont délimitées par des surfaces de ravinement d'extension régionale. L'énergie décroît depuis un pôle détritique (coulées boueuses, cônes, fleuves) jusqu'au dépôt de lutites par décantation. Dans le détail, les apports détritiques s'organisent en séquences mineures (2è ordre) qui sont strato et granodécroissantes, à l'exception de cônes dont la polarité est inverse.

B - Granulométrie. Les courbes granulométriques montrent une évolution verticale, liée à l'organisation du système de transit:

- à la base, les coulées boueuses sont fréquentes et le sédiment est mal classé (Formation d'Ambon);
- puis les sédiments sont assez bien classés et de granulométrie moyenne (Formation de Bayonne);
- à nouveau le sédiment dévient plus grossier et mal classé (Formation des Pradineaux et du Mitan), puis il s'affine dans les formations du Muy et de la Motte (fig. 5) avec la superposition des actions fluviatiles et éoliennes.

Ainsi, après le démantèlement sur place du socle, un système fluviatile s'installe. Il apporte des sédiments fins et bien classés provenant de l'Est et se déposant successivement au Nord du bassin (Formation des Pradineaux), puis au centre et à l'Ouest (Formations du Mitan et du Muy). Des apports plus grossiers, correspondant à des cônes, se manifestent dès la formation des Pradineaux; la source est située au Sud (socle des Maures).

C - Morphoscopie. Bien que les quartz ne constituent qu'une faible partie (24 à 40%) du sédiment, leur aspect confirme les mécanismes de transport déjà évoqués.

- Les quartz non usés, ou cassés, sont fréquents surtout à la base. Le faible transport est confirmé par la présence d'individus qui présentent encore des portions de faces originelles des cristaux.
- Les grains émoussés luisants se multiplient dans les assises fluviatiles. Ils atteignent un pourcentage de 65% dans la formation de Bayonne.
- Dès les formations du Mitan et du Muy, les actions éoliennes sont attestées par l'augmentation du nombre de grains picotés, puis rond mats.

D - Les minéraux lourds. Ils se répartissent en 4 associations: les minéraux ubiquistes, les minéraux de métamorphisme, les minéraux volcaniques, les "micas". Les variations verticales et horizontales sont multiples, liées aux conditions de transport et aux apports volcaniques, mais il n'y a pas de différences significatives dans les apports provenant des deux socles (nord et sud). Verticalement (fig. 6), on peut distinguer trois zones: à la base, des niveaux riches en minéraux de métamorphisme ou éruptifs, au milieu, une zone enrichie en ubiquistes, au sommet, une concentration de micas (Formation du Muy).

Ces stocks ont chacun leur histoire: les minéraux métamorphiques sont arrachés aux socles bordiers, certains minéraux éruptifs proviennent de vieilles coulées (surtout basiques). Les minéraux ubiquistes, en particulier le zircon, ont une double signification: soit des apports lointains ayant subi une longue évolution, soit le démantèlement de coulées volcaniques de type rhyolitique. Enfin, les minéraux micacés résultent de l'érosion rapide du socle ou de coulées. Leur accumulation est d'origine mécanique: étant très flottables, ils restent longtemps en suspension et ne se déposent qu'avec les sédiments fins.

Ainsi, la variété des minéraux lourds confirme la complexité des apports ayant comblé le Bassin du Bas-Argens.

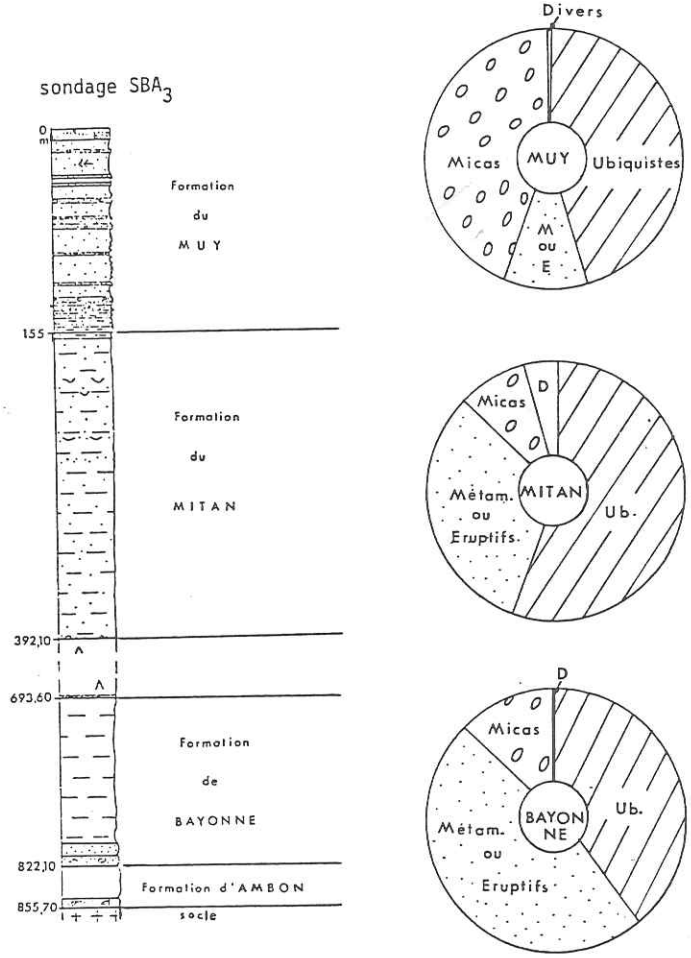


Fig. 5

Répartition des familles de minéraux lourds dans les formations de Bayonne, du Mitan et du Muy.

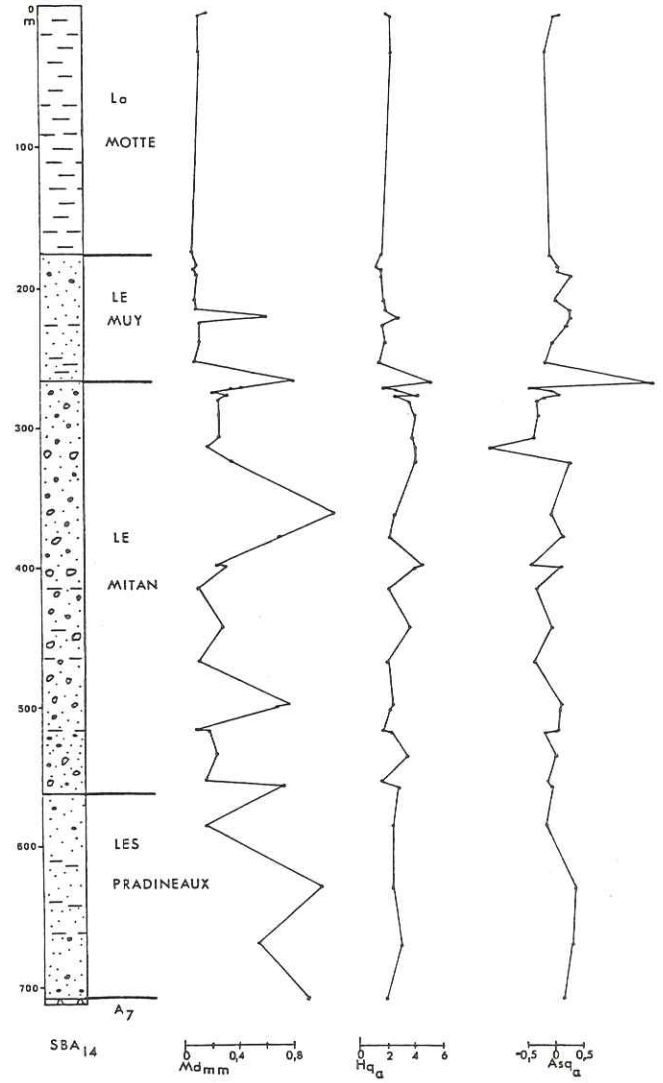


Fig. 6

Evolution de la médiane (Md), de l'hétérométrie (Hq) et de l'asymétrie (Asq), en fonction de la colonne stratigraphique.

E - Minéraux argileux. Leur variété s'explique également par les multiples apports évoqués ci-dessus. La source principale, venant de l'Est, fournit des minéraux altérés, interstratifiés, illite-montmorillonite. Ces minéraux s'agradent dans le centre du bassin pour former de l'illite: c'est le minéral prépondérant. Il est lié à un climat rubéfiant non agressif, qui engendre des sols légèrement basiques avec dépôt de croûtes calcaires. Deux minéraux s'ajoutent à ce stock: la kaolinite, héritée ou provenant du lessivage en altitude des reliefs bordiers et la montmorillonite néoformée dans les cuvettes confinées . Les apports volcaniques alimentent également la formation de la montmorillonite.
Au total, nous retrouvons les caractéristiques d'une sédimentation rouge de piémont, à illite dominante associée à des minéraux qui se forment en différents points d'une toposéquence très étagée du point de vue altitudinal.

F - Oligo-éléments. On peut distinguer 4 associations qui prédominent tour à tour (fig. 7).

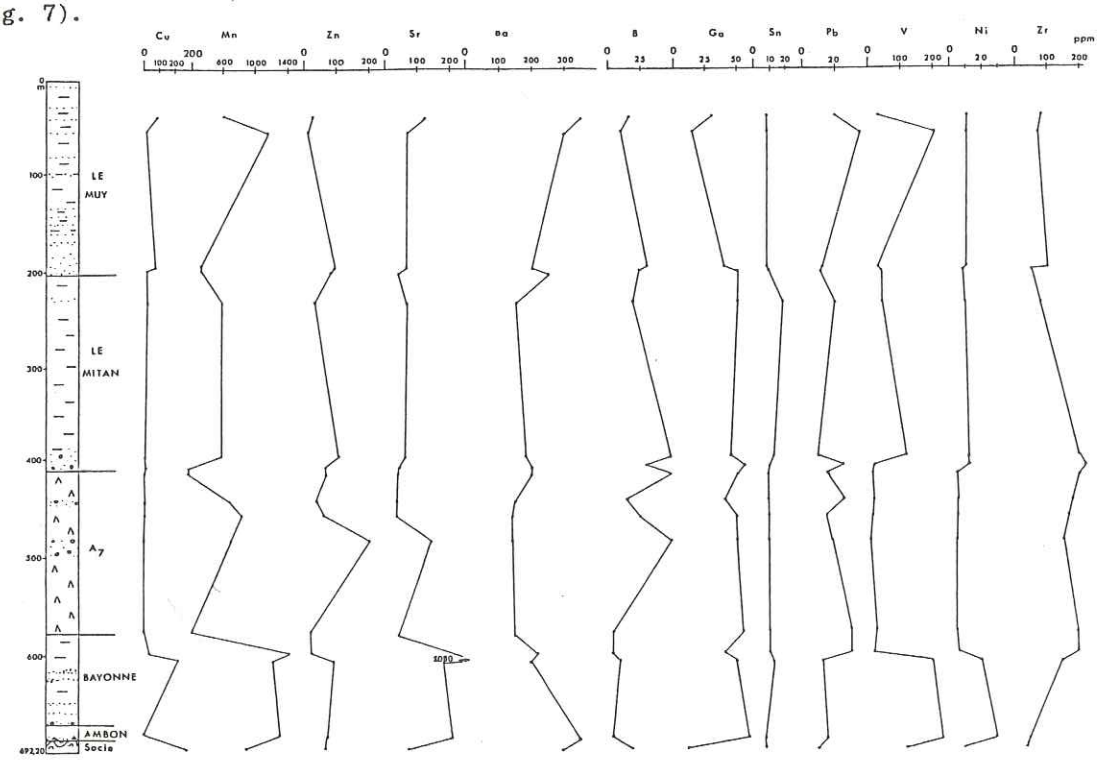


Fig. 7- Variations des teneurs en Cu, Mn, Zn, Sr, Ba, B, Ga, Sn, Pb, V, Ni et Zr dans le sondage SBA_1.

- Le détritisme du socle est représenté par le Nickel, le Vanadium et le Manganèse, abondant dans les arènes peu évoluées de base de série, surtout en ambiance oxydante.

- Les apports volcaniques, particulièrement importants avec la rhyolite A7, provoquent un enrichissement en Etain, Zinc, Zirconium et Bore.

- Le chimisme du milieu est très modéré. Etant en environnement continental, les teneurs en Bore sont faibles (90ppm) en dehors des apports volcaniques. Le Strontium et surtout le Barium accompagnent la sédimentation carbonatée lacustre.

- Les milieux confinés du sommet concentrent le Cuivre et le Plomb, indicateurs de conditions réductrices.

Ce sont là les associations classiques d'un limon rouge à illite; il s'y ajoute les apports importants liés au volcanisme qui imposent leur cachet à tout le cortège des oligo-éléments.

G - Les facteurs essentiels. Le remplissage du bassin fut trop rapide pour que les différents types d'apports évoluent en un sédiment homogène. On retrouve donc les caractéristiques des facteurs essentiels qui ont conditionné cette sédimentation (fig. 8).

Formations	Caractères pétrographiques	Granulométries	Minéraux lourds	Aspect des quartz	Argiles	Manifestations volcaniques
Les Arcs	grès à ciment calcaire	Md= 0,315 mm sables moyens TB classés	Zr, Disth. Dolomite	EL → RM RM >	I^{++}	Q ρ et lambeaux cinéritiques
La Motte	argiles lie-de-vin à passées calcaires	Md = 0,135 mm sables fins à très fins TB classés	Zr et Ap ±Disth.,Gr ,Hrnbl. Hématite Prehnite,Céladonite	EL → RM	I^{++} $Chl^{\pm}$ $K^{\pm}$ E: ±Mt et Cor.	
Le Muy	grès, psammites, argiles, matière organique	2 populations 0,100 et 0,063 mm sables fins	micas,Ap Zr ±Gr,Hrnbl.verte ou brune, prehnite ±Gr violet micas	EL ↔ RM EL >	I^{++} $Chl^{\pm}$ $K^{\pm}$ E: ± Mt et Cor.	Q ρ et échardes
La Serre La Valette	conglomérats conglomérats	Md = 0,315mm épandages non triés		RM > EL		échardes
Le Mitan	grès et argiles brunes	0,100 et 0,063mm + vers le sud 1,6 > Md > 0,315mm	C : Zr, Ap Gr.,Hrnbl. SE : micas Ap,Zr,Gr violet micas, pyrite	EL ↔ RM EL >	I^{++} $Chl^{\pm}$ E : Mt^{+++} $K^{\pm}$	Q ρ, fragments de verres et de cinérites
La Paro	conglomérats	Md = 0,315mm épandages				
Les Pradineaux	grès et argiles, calcaires à Ostracodes	N : Md = 0,063mm S : 1,6>Md>0,100	Zr,Ap ,Gr,Hrnbl. verte ou brune micas	EL ↔ RM EL >	I^{+++}	cinérites,tuffites gouttes de cendres billes de verre
Intercalations volcano-sédim. dans A_7	grès et conglomérats	0,8 >Md> 0,125mm Md = 0,315mm	Zr et au C : Disth.,Hrnbl. S : Gr		I^{++} Chl et K tr E : Mt^{++}	ρ A_7
Bayonne	grès feldspathiques et conglomérats	N : sables fins B. classés S : sables gross.	Micas, Ap. Hrnbl. ± Gr,St,Disth.	EL > NU EL ↔ RM	I^{+++} Chl^{+} $K^{\pm}$	ρ A_2
Ambon	argiles grès et brèches	0,8 > Md > 0,125mm sables plurinodaux	Olivine micas Gr , Ap	NU	I^{+++}	δ 1 P A_1 Qρ, échardes, galets doléritiq.

Fig. 8 : Résumé des principaux résultats sédimentologiques

. Le climat était de type tropical à saisons alternées (MILLOT et al 1961). Il a guidé la pédogenèse rubéfiante, accentuée par le lessivage associé à l'existence de forts reliefs commandant le piémont. L'aridification progressive a asséché les lacs à sédimentation calcaire et augmenté le façonnement éolien.

. Le chimisme fut progressivement basique et un confinement, n'allant pas jusqu'au dépôt d'évaporites, s'est développé dans une ambiance réductrice. Toutes ces conditions furent favorables à la conservation des galets polycristallins et des feldspaths.

. Les types de transport évoluent avec cette dérive climatique. A une sédimentation fluviatile de climat humide succèdent des dépôts de playas arides. L'alternance saisonnière est attestée par de brusques coulées boueuses arrachées aux bordures très élevées.

. Les apports témoignent aussi de forts reliefs. A un matériel évolué, provenant de l'Est, se superposent des arrivées massives de matériel grossier provenant des bordures nord et sud (fig. 9). Vers le centre du bassin, dans les zones les plus subsidentes, la sédimentation s'affine. Sur les bordures, au contraire, la sédimentation est peu épaisse mais grossière, alimentée par des cônes torrentiels déposés au pied des reliefs bordiers (fig. 10).

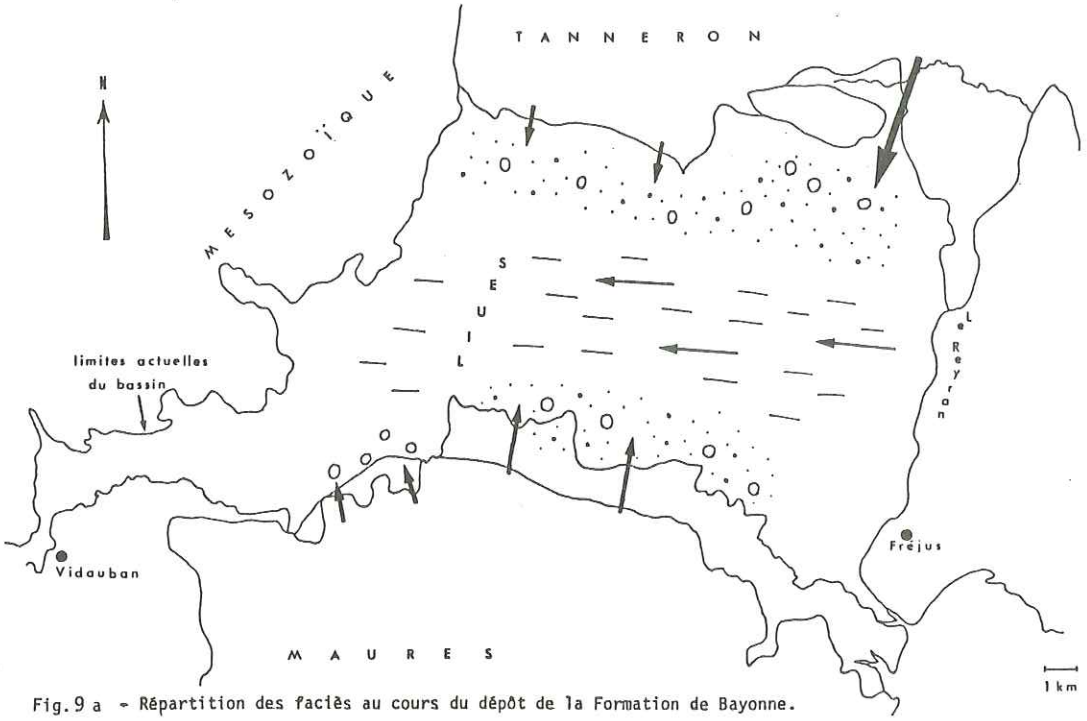


Fig. 9 a - Répartition des faciès au cours du dépôt de la Formation de Bayonne.

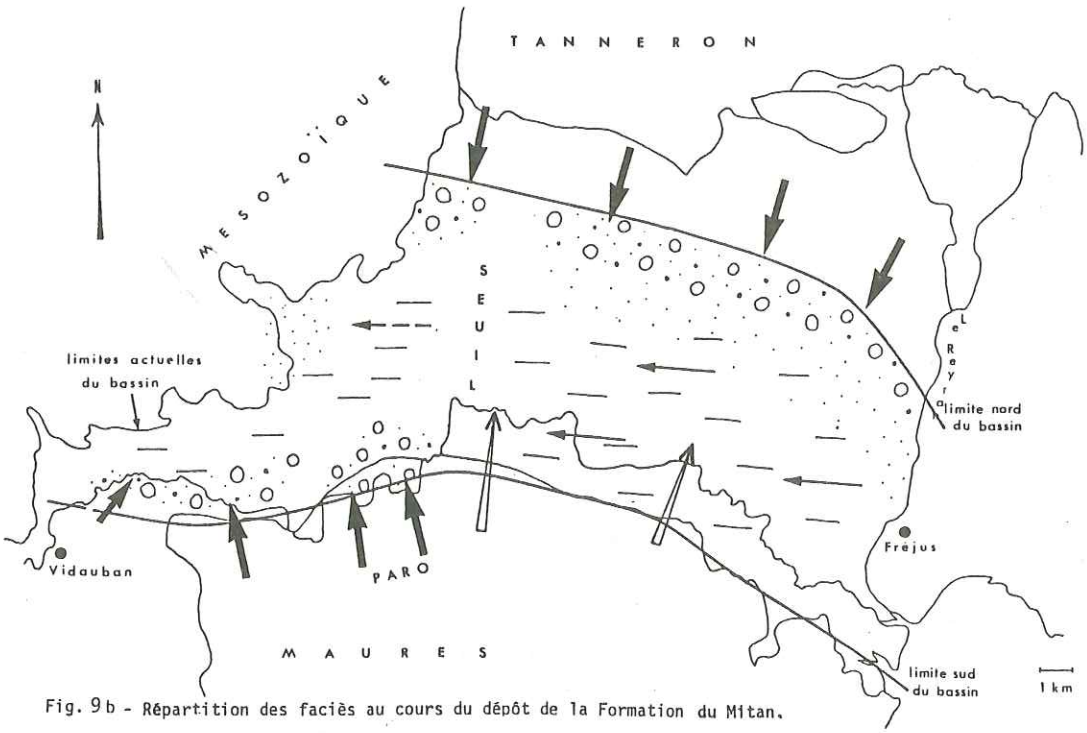


Fig. 9 b - Répartition des faciès au cours du dépôt de la Formation du Mitan.

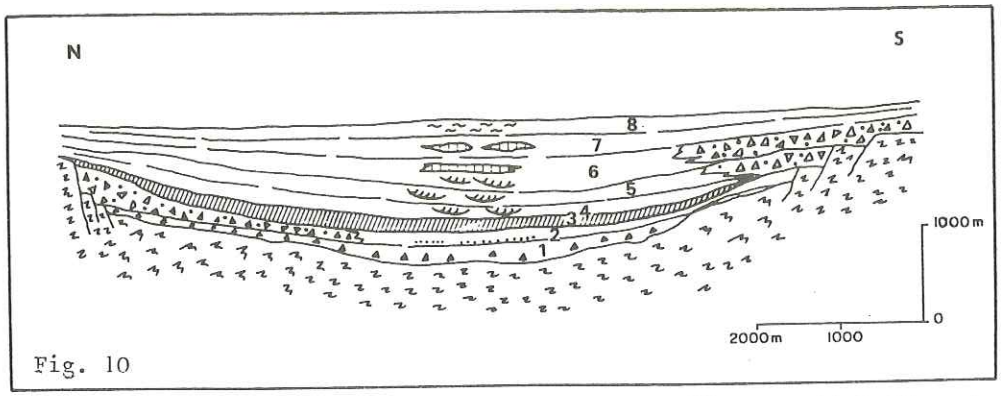


Fig. 10

.Enfin, les apports volcaniques ont joué un rôle essentiel déterminant la nature du matériel et conditionnant le chimisme des eaux.

Au total, ce sont là les caractéristiques de red beds de piémont, en climat tropical, avec des apports variés alimentés par des reliefs jeunes.

Le Bassin permien du Bas-Argens constitue donc un modèle de bassin intramontagneux rempli par une molasse post-orogénique. Ce bassin, encore actif, engendré par des failles, succède à l'orogenèse varisque. Il est très subsident et se remplit de limons rubéfiés entrecoupés d'arrivées détritiques. Le volcanisme, également actif, contribue grandement au remplissage en apportant une grande richesse de minéraux. Progressivement, cette mobilité se ralentit, parallèlement à l'usure des reliefs bordiers. Les conditions sont prêtes pour le dépôt du Trias, à la base d'un nouveau cycle orogénique.

BIBLIOGRAPHIE

BAUDEMONT D.- 1985 - Relations tectoniques socle-couverture en Provence orientale. Evolution tectonosédimentaire permienne du Bassin du Luc (Var). Thèse Doct. Un. L.Pasteur, Strasbourg, 204p.

BOUCARUT M.- 1971 - Etude volcanologique et géologique de l'Estérel (Var, France). Thèse Doct. ès-Sciences Université de Nice, 2t., 487p.

DELFAUD J.- 1984 - Le contexte géodynamique de la sédimentation continentale. Modèles d'organisation. Bull. Centre Rech. Explor.-Prod. Elf-Aquitaine, 8, 1, p.27-53.

MILLOT G., PERRIAUX J. et LUCAS J.- 1961 - Signification climatique de la couleur rouge des grès permo-triasiques et des grandes séries détritiques rouges. Bull. Serv. carte géol. Alsace-Lorraine, 14, 40, p.91-100.

PERRODON A.- 1969 - Esquisse d'une géologie dynamique des bassins sédimentaires. Sc. de la Terre, 14, 4, p.301-328.

TOUTIN N.- 1980 - Le Permien continental de la Provence orientale (France). Thèse Doct. ès-Sciences Université de Nice, 2t., 594p.

TOUTIN N., DARS R. et DELFAUD J.- 1982 - Un bassin continental post-orogénique: le bassin permien du Bas-Argens (Var). 9è R.A.S.T. Paris, p.608.

TOUTIN-MORIN N. et DELFAUD J.- 1984a - Evolution du remplissage continental du bassin tardi-orogénique du Bas-Argens (Provence, France). 5è congrès européen Sédimentologie Marseille, p.439-440.

TOUTIN-MORIN N. et DELFAUD J.- 1984b - Un modèle de bassin continental intramontagneux tardi-orogénique: Le Permien du Bas-Argens (Var, France). 27è congr. géol. internat. Moscou, S.01.2.3., vol.I, p.195-196.

TURNER P.- 1980 - Continental red beds. Dev. Sedimentol., 29, 562p.