

# Le complexe plutonique de Charroux-Civray (Vienne) : témoin du magmatisme infra-carbonifère dans le segment occidental de la chaîne varisque européenne \*

Michel CUNEY (1)  
Marc BROUAND (1)  
Jean-Marc STUSSI (2)  
Denis VIRLOGEUX (3)

*The Charroux-Civray plutonic complex (Vienne): evidence of Lower Carboniferous magmatism in the western part of the European Variscan belt*

Géologie de la France, n° 1-2, 2001, pp. 143-166, 11 fig., 6 tabl.

Mots-clés : Chaîne varisque européenne, Magmatisme, France, Massif central français, Charroux-Civray.

Key words: European Variscides, Magmatism, France, Charroux-Civray, French Massif Central.

## Résumé

Le complexe plutonique de Charroux-Civray (Vienne) appartient au socle cristallin sous couverture sédimentaire mésozoïque du seuil du Poitou. Initialement destiné à l'implantation du laboratoire souterrain d'études en vue du stockage des déchets radioactifs en domaine cristallin, il a fait l'objet d'études pétrologiques et géochimiques (Rb/Sr ; Sm/Nd) effectuées sur dix-sept sondages de reconnaissance implantés par l'ANDRA dans les cantons de Charroux et de Civray (Vienne). Ce complexe est formé de plusieurs intrusions pénécontemporaines dont les compositions vont de diorites quartzifères à des tonalites et granodiorites calco-alkalines, de monzogabbrodiorites et monzodiorites quartzifères à des monzogranites shoshonitiques et à des leucogranites à deux micas peralumineux. Ces intrusions sont accompagnées par un réseau de filons basiques (microgabbrodiorites, micromonzogabbrodiorites à monzonites quartzifères) et acides ([leuco]granodiorites, [leuco]gra-

nites, [leuco]monzogranites calco-alkalins et shoshonitiques) contemporains des intrusions encaissantes (contacts à l'état visqueux, brèches magmatiques). Ces filons ont des compositions peu différentes de celles des intrusions. Les filons de lamprophyres, microgranites et rhyolites sont tardifs. Les études géochimiques Rb/Sr et Sm/Nd indiquent que l'origine des différents magmas fait appel à des matériaux mantelo-dérivés plus ou moins contaminés, lors d'une subduction antérieure, par des magmas crustaux et/ou, pour certains, sans doute modifiés par des processus d'assimilation-cristallisation fractionnée. Les datations U/Pb sur zircons de plusieurs intrusions de Charroux-Civray et du Confolentais situent leur mise en place entre 345 et 355 Ma, en relation avec le stade collisionnel méridional (385 Ma) et septentrional (360 Ma) de l'édification de la chaîne varisque française.

## Abstract

The Charroux-Civray plutonic complex (Vienne, France) forms part of the

basement underlying the Mesozoic sedimentary pile of the Seuil du Poitou located between the French Massif Central to the southeast and the Armorican Massif to the northwest. The complex has been selected by ANDRA as a potential site for setting up an underground laboratory to study the feasibility of radioactive waste repository in plutonic rocks. It has been studied for its petrological and geochemical (Rb/Sr; Sm/Nd) characteristics by means of seventeen boreholes drilled in the vicinity of Charroux and Civray. The complex consists of several coeval intrusions with compositions varying from calc-alkaline quartz diorite, tonalite, leucotonalite and granodiorite, through shoshonitic monzogabbrodiorite, quartz monzodiorite, quartz monzonite and monzogranite, to peraluminous two-mica leucogranite. The intrusions are associated with basic to acidic dykes of calc-alkaline and shoshonitic nature with a composition that is either comparable to or generally slightly different from that of the intrusions. Except for the microgranite, rhyolite and lampro-

\* Manuscrit déposé le 24 juillet 2000, accepté le 30 avril 2001.

(1) UMR-G2R, CREGU, Université Henri Poincaré, Nancy I, BP 239, 54506 Vandoeuvre-lès-Nancy Cedex.

(2) 5, rue des Glières, 54500 Vandoeuvre-lès-Nancy.

(3) ANDRA, Parc de la Croix Blanche, 92298 Châtenay-Malabry.

*phyre, dyke emplacement is coeval with that of the intrusions, as reflected by viscous contacts, magmatic breccia, mingling structures, etc. Rb/Sr and Sm/Nd systematics indicate that the origin of the different rocks implies mixing of mantle- and crustal-derived magmas, probably associated with assimilation-fractional-crystallization (AFC) processes. According to new U/Pb datings on zircons from several intrusions from the Charroux-Civray complex and the adjacent Confolentais area in western French Massif Central, the various intrusions were emplaced from 345 to 355 Ma. This age range is consistent with an emplacement associated with the collisional stage of the development of the French Variscan belt.*

## Introduction

L'existence d'un socle granitoïdique sous la couverture mésozoïque du seuil du Poitou entre le socle du Massif central occidental, à l'est, et le socle vendéo-sud-armoricain, au nord-ouest, a constitué l'un des critères principaux pour la sélection, par l'ANDRA, d'un site potentiel destiné à l'implantation d'un laboratoire souterrain d'études en vue du stockage des déchets radioactifs en domaine cristallin (fig. 1). Dix-sept sondages carottés et orientés de 200 à 1000 m de profondeur ont permis, avec l'appui de la géophysique (Virlogeux *et al.*, 1999), de reconnaître la géologie de ce site sur un domaine d'environ 125 km<sup>2</sup> dans les cantons de Charroux et de Civray (Vienne) (fig. 2). La couverture sédimentaire liasique à jurassique moyen du seuil du Poitou ayant une épaisseur moyenne de 150 m, ces sondages représentent 4000 m de coupe dans le socle cristallin et correspondent à un volume exploré de l'ordre de 50 km<sup>3</sup>. Le secteur initialement retenu en vue de l'implantation d'un futur laboratoire d'études souterrain n'y représente qu'environ 0,5 km<sup>3</sup>.

En complément des travaux de reconnaissance géophysiques, de surface et sur sondages effectués par l'ANDRA, le BRGM et Gagny (1997), la présente note expose les caractéristiques pétrologiques et géochimiques des formations plutoniques traversées par ces sondages. Elle apporte, en outre, des données nouvelles sur un segment important, jusqu'à présent reconnu uniquement par géophysique (Autran *et al.*, 1994), de la chaîne varisque

française situé entre le Massif central au sud-est et le Massif armoricain au nord-ouest (fig. 1).

## Méthodologie

Les études pétrologiques, géochimiques et géochronologiques des plutonites de Charroux-Civray ont été réalisées à partir d'un échantillonnage effectué sur 17 sondages par prélèvements systématiques tous les 18 m environ. Cet échantillonnage a été complété par des prélèvements spécifiques sur des faciès particuliers rencontrés (variations de faciès, enclaves, filons, zones d'altération particulières). Plus de 300 échantillons ont été prélevés et analysés. Les caractéristiques pétrographiques, minéralogiques et géochimiques ont été déterminées à partir : (i) de l'étude directe des carottes par pétrographie macroscopique, (ii) de déterminations minéralogiques (paragenèses minérales) et texturales sur lames minces, (iii) d'une typologie géochimique définie à partir de la composition en éléments majeurs sur roches totales (y compris des analyses complémentaires de FeO, F, Li, CO<sub>2</sub>), éléments traces et terres rares, (iv) de l'analyse à la microsonde électronique des principaux minéraux des différents types pétrographiques (Service commun d'analyses, Université Henri Poincaré de Nancy I), (v) de géochimie isotopique Rb/Sr et Sm/Nd sur une sélection d'échantillons. La nomenclature des roches utilise leur paragenèse minérale, l'analyse normative et leur composition chimique. Cette dernière est présentée dans des diagrammes chimico-minéralogiques conventionnels (Peccerillo et Taylor, 1976 ; Debon et Le Fort, 1988 ; Le Maître, 1989 ; Middlemost, 1991). La présente étude a en outre bénéficié de nouvelles datations géochronologiques U-Pb sur zircon des principaux types de plutonites (Bertrand *et al.*, 2001, ce volume) auxquelles il a été fait largement appel dans la discussion.

## Pétrographie

Les caractères pétrographiques et paragenèses minérales principales des différents types pétrographiques rencontrés dans les sondages (tabl. 1) montrent que le complexe de Charroux-Civray est formé de plusieurs intrusions présentant un éventail de lithologies couvrant la presque totalité des champs de compositions des roches plutoniques :

1) monzogabbrodiorites à clinopyroxène, hornblende, biotite, plagioclase andésine (An<sub>35</sub>-An<sub>45</sub>), sphène, magnétite (sondage 115) ;

2) diorites quartzifères à hornblende, biotite, plagioclase An<sub>25</sub>-An<sub>40</sub>, magnétite, sphène (sondages 104, 110) ;

(3) tonalites à hornblende (quelquefois avec coeurs à quartz symplectique), reliques de CPX (au coeur de la hornblende), biotite, plagioclase andésine (An<sub>30</sub>-An<sub>45</sub>), sphène, magnétite (sondage 103) ;

4) tonalites et leucotonalites à biotite ± hornblende, oligoclase-andésine (An<sub>25</sub>-An<sub>45</sub>), quartz, ± sphène et magnétite, ± orthose (sondages 102, 104, 110, 112 et 212) ;

5) monzodiorites quartzifères (sondages 107, 108, 111), monzonites quartzifères (sondage 113 et 117) et monzogranites (sondages 106), à biotite, hornblende, oligoclase-andésine (An<sub>25</sub>-An<sub>35</sub>), orthose, quartz, ± sphène et magnétite, allanite ;

6) granodiorites à biotite, oligoclase, orthose, quartz (sondage 105) ;

7) leucogranites à biotite, muscovite, albite, orthose, quartz (sondage 109). Certaines paragenèses sont en outre remarquables par la présence d'anhydrite et d'épidote (Ps28) magmatique et d'hydrogrenat. L'anhydrite forme des cristaux automorphes de cristallisation précoce en site intra- (hornblende, sphène, plagioclase, feldspath-K), interminéral ou microfissural dans la plupart des sondages. Sa présence, qui n'est pas spécifique d'un type pétrographique, constitue la première découverte d'anhydrite dans des roches plutoniques (Cuney *et al.*, 1999), les autres occurrences ayant été observées dans des roches volcaniques ou hypovolcaniques (Baker et Rutherford, 1996).

Les altérations hydrothermales et supergènes concernent la séricitisation et l'argillisation (plagioclases), la chloritisation (biotite ; hornblende), la calcitisation (amphibole), l'épidotisation (amphibole, plagioclase), l'hématitisation (amphibole, sphène, biotite) et l'adularisation (feldspaths ; microfissures). Les altérations sont surtout développées en tête de sondages sur environ 30 à 50 m sous la discordance avec la couverture sédimentaire

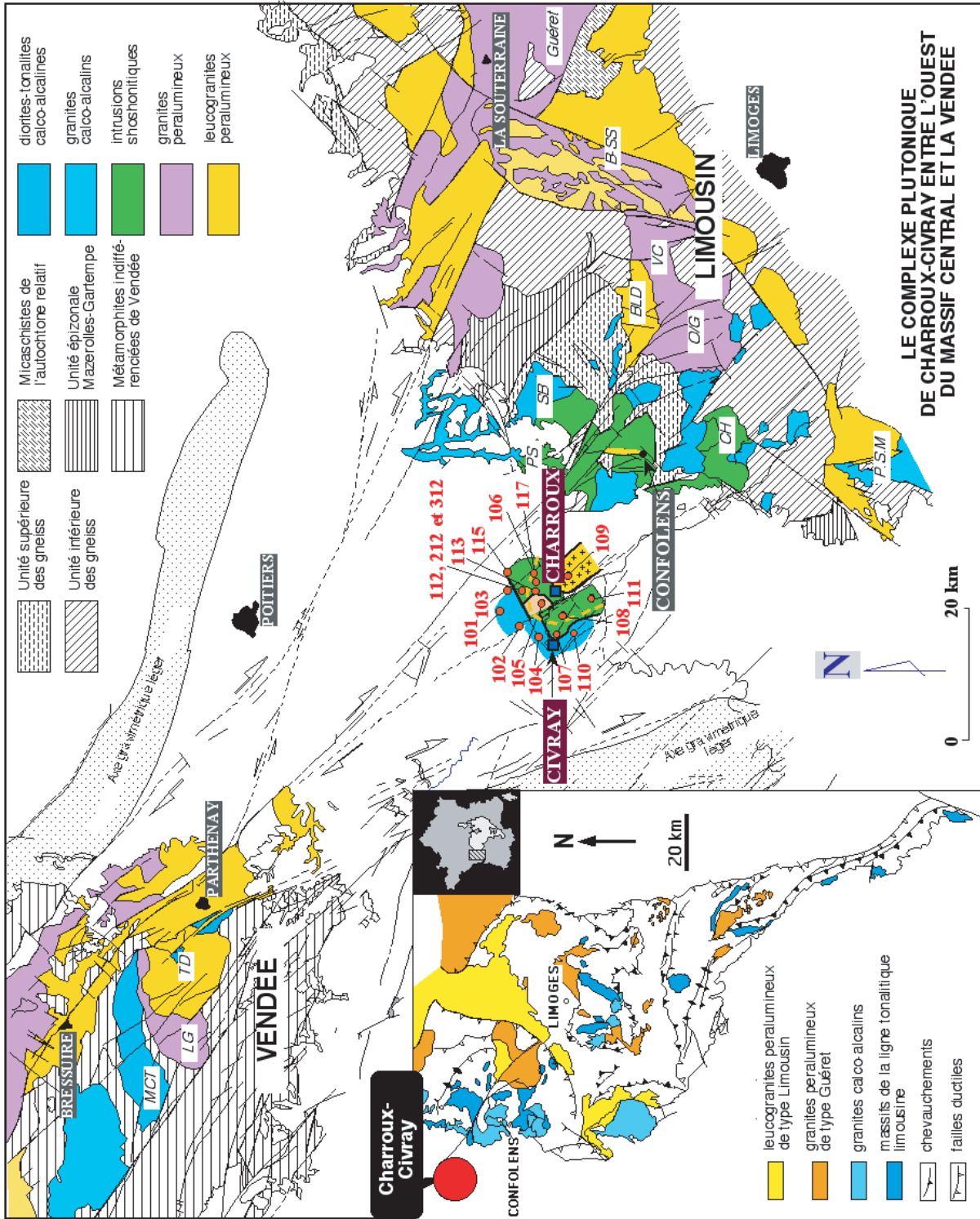


Fig. 1.- Le complexe plutonique de Charroux-Civray (Vienne) dans le contexte géologique Vendée-Confolentais (fond structural d'après Rolin et Colchen, 1998). En encart, sa localisation par rapport à la Ligne Tonalitique Limousine. Abréviations : PS : Port-de-Salle ; SB : Saint-Barbant ; CH : Chirac ; BLD : Monts de Blond ; VC : Vaulry-Cleux ; B-S : Brème - Saint-Sylvestre ; P.S.M. : Prégut - Saint-Mathieu ; TD : Le Tallud ; MCT : Moncoutant ; LG : Largesasse.

Fig. 1.- Geological setting of the Charroux-Civray plutonic complex (Vienne) located between the Vendée and Confolentais areas (structural framework from Rolin and Colchen, 1998). Inset: location of the complex according to the Limousin Tonalitic Line. Abbreviations: see French legend.



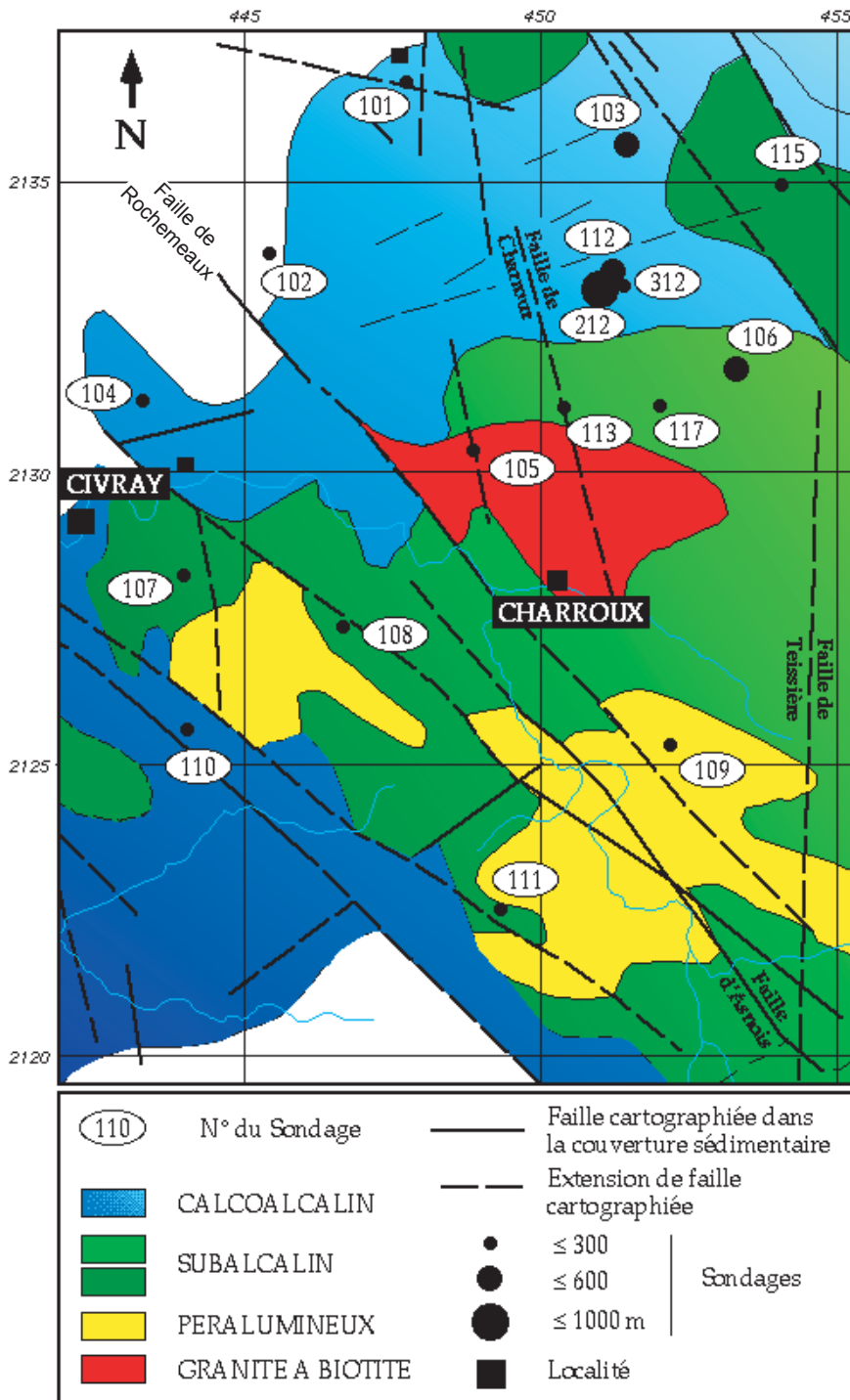


Fig. 2.- Cartographie sous couverture du socle de la région de Charroux-Civray (Vienne) et localisation des sondages réalisés par l'ANDRA. Synthèse établie à partir des données géophysiques et pétrologiques. 101 à 312 : numéros des sondages.

Fig. 2.- Geological sketch map of the Charroux-Civray plutonic complex (Vienne) beneath its sedimentary cover showing the location of the boreholes drilled by ANDRA. Synthesis based on geophysical and petrological data. 101 to 312: borehole numbers.

et aux épontes des fractures. L'adularisation est intensément développée dès le toit des plutonites car elle affecte également la couverture et s'étend jusqu'à 30 m de profondeur sous la discordance. Elle peut également se développer

plus localement en profondeur (Coulibaly, 1998 ; Cathelineau *et al.*, 1999).

Les structures sont quelquefois porphyroïdes à mégacristaux de feldspath potassique de 1-2 cm (sondage 109) à 3 à 4 cm

(sondage 106) d'allongement, le plus souvent équi-granulaires à grain gros (3-4 mm : sondages 104, 110) ou moyen (2-3 mm : sondages 103, 112, 212), plus rarement à grain fin (1-2 mm : sondage 105). Une fabrique magmatique définie par la disposition planaire des cristaux de hornblende et/ou de biotite est généralement bien développée dans la majorité des intrusions étudiées (cf. Gagny et Cuney, 1997). Plusieurs types d'hétérogénéités lithologiques sont rencontrés :

- des cumulats de feldspath potassique (sondages 106, 109, 113, 117) ou de hornblende (hornblendite ; sondages 103, 106, 112, 212) s'individualisant localement dans les faciès à mégacristaux, quelquefois à l'infracontact d'enclaves ;

- des enclaves microgrenues sombres, de taille pluricentimétrique à décimétrique, à morphologie arrondie et bords souvent lobés ; leur disposition est généralement parallèle à la fabrique magmatique. Certaines de ces enclaves, sinon la plupart en raison des conditions limitées d'observations latérales sur les carottes, correspondent à des éléments de brèches magmatiques produites par l'injection de filons basiques (André *et al.*, 1979) dans un encaissant non consolidé ;

- des filons de roches basiques, à texture microgrenue, concordants ou sécants sur les fabriques magmatiques, à bords francs lobés ou rectilinéaires, souvent ramifiés et coalescents avec individualisation locale d'enclaves contenant elles-mêmes des enclaves arrondies de leur encaissant ; ces structures indiquent une mise en place pénécemporaine de celle du magma encaissant non consolidé ; leurs paragenèses minérales, identiques à celles des enclaves, sont celles de gabbrodiorites, diorites, monzogabbrodiorites et monzodiorites ;

- des filons de roches acides, le plus souvent à grain fin, sécants ou conformes aux structures planaires de l'encaissant ; leur paragenèse minérale qualitative est comparable à celle des intrusions, mais leur assemblage quantitatif et la composition des minéraux (cf. infra) les en distinguent systématiquement ; elle correspond à celle de tonalites, leucotonalites, (leuco)granodiorites, adamellites, (leuco)granites, (leuco)monzogranites et monzonites quartzifères, exceptionnellement leucogranites à grenat. La plupart de ces

LE COMPLEXE PLUTONIQUE DE CHARROUX-CIVRAY (VIENNE)

	CHA101	CIV102	CIV104	CHA110	CHA103	CHA112	CHA212 (+312)
Nom	tonalite	tonalite gros tonalite moy.	mélange tonalite/diorite monzogabbros	gabbrodiorites diorite Qtz tonalites	tonalite à Bt + Hbn	tonalite diorite (10 m)	tonalite leucotonalite
Structure et Texture	hétérogène	hétérogène grenue, moyen-fin	hétérogène grenue moyen à gros	hétérogène grenue, gros, fin	orient. à sigmoïde; déf. plastique grenue, moyen-fin	orienté grenue, moyen-gros	orienté grenue, moyen-gros cumulats
Enclaves basiques		µgrenue sombre mélange magm.	mélange magm.	microgr. sombres mélange 3 types	µgrenues sombres mélange magm.	microgrenues bas.	microdiorites microgabbrodiorite
Quartz	polycristallin engrené	granulation couloirs cisail.	peu déformé	rare faiblement onduleux	ext. faibl. onduleuse qqf bleus	limpide onduleux	assez peu abondant microgranulé, ss grains
Feldspath potassique	rare	adulaire (alter.)	adulaire (alter.) magm pied son	non	rare	rare ou secondaire (adulaire)	non ou très rare
Plagioclase	altéré	An 22-28 séricitisé	An30-45 séricitisé	An 45-60	An 25-38	(++) zonés An30-35	très abondant zoné, An25-35
Hornblende	altérée	+++	++	= biotite; 1-3mm	< biotite; symplectites petits cristaux	abond. variable	peu abondante à rare
Biotite	+	+	++	2-3mm; fraîche	++	abondante lattes ± ployées	lattes ou amas (+) ± déformée et chlor.
Muscovite	-	-	-	-	-	-	en altération
Accessoires	Mag	Ap, Zrn, Mag, Anh, Ccp, Py	Spn	Spn, Mag,	Mag, Ap, Zrn	Mag, Ap, Ilm, Zrn	Mag, Ap, Ilm, Zrn, Py
Epidote	Ep2: Pl, Hb, Bt	Ep2: Pl, Hbn, Bt	Ep2: Pl, Hbn, Bt	Ep1- 2 Anhydrite	Ep 2 rare Anhydrite	Ep 2 (peu fréq.) Anhydrite	Ep1? et Ep2 Anhydrite
autres					clinopyroxène		clinopyroxène
Filons	lamprophyres	adamellites leucogranodior apaites, pegm.	apaites pegmatites	apaites pegmatites	microgranodiorite monzogabbro	tonalite à grain fin granite à monzog lamprophyre? microgranite? pegm.	leucogd fine leucoadamellite apaites, pegmatites rhyolites, lamprophyres
Adularisation	non	très forte	forte	forte	forte	très forte	très forte
Anomalie fuite	?	?	non	non	non		

	CHA106	CHA113	CHA117	CIV107	CHA108	CHA111	CHA115
Nom	monzogranite porph. Bt+Hbn cumulats	monzogranite porphyroïde	monzogranite porphyroïde	monzodiorite Qtz à Bt + Hbn	monzodiorite Qtz grain gros/moyen	monzodiorite Qtz	monzodiorites gabbros-diorites
Structure et texture	porph., gros déf. plastique cumulats Kfs/Hbn	grenu moyen-gros cumulats	moyen-grossier porphyroïde cumulats Kfs/Hbn	grenue, gros orientée cumulats	grenue, gros > moyen, fin cumulats	grenue, gros, moyen fin, hétérogène	grenue-µgrenue orientée qqfois hétérogène
Enclaves basiques	microgr. sombres	microdiorites	microdiorite Qtz immiscibilités	monzogabbros mélanges magm.	microdiorites mélange magm.	microd., microg, dior mélange magm.	hornblendite microdiorite
Quartz	polycris, engrené, qqf étiré,	polycristallin microgranulé	polycristallin microgranulé	rare	globuleux	polycristallin onduleux	rare interstitiel
Feldspath potassique	phéno (-> 5cm)	± abondants	± abondant (<PI)	adulaire (alteration) microcline	phéno dans filons type CHA.106	non	rare déformé
Plagioclase	zoné An17-45 séricitisé	abondant, zoné An25-35	abondant, 2 macles séricitisé, An25-35	An25-35 séricitisé	An25-35 séricitisé	An20-30	abondant, zoné An30-40
Hornblende	phéno -> 8mm inclusions Bt, Mag	fréquente altérée	± abondante forte altération	phéno -> 10mm (cumulats)	phéno->20mm	abondante	abondante, amas symplectites
Biotite	flexueuses. Incl. Hb, Sp, mt	amas interst. ± déformée	assez peu abondante déformée, fort. altérée	2-4mm	trapue	abondante	abondante lattes ± ployées
Muscovite	altération Pl	-	-	-	-	-	secondaire
Accessoires	Zrn, Ap, Mag, Spn, Aln	Mag, Ap, Zrn, Rt	Mag, Ap, Zrn, Py	Spn, Mag, Aln, Zrn, Py, Ccp, Gn	Spn, Mag, Aln, Zrn, Ap, Py, Ccp	Spn, Mag,	Ap, Mag, Py, Zrn
Epidote	Ep 1: cortex Aln Ep 2: Pl, Hbn, Bt, Kfs Anhydrite	Ep 2 Allanite	rare Ep 2 rare allanite autom. zonée	Ep 2+Qtz Anhydrite	Ep 2	Ep 2	pistachite 2
autres							clinopyroxène
Filons	apaites, pegmatites dolérites	pegmatites apaites	granites fins granites à Bt (type 105) pegmatites apaites	pegmatites apaites	gd moy. type 105 mzgr porph. type106 pegm. apaites microdiorites	gr fin à Bt leucogr à Bt pegm. apaites leucogr à Ms et Grt	granites fins pegmatites apaites
Adularisation	très forte	non	très forte	non	non	très forte	très forte
Anomalie fuite	As, Cs, Sb, W			As, Be, U, W	Sn, U, W (1)	W + filon leuco	faible

Tabl. 1.- Caractères pétrographiques sommaires des roches plutoniques du complexe de Charroux-Civray.

Table 1.- Summary of the petrographical features of the Charroux-Civray plutonic rocks.

filons sont de mise en place simultanée de celle des intrusions principales (contacts à l'état visqueux). Les filons de microgranites et rhyolites (sondage 212) sont par contre postérieurs à celles-ci (contacts francs, présence de franges de Bagnold) ;

- des filons d'apaites et d'aplopegmatites ; ils sont généralement sécants sur les structures de leur encaissant et sur les autres constituants lithologiques ; leur mise en place est généralement tardive ; quelques filons présentent cependant des

contacts à l'état visqueux avec leur encaissant. Sous la désignation d'aplopegmatites sont considérés des filons d'apaites dont au moins l'une des épontes présente une structure pegmatitique (de type stockscheider) et des filons à struc-

	CHA105	CHA109
Nom	granodiorite à biotite	leucogranite porph. à deux micas <i>greisens W</i>
Structure et texture	grenue, moyen/fin schlierens biot.	porphyr., moyen, rares cumulats
Enclaves basiques	micro. som rares mélanges locaux	non
Quartz	rares microgran	grandes plages peu déformées
Feldspath potassique	rares phénocristaux (-> 5-7mm)	phéno. lattés (30-50 x 25-35)
Plagioclase	An 25-45	An 05-35 séricitisé
Hornblende	non	non
Biotite	seul FM	2-3mm peu abondante
Muscovite	-	losangique
Accessoires	Spn, Aln, Mag,	Ap, Zrn, Mnz, Urn, Cst, Py, Ccp
Epidote		
autres		wolframite
Filons	gd-gr fin (mélange) aplités pegmatites	aplités pegmatites Qtz à wolframite
Adularisation	faible	non
Anomalie fuite	Cs, F, Li, Sb, U, W	source

Tabl. 1.- Suite.

tures composites associant, en intrusions distinctes, des aplites et des pegmatites ;

- *des filons de lamprophyres*, surtout représentés dans les sondages 101 et 212 ; ils sont souvent mis en place en même temps que les filons de microgranites ;

- *septas et enclaves* d'amphibolites (sondage 101) et de gneiss rubanés métatectiques. Dans le sondage 102, les gneiss métatectiques constituent le toit d'une intrusion tonalitique (seul exemple de relation avec l'encaissant métamorphique rencontré dans les sondages).

Intrusions et filons sont affectés, postérieurement à leur mise en place, par une fracturation à l'état fragile et subverticale (Gros et Genter, 1999). Les plus importantes (> 5cm de puissance) sont accompagnées de la formation de brèches hydrothermalisées. Des filons hydrothermaux millimétriques à pluricentimétriques, à remplissage complexe (chlorite, phyllites, quartz, carbonates prédominants, pyrite, chalcopryrite, galène) recourent les intrusions (Cathelineau *et al.*, 1999). Le sondage 109 (leucogranites à deux micas) est remarquable par la présence de filons de quartz minéralisés en wolframite et à épontes greisénisées. Fractures

	Clinopyroxène CHA115.3560					Clinopyroxène CHA103		
	R1	R1	R2	R5		2197	2201	2197
	94	95	85	65	m/10	R6	24	
SiO2	53,04	47,57	54,29	52,52	52,97	53,23	55,15	
Al2O3	1,70	8,89	0,98	1,85	1,02	2,13	0,31	
TiO2	0,29	1,48	0,17	0,22	0,09	0,10	0,00	
FeOt	9,06	14,22	7,55	7,51	8,41	9,00	17,24	
MnO	0,63	0,53	0,61	0,49	1,28	0,78	4,10	
MgO	14,65	12,72	14,98	13,87	13,79	15,48	18,35	
CaO	21,18	11,90	22,57	21,90	21,42	19,44	1,92	
Cr2O3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,05	0,13	
NiO	0,00	0,06	0,00	0,05	0,03	0,00	0,00	
Na2O	0,33	1,00	0,26	0,32	0,43	0,30	0,02	
K2O	0,00	0,77	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	
Total	100,88	99,14	101,41	98,73	99,48	99,45	97,53	
Si	1,953	1,791	1,983	1,970	1,983	1,987	2,091	
Al(IV)	0,047	0,209	0,017	0,030	0,017	0,013	0,000	
Ti	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Fe(3+)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Site T	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,091	
Al(VI)	0,026	0,185	0,025	0,052	0,028	0,032	0,014	
Ti	0,008	0,042	0,005	0,006	0,003	0,003	0,000	
Fe(3+)	0,028	0,051	0,002	0,000	0,015	0,006	0,000	
Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Fe(2+)	0,250	0,396	0,228	0,235	0,248	0,259	0,544	
Mg	0,809	0,718	0,821	0,781	0,774	0,773	1,043	
Ni	0,000	0,002	0,000	0,002	0,001	0,001	0,000	
Mn	0,020	0,017	0,019	0,016	0,040	0,040	0,131	
Ca	0,835	0,480	0,883	0,880	0,859	0,855	0,078	
Na	0,024	0,073	0,018	0,023	0,031	0,031	0,002	
K	0,000	0,037	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Site O	2,000	2,000	2,000	1,994	2,000	2,000	1,813	

	Amphibole CHA115 - 3560						CHA112 -4475-6		
	R1	R2	R4	R5	R5	R4	R4	gb-d	gb-d
	hornblende					trémolite	grunérite	bord	bord
	92	88	75	66	68	73	74	1	2
SiO2	49,97	48,20	47,97	45,60	45,72	53,33	53,19	43,53	41,27
Al2O3	6,73	8,25	5,95	9,28	9,08	2,06	1,55	10,07	10,14
TiO2	1,08	1,33	0,80	1,27	1,24	0,00	0,08	1,15	4,03
FeOt	13,43	14,33	11,63	10,94	13,01	11,18	15,93	17,54	16,41
MnO	0,44	0,32	0,33	0,20	0,45	0,11	1,24	0,66	0,62
MgO	14,43	13,66	14,89	14,42	12,58	16,01	19,98	10,56	9,96
CaO	12,19	12,10	11,34	11,57	11,86	12,68	1,70	11,63	11,11
Cr2O3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NiO	0,02	0,05	0,13	0,04	0,00	0,00	0,00	0,08	0,02
Na2O	0,86	1,03	0,78	1,33	1,05	0,20	0,17	1,10	1,21
K2O	0,51	0,68	0,46	0,85	0,83	0,09	0,06	1,03	0,96
Total	99,66	99,95	94,28	95,50	95,82	95,66	93,90	97,34	95,72
Si	7,073	6,842	7,095	6,711	6,803	7,784	6,968	6,48	6,29
AlIV	0,927	1,158	0,905	1,289	1,197	0,216	0,239	1,52	1,71
T	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	7,208	8,00	8,00
AlVI	0,196	0,222	0,133	0,320	0,395	0,139	0,000	0,25	0,11
Fe3+	0,476	0,564	0,689	0,500	0,282	0,038	1,745	0,78	0,52
Ti	0,115	0,142	0,089	0,141	0,139	0,000	0,008	0,13	0,46
Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0,00
Ni	0,002	0,006	0,015	0,005	0,000	0,000	0,000	0,01	0,00
Mg	3,044	2,890	3,283	3,163	2,790	3,483	3,902	2,34	2,26
Fe2+	1,114	1,137	0,750	0,846	1,337	1,327	0,000	1,40	1,57
Mn	0,053	0,038	0,041	0,025	0,057	0,014	0,138	0,08	0,08
M1,2,3	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,792	5,00	5,00
Ca	1,849	1,840	1,797	1,824	1,891	1,983	0,239	1,86	1,81
Na(M4)	0,151	0,160	0,203	0,176	0,109	0,017	0,043	0,14	0,19
M4	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	0,282	2,00	2,00
Na (A)	0,085	0,124	0,021	0,204	0,194	0,040	0,000	0,17	0,17
K	0,092	0,123	0,087	0,160	0,158	0,017	0,010	0,20	0,19
A	0,177	0,247	0,108	0,363	0,351	0,056	0,010	0,37	0,35
TOTAL	15,177	15,247	15,108	15,363	15,351	15,056	13,292	15,37	15,35
Fe2+(calculé)	9,412	9,577	6,060	6,876	10,745	10,869	0,000	11,246	12,332
Fe3+(calculé)	4,466	5,282	6,189	4,516	2,517	0,345	17,703	6,992	4,527
Mg/(Mg+Fe2+)	0,732	0,718	0,814	0,789	0,676	0,724	1,000	0,626	0,590
%Glaucophane	7,42	7,78	10,01	8,49	5,28	0,85	2,49	6,97	8,89
%Pargasite	18,49	25,66	11,33	37,48	36,26	5,99	1,23	38,05	35,77
%Edénite	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
%Tschermakite	25,29	28,88	31,80	23,80	20,56	5,14	55,25	34,59	36,66
%Trémolite	48,00	36,70	46,23	29,26	36,93	88,03	0,00	19,51	15,56
%Cummingtonite	0,81	0,99	0,63	0,97	0,96	0,00	41,04	0,89	3,12
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Par/Par+Trem	27,81	41,15	19,68	56,15	49,54	6,37	100,00	66,11	69,68

Tabl. 2.- Compositions chimiques et formules structurales des principaux minéraux des roches plutoniques du complexe de Charroux-Civray. Hornblende : 23 oxygènes et 13 cations ; clinopyroxène : 4 cations ; biotite : 22 oxygènes.

Table 2.- Chemical composition and structural formulas of the main minerals from the Charroux-Civray plutonic rocks. Hornblende: 23 oxygens and 13 cations; clinopyroxene: 4 cations; biotite: 22 oxygens.

et filons hydrothermaux sont accompagnés, à leurs épontes, par une altération plus ou moins intense (phyllitisation des plagioclases, oxydation des minéraux ferro-magnésiens, calcitisation).

**Composition des minéraux**

La composition des minéraux analysés est donnée dans le tableau 2. Le pyroxène des monzogabbrodiorites (sondage 115) est une augite à augite diopsidique ayant cristallisé, selon la géothermométrie de Lindsley (1983), autour de 800 à 900°C (pour P = 5 kbar). L'amphibole est une hornblende magnésienne passant dans certains termes à des compositions de grunérite et de trémolite (tonalite 112 :  $6,25 < Si < 6,80$ ,  $0,55 < Mg/(Mg+Fe) < 0,70$  ; monzogabbrodiorite 115 :  $6,70 < Si < 7,10$  ;  $0,68 < Mg/(Mg+Fe) < 0,80$  ; monzodiorites 117, monzogranites 106 :  $Si = 6,70$  ;

	Biotite CHA115-3560				Biotite CHA 212		Biotite CHA 106	
	R1	R4	R5	R5	8554-2	8554-4	1109	670
	monzogabbrodiorites				monzogabbrodiorites		monzogranite	
	96	76	69	70	141	142	3	5
SiO2	37,57	36,42	34,93	35,41	36,40	36,13	37,36	36,86
Al2O3	15,00	14,78	14,76	14,59	15,12	15,30	14,89	14,36
TiO2	4,33	4,53	4,38	4,71	3,07	3,06	2,55	3,20
FeOt	17,36	15,31	14,86	14,11	17,91	19,36	18,36	19,11
MnO	0,04	0,34	0,19	0,31	0,43	0,29	0,24	0,56
MgO	13,43	12,98	12,78	12,72	11,84	11,50	12,09	11,31
CaO	0,00	0,00	0,02	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00
Cr2O3	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
NiO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,00
Na2O	0,17	0,10	0,15	0,14	0,16	0,07	0,12	0,10
K2O	9,40	8,73	8,78	8,91	9,11	10,10	9,59	9,56
F					0,004	0,004	0,44	
Total	97,31	93,21	90,85	90,90	94,09	95,81	95,62	95,08
Si	5,531	5,548	5,474	5,526	5,574	5,498	5,559	5,631
Al IV	2,469	2,452	2,526	2,474	2,426	2,502	2,401	2,369
Z	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
Al VI	0,128	0,198	0,195	0,205	0,296	0,237	0,225	0,212
Fe2+	1,981	1,808	1,805	1,707	2,125	2,283	2,133	2,263
Fe3+	0,149	0,136	0,136	0,128	0,160	0,172	0,161	0,170
Mg2+	2,965	2,966	3,004	2,978	2,718	2,625	2,718	2,593
Mn2+	0,005	0,044	0,025	0,041	0,056	0,037	0,031	0,072
Ti	0,478	0,518	0,515	0,551	0,353	0,349	0,286	0,367
Ni	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,023	
Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,411	
ΣY	5,706	5,669	5,679	5,610	5,708	5,703	5,987	5,678
K	1,766	1,698	1,756	1,775	1,780	1,962	1,835	1,865
Na	0,048	0,029	0,045	0,042	0,048	0,019	0,034	0,030
ΣX	1,815	1,727	1,802	1,817	1,828	1,982	1,869	1,895

Tabl. 2.- Suite.

N° Sondage	Diorites quartzifères						Tonalites sombres			Tonalites						
	208 CIV104	224 CIV104	689 CIV102	2746 CHA110	2760 CHA110	2755 CHA110	8649 CHA212	8648 CHA212	8585 CHA212	5404 CHA212	5399 CHA212	4114 CHA112	3785 CHA112	2198 CHA103	2250 CHA103	279 CIV104
SiO2	52,60	54,65	55,80	52,06	52,69	55,43	57,37	57,61	59,42	61,48	62,27	60,71	62,29	63,47	64,72	62,66
Al2O3	18,75	17,78	16,48	18,00	17,88	18,31	18,83	18,61	18,48	17,53	17,43	18,12	17,61	16,20	16,92	16,21
Fe2O3t	8,21	7,57	8,15	7,20	8,32	7,49	6,13	6,00	5,28	4,91	4,69	4,89	4,66	4,60	3,97	5,12
MnO	0,15	0,13	0,16	0,14	0,17	0,15	0,10	0,10	0,10	0,10	0,11	0,09	0,10	0,09	0,06	0,08
MgO	3,91	4,04	2,97	4,18	4,42	3,56	2,75	2,46	2,16	2,23	2,04	2,20	2,01	2,29	1,62	2,14
CaO	7,91	6,47	5,95	7,03	7,81	7,01	6,65	6,21	5,97	4,92	4,96	5,52	5,41	4,51	4,93	4,49
Na2O	3,51	3,53	3,46	3,70	3,47	3,96	4,32	4,44	4,58	4,30	4,35	4,53	4,48	4,16	4,48	3,60
K2O	1,62	1,81	2,41	1,54	1,49	1,26	1,24	1,21	1,20	1,82	1,77	1,39	1,55	2,08	1,46	3,01
TiO2	0,77	0,68	0,73	0,72	0,82	0,73	0,60	0,54	0,48	0,45	0,42	0,47	0,44	0,40	0,39	0,51
P2O5	0,26	0,24	0,32	0,27	0,28	0,28	0,28	0,22	0,21	0,18	0,18	0,23	0,21	0,16	0,17	0,17
Pf	2,05	2,84	3,25	4,83	2,40	1,54	1,45	2,34	1,20	1,71	1,43	1,51	0,91	1,72	0,99	1,70
Total	99,74	99,74	99,68	99,67	99,75	99,72	99,72	99,74	99,08	99,63	99,65	99,66	99,67	99,68	99,71	99,69
FeO	4,65	4,04	4,55	4,05	4,72	4,01	3,48	3,47	3,00	2,66	2,45	2,77	2,79	2,55	2,33	2,31
Fe2O3c	3,03	3,07	3,09	2,70	3,07	3,03	2,26	2,14	1,94	1,95	1,96	1,81	1,55	1,77	1,38	2,55
CO2 tot	0,60	0,96	1,78	2,63	0,80	0,20	0,16	0,85	0,17	0,22	0,09	0,13	0,07	0,52	0,21	0,44
Ba	305	419	815	789	330	360	498	421	523	705	781	567	574	853	573	782
Co	21	18	15	17	18	15	11	10	9	8	8	9	9	8	7	10
Cr	7	25	22	38	20	13	16	12	12	12	12	11	13	43	16	11
Nb	10	11	17	9	11	9	8	7	8	10	9	9	9	10	7	14
Rb	53	63	117	73	49	39	36	43	36	53	44	35	50	42	35	86
Sr	648	644	617	573	615	731	935	834	862	842	738	831	794	572	722	541
Ta	1,0	1,0	1,0	0,5	0,7	0,5	0,4	0,5	0,4	0,6	0,5	0,5	0,7	0,6	0,4	1,4
Th	5,4	7,0	6,9	2,3	1,8	4,4	2,4	2,8	2,6	3,5	3,1	3,0	5,6	5,8	3,4	16,7
U	2,7	2,6	3,6	0,7	1,7	0,8	0,6	1,2	0,9	1,5	0,9	1,9	3,2	1,7	1,1	5,1
Y	21	20	25	22	23	19	15	15	14	15	14	14	14	12	8	18
Zr	112	123	185	139	133	109	136	129	122	124	132	133	140	113	111	157
La	20,2	21,1	23,4	17,7	18,8	31,2	21,9	18,9	19,6	18,1	21,4	17,6	25,1	21,6	20,6	31,9
Ce	40,4	42,8	49,0	40,2	41,1	62,2	44,4	38,7	39,5	36,8	41,3	35,4	46,4	41,9	37,9	56,9
Pr	4,9	5,1	6,2	5,4	5,3	7,0	4,8	4,3	4,3	4,5	4,6	4,1	5,2	4,5	4,0	6,0
Nd	20,7	20,7	25,7	22,7	22,3	27,1	19,7	18,2	17,7	18,0	18,4	17,0	20,0	16,9	15,1	22,1
Sm	4,5	4,4	5,7	5,0	4,9	5,2	3,8	3,8	3,5	3,7	3,6	3,6	3,8	3,2	2,6	4,4
Eu	1,4	1,3	1,6	1,5	1,3	1,5	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,1	1,1	1,0	1,1	1,3
Gd	3,7	3,6	4,7	4,0	4,0	4,0	3,2	3,2	2,8	3,0	2,8	2,7	3,1	2,5	2,1	3,5
Tb	0,6	0,6	0,7	0,6	0,7	0,5	0,4	0,5	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,5
Dy	3,5	3,4	4,2	3,6	3,8	3,1	2,5	2,5	2,3	2,6	2,5	2,4	2,5	2,0	1,5	2,9
Ho	0,9	0,8	0,9	0,8	0,8	0,7	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,3	0,7
Er	2,0	1,9	2,2	2,1	2,1	1,9	1,4	1,4	1,3	1,5	1,3	1,3	1,4	1,2	0,8	1,7
Tm	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,3
Yb	2,2	2,2	2,7	2,4	2,5	2,0	1,5	1,4	1,4	1,5	1,4	1,4	1,4	1,3	0,8	2,0
Lu	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,3
ΣTR	105,5	108,6	127,7	106,7	108,2	147,0	105,7	95,1	94,7	92,1	99,7	88,0	111,4	99,0	88,4	134,5
(La/Yb)n	6,3	6,4	5,8	5,0	5,1	10,3	10,1	8,9	9,6	8,2	10,2	8,5	11,9	11,0	17,4	10,5
(La/Sm)n	2,8	3,0	2,6	2,2	2,4	3,8	3,6	3,1	3,5	3,1	3,7	3,1	4,1	4,2	4,9	4,6
(Gd/Yb)n	1,4	1,3	1,4	1,4	1,3	1,6	1,8	1,8	1,6	1,6	1,6	1,6	1,8	1,5	1,9	1,4
(Eu*/Eu)n	1,0	0,9	0,9	1,0	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	0,9	1,1	1,3	1,0

Tabl. 3.- Compositions chimiques d'une sélection d'échantillons des intrusions du complexe de Charroux-Civray. FeO d'après analyses complémentaires ; Fe<sub>2</sub>O<sub>3c</sub> : Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> calculé.

Table 3.- Chemical composition of selected samples from the Charroux-Civray intrusions. FeO determined by wet analyses; Fe<sub>2</sub>O<sub>3c</sub>: calculated Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.



N° Sondage	Leucotonalites		Granodiorites		
	8686 CHA212	8678 CHA212	1337 CHA105	1336 CHA105	1326 CHA105
SiO <sub>2</sub>	66,49	67,59	65,75	68,91	68,21
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17,07	16,53	16,61	16,94	15,75
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> t	3,14	2,78	2,89	2,84	2,38
MnO	0,05	0,07	0,03	0,04	0,04
MgO	1,06	1,04	1,74	1,61	1,14
CaO	4,03	3,18	3,01	3,27	2,54
Na <sub>2</sub> O	4,83	4,63	3,89	3,97	3,82
K <sub>2</sub> O	1,20	2,26	3,01	3,26	3,83
TiO <sub>2</sub>	0,32	0,28	0,39	0,38	0,28
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,14	0,14	0,18	0,18	0,13
Pf	1,35	1,15	2,19	1,72	1,54
Total	99,68	99,65	99,69	103,11	99,66
FeO	1,58	1,30	1,93	1,78	1,38
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> c	1,38	1,33	0,75	0,86	0,85
CO <sub>2</sub> tot	0,13	0,13	0,65	0,40	0,30
Ba	506	754	924	861	1110
Co	4	3	6	5	4
Cr	4	6	13	13	10
Nb	9	9	8	8	11
Rb	39	63	124	124	140
Sr	815	626	492	504	462
Ta	0,8	0,7	0,9	0,9	1,0
Th	4,5	3,1	14,9	14,7	19,1
U	1,1	0,9	5,0	6,2	8,4
Y	8	10	12	13	14
Zr	120	113	156	149	162
La	30,4	18,4	39,8	36,1	46,1
Ce	56,0	36,6	72,7	65,7	83,6
Pr	5,5	3,9	7,5	6,8	8,3
Nd	19,4	15,4	26,4	22,6	28,8
Sm	2,9	2,8	3,8	3,7	4,8
Eu	0,9	0,8	1,0	0,9	1,1
Gd	2,2	2,1	3,2	3,1	3,5
Tb	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4
Dy	1,6	1,8	2,3	2,4	2,5
Ho	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5
Er	0,8	0,8	1,1	1,2	1,3
Tm	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2
Yb	0,9	0,9	1,1	1,2	1,3
Lu	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2
ΣTR	121,4	84,4	160,1	145,0	182,8
(La/Yb) <sub>N</sub>	23,3	13,3	23,6	20,4	23,6
(La/Sm) <sub>N</sub>	6,7	4,2	6,6	6,1	6,0
(Gd/Yb) <sub>N</sub>	2,0	1,8	2,3	2,1	2,1
Eu*/(Eu) <sub>N</sub>	1,0	1,0	0,8	0,8	0,8

Tabl. 3.- Suite.

Mg/(Mg+Fe) = 0,60). D'après le géobaromètre Al-in hornblende (Hollister *et al.*, 1987 ; Blundy et Holland, 1990 ; Schmidt, 1992), la hornblende (bordure des cristaux) de la tonalite 112 aurait cristallisé à une pression de  $4,5 \pm 0,5$  kbar, soit à environ 13-15 km de profondeur (Mésières, 1995). La composition de la *biotite* est faiblement alumineuse et fortement titano-magnésienne, suggérant des températures de cristallisation élevées (Patino-Douce, 1993). Dans les monzogranites, les biotites les moins alumineuses s'apparentent à celles des granitoïdes shoshonitiques (Nachit *et al.*, 1985 ; Stussi et Cuney, 1996) tandis que celles des granodiorites 105 présentent une composition de biotite caractéristique de magmas calco-alkalins. Le sphène présente une structure zonée récurrente définie par leurs teneurs en terres rares (non dosées). L'*allanite* forme des cristaux automorphes intergranulaires et fissuraux, zonés et métamictes. Les teneurs en terres rares dépassent souvent 15 % (analyses partielles ; tabl. 2). L'*épidote* primaire du monzogranite 106 est une pistachite Ps28 pouvant cristalliser en épitaxie sur l'*allanite*. Elle ne se discrimine pas significativement de l'*épidote* secondaire. En considérant l'intersec-

tion du solidus d'un système granodioritique saturé en eau (Robertson et Wyllie, 1971) avec la droite de stabilité de l'*épidote* Ps28 (Liou, 1973), une pression minimale de  $3,8 \pm 0,5$  kbar (à  $T=650^\circ \pm 5^\circ\text{C}$ ) est obtenue pour la cristallisation de l'*épidote*. En paragenèse avec la magnétite et l'*épidote*, l'*anhydrite* reflète une cristallisation en conditions oxydantes légèrement supérieures à celles fixées par le tampon Ni-NiO ( $\log f_{\text{O}_2} = -14,5$  bars à  $700^\circ\text{C}$ ) (Cuney *et al.*, 1999).

## Composition et nature magmatique

### Intrusions principales

Les compositions des plutonites non altérées du complexe de Charroux-Civray s'inscrivent dans une gamme de teneurs en SiO<sub>2</sub> variant de 45 à 74 % (tabl. 3 ; fig. 3). Corrélativement, l'alcalinité (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) varie de 5,0 à 8,5 %, CaO de 9 % à 0,6 % et la somme (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>t+MgO+TiO<sub>2</sub>) de 16 % à 1,6 %. Les balances alumine - alcalins Al-(K+Na+2Ca) sont métalumineuses ([monzo]gabbrodiorites, tonalites, monzogranites) à faiblement peralumineuses (leucotonalites 112 et 212, granodiorites 105). Seuls les leucogranites à deux micas (sondage 109) sont fortement peralumineux, de même que les échantillons altérés (fig. 4). En omettant les cumulats et les faciès altérés, les compositions vont de monzogabbrodiorites et rares diorites à des diorites quartzifères, tonalites, leucotonalites, granodiorites, monzodiorites quartzifères, monzogranites et leucogranites (fig. 5). Diorites quartzifères, tonalites, monzodiorites et monzogranites des sondages présentent des compositions voisines de celles des intrusions du segment confolentais de la ligne tonalitique limousine (Peiffer, 1985 ; Rolin *et al.*, 1999).

Les diagrammes multiélémentaires normalisés aux basaltes E-MORB (fig. 6) mettent en évidence des enrichissements importants en éléments lithophiles incompatibles dans les monzogabbrodiorites, monzodioritiques et monzogranites (en particulier Zr, Hf, Y, Th et terres rares). Diorites quartzifères, tonalites et granodiorites sont par contre appauvries en ces éléments par rapport aux faciès monzonitiques. Tous les faciès basiques à intermédiaires (SiO<sub>2</sub> < 56 %) ainsi que les tonalites se caractérisent par des anomalies

négatives en Nb et Ta suggérant des influences crustales dans leur origine. Les éléments Ti et P, à anomalies négatives dans les gabbrodiorites, diorites quartzifères et tonalites, montrent des comportements irréguliers dans les monzogabbrodiorites et monzodiorites quartzifères. Tonalites et leucotonalites présentent des spectres comparables à ceux des diorites quartzifères, mais sont appauvries en Ti, Y et terres rares lourdes. Les teneurs en terres rares varient entre 380 et 160 ppm avec ( $10 < \text{La}_N/\text{Yb}_N < 23$ ) et décroissent dans l'ensemble des monzodiorites et monzonites quartzifères aux monzogranites (tabl. 3 ; fig. 7). Les teneurs sont 2 à 3 fois plus élevées que dans les diorites quartzifères ( $90 < \Sigma\text{TR} < 150$  ppm ;  $5 < \text{La}_N/\text{Yb}_N < 11$ ) et les tonalites ( $80 < \Sigma\text{TR} < 120$  ppm). Ces dernières se caractérisent par des rapports  $\text{La}_N/\text{Yb}_N$  plus élevés ( $10,6 < \text{La}_N/\text{Yb}_N < 26,7$ ) que les diorites quartzifères en relation avec la moindre abondance d'amphibole et le développement de sphène. Dans les monzogabbrodiorites, les corrélations entre Zr et les terres rares sont faibles soit par suite de la distribution hétérogène des différents minéraux porteurs (sphène, allanite, zircon), soit en relation avec les teneurs variables en ces éléments dans les matériaux sources.

### Filons

Les filons associés aux différentes intrusions se caractérisent par des compositions allant de gabbrodiorites, monzogabbrodiorites, monzodiorites, rares monzonites quartzifères (SiO<sub>2</sub> < 56 %), tonalites et leucotonalites ( $61 \% < \text{SiO}_2 < 68 \%$ ) métalumineuses à des (leuco)granodiorites, adamellites, (leuco)granites et (leuco)monzogranites faiblement peralumineux ( $64 \% < \text{SiO}_2 < 74 \%$  ; tabl. 4 ; fig. 4, 8 et 9). Souvent moins siliceuses que les microgabbrodiorites ( $48 \% < \text{SiO}_2 < 52 \%$ ), les micromonzogabbrodiorites ( $44 \% < \text{SiO}_2 < 52 \%$ ) sont faiblement sous-saturées en silice en relation avec l'abondance de biotite et de hornblende ; bien que la norme CIPW fasse quelquefois apparaître de la néphéline, voire de l'olivine, ces deux minéraux n'ont jamais été rencontrés en lame mince. Filons micromonzogabbrodioritiques et microgabbrodioritiques se discriminent par leurs teneurs en K<sub>2</sub>O, Ba, Sr, Rb, Th, U, Zr, Y, ΣTR et rapports  $\text{La}_N/\text{Yb}_N$  (fig. 7) plus élevées dans les premières (tabl. 4). Les



N° Sondage	Monzogabbrodiorites			Monzodiorites quartzifères					Monzonites quartzifères			Monzogranites	
	3560 CHA115	3551 CHA115	3557 CHA115	972 CHA107	1027 CHA107	979 CHA107	2433 CHA108	C2441 CHA108	3967 CHA113	4722 CHA117	4723 CHA117	669 CHA106	1123 CHA106
SiO <sub>2</sub>	46,57	47,44	49,10	54,47	55,62	57,70	53,78	57,43	61,12	59,42	61,93	64,38	65,83
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18,06	18,85	18,65	17,95	17,27	16,41	17,87	17,26	16,44	16,46	15,75	16,14	15,78
Fe <sub>2</sub> O <sub>3t</sub>	10,94	10,34	9,76	7,28	6,68	6,13	6,92	5,95	4,35	5,10	5,13	4,01	3,40
MnO	0,18	0,17	0,16	0,11	0,10	0,08	0,09	0,07	0,08	0,10	0,11	0,06	0,05
MgO	5,41	4,82	4,76	3,79	3,51	2,96	4,49	3,85	2,77	2,52	2,83	1,75	1,65
CaO	9,90	9,40	9,30	5,26	5,21	5,13	5,44	4,55	3,63	3,74	3,39	3,71	3,04
Na <sub>2</sub> O	3,05	3,25	3,35	3,69	3,51	3,22	3,79	3,58	3,42	3,27	3,30	3,70	3,62
K <sub>2</sub> O	1,73	1,57	1,67	3,48	3,64	3,63	3,06	4,16	4,49	4,11	3,71	4,08	4,19
TiO <sub>2</sub>	1,35	1,17	1,02	0,90	0,84	0,76	0,98	0,77	0,52	0,62	0,58	0,47	0,40
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,70	0,48	0,41	0,51	0,48	0,41	0,41	0,38	0,29	0,30	0,26	0,22	0,21
Pf	1,69	2,11	1,43	1,66	3,15	3,09	2,71	1,57	2,32	3,81	2,63	1,09	1,44
Total	99,58	99,60	99,61	99,09	100,00	99,52	99,54	99,57	99,43	99,45	99,62	99,61	99,61
FeO	6,21	5,76	5,36	4,39	3,74	3,11	4,49	4,09	2,60	2,99	2,99	2,29	1,91
Fe <sub>2</sub> O <sub>3c</sub>	4,04	3,94	3,80	2,40	2,52	2,67	1,93	1,40	1,46	1,78	1,81	1,47	1,28
CO <sub>2</sub> tot	0,35	0,24	0,35	0,21	1,28	1,42	0,46	0,08	0,92	1,54	0,58	0,07	0,01
Ba	1434	1192	1035	1242	1889	1777	1123	1343	2111	2393	1777	1433	1459
Co	28	26	25	17	16	14	17	15	9	11	11	8	7
Cr	21	17	20	27	25	24	34	87	19	22	19	15	14
Nb	6,7	6,1	6,3	14,8	13,1	13,0	15,9	11,1	12,7	13,5	12,0	13,0	11,2
Rb	63	54	52	113	117	114	112	146	152	148	125	150	117
Sr	851	909	854	911	955	860	1089	915	856	849	945	727	720
Ta	0,4	0,3	0,4	1,2	1,0	1,1	1,4	1,0	1,4	1,5	1,2	1,5	1,3
Th	3,9	3,8	6,1	32,1	31,7	36,6	46,8	12,0	33,4	44,0	28,8	29,4	29,8
U	1,5	1,3	2,0	9,1	8,8	9,7	8,4	6,4	10,4	11,0	8,4	12,6	12,7
Y	34	27	26	32	29	28	31	14	22	24	23	21	18
Zr	47	58	130	244	232	234	352	141	234	273	206	196	176
La	47,1	41,8	40,9	84,7	87,8	80,2	158,0	29,7	69,9	86,8	59,0	58,1	47,8
Ce	104,2	83,5	80,9	168,0	167,9	155,3	257,0	59,9	132,5	157,1	102,2	104,2	90,7
Pr	12,9	10,1	9,7	18,9	18,5	16,7	25,6	6,9	13,9	15,3	11,7	10,9	9,6
Nd	51,8	41,1	39,0	70,5	69,6	61,2	86,8	26,2	48,3	55,8	42,6	40,0	33,2
Sm	10,9	8,1	7,5	11,8	11,1	9,8	12,6	4,5	7,8	8,4	7,1	6,8	5,7
Eu	2,6	2,4	2,0	2,5	2,7	2,1	2,5	1,3	1,7	1,9	1,7	1,6	1,4
Gd	8,2	6,6	5,9	9,1	8,0	7,6	9,7	3,3	6,1	6,4	5,7	5,1	4,2
Tb	1,3	1,0	0,8	1,2	1,0	1,0	1,2	0,5	0,8	0,9	0,7	0,7	0,6
Dy	6,3	5,3	5,0	6,2	5,4	5,1	6,5	2,4	4,1	4,4	3,7	3,8	3,1
Ho	1,2	1,0	1,0	1,2	1,1	1,0	1,2	0,5	0,8	0,9	0,9	0,7	0,6
Er	3,2	2,5	2,5	3,0	2,9	2,7	3,1	1,3	2,1	2,2	2,1	1,8	1,6
Tm	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2
Yb	2,7	2,3	2,4	2,9	2,6	2,6	2,7	1,4	2,2	2,1	2,1	2,1	1,8
Lu	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,2	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3
ΣTR	253,4	206,4	198,5	381,0	379,4	346,0	567,6	138,4	290,9	342,8	239,9	236,4	200,7
(La/Yb) <sub>n</sub>	11,7	12,3	11,5	19,8	22,7	20,9	39,1	14,7	21,9	27,6	18,9	19,1	18,4
(La/Sm) <sub>n</sub>	2,7	3,3	3,4	4,5	5,0	5,1	7,9	4,1	5,6	6,5	5,3	5,4	5,3
(Gd/Yb) <sub>n</sub>	2,4	2,3	2,0	2,6	2,5	2,4	2,9	1,9	2,3	2,4	2,2	2,0	1,9
(Eu*/Eu) <sub>n</sub>	0,8	1,0	0,9	0,7	0,8	0,7	0,7	1,0	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8

Tabl. 3.- Suite.

enrichissements et fractionnements entre terres rares légères et terres rares lourdes des microgabbrodiorites sont de l'ordre de grandeur de ceux des diorites quartzifères (fig. 7), tandis que ceux des micromonzogabbrodiorites sont équivalents ou supérieurs à ceux des monzogabbrodiorites intrusives (CHA115).

Dans les granodiorites, les éléments traces Zr, Th, Y et ΣTR présentent souvent un comportement compatible par rapport aux leucogranodiorites et adamellites. A teneurs en SiO<sub>2</sub> équivalentes à ces deux derniers types, les filons (leuco)monzogranitiques sont plus potassiques, enrichis en Ba, Sr, Rb, Zr, Th, Y et ΣTR et se caractérisent par des fractionnements plus élevés

entre terres rares légères et terres rares lourdes que les filons calco-alcalins (tabl. 4 ; fig. 7).

Hormis ceux de granodiorites (sondage 105) et de micromonzogabbrodiorites à compositions proches de celles des intrusions hôtes, les filons se caractérisent par des compositions distinctes de celles des intrusions (fig. 9), indiquant qu'ils ne représentent pas de simples apophyses des intrusions majeures, mais des manifestations distinctes apparentées au plutonisme. Elles élargissent, malgré leur faible importance volumétrique, la gamme de compositions rencontrées dans le complexe de Charroux-Civray. Enfin, en dehors des filons de leucotonalites essentiellement associés aux tonalites des son-

dages 103, 112 et 212, les filons ne présentent pas d'affinités spécifiques pour un type lithogéochimique donné : ainsi le corps tonalitique du sondage 212 est accompagné de filons de composition très diversifiée : gabbrodiorites, microdiorites, leucotonalites, adamellites, leucogranodiorites, granites, (monzo)gabbrodiorites, monzonites quartzifères, monzogranites. Enfin, contrairement aux intrusions principales, les compositions basiques et acides prédominent sur les compositions intermédiaires.

### Typologie magmatique

Les caractéristiques SiO<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>O et Na<sub>2</sub>O des intrusions de Charroux-Civray sont celles de magmas calco-alcalins

N° Sondage	Leucogranites peralumineux	
	1609 CHA109	1620,00 CHA109
SiO2	72,39	73,65
Al2O3	14,54	14,42
Fe2O3t	1,46	1,10
MnO	0,00	0,00
MgO	0,35	0,18
CaO	0,69	0,52
Na2O	3,26	3,55
K2O	5,11	4,71
TiO2	0,18	0,11
P2O5	0,33	0,33
Pf	1,52	1,28
Total	99,84	99,85
FeO	1,05	0,68
Fe2O3c	0,29	0,34
CO2 tot	0,29	0,09
Ba	211	110
Be	21	14
Cs	46	31
Nb	22	24
Sn	30	27
Sr	65	35
Ta	6,6	8,0
Th	17,1	9,7
U	19,5	23,2
Zr	97	62
Li	288	133
La	24,1	12,9
Ce	52,1	28,6
Pr	6,1	3,3
Nd	22,3	12,4
Sm	4,5	2,6
Eu	0,4	0,3
Gd	3,4	2,0
Tb	0,5	0,3
Dy	2,2	1,7
Ho	0,4	0,3
Er	0,9	0,7
Tm	0,1	0,1
Yb	0,8	0,8
Lu	0,1	0,1
ΣTR	117,9	66,1
(La/Yb)n	19,3	10,8
(La/Sm)n	3,4	3,1
(Gd/Yb)n	3,2	2,0
(Eu*/Eu)n	0,3	0,3

Tabl. 3.- Suite.

( $K_2O/Na_2O < 0,7$ ; sondages 101, 102, 103, 110, 112, 212, 312), calco-alcalins potassiques ( $K_2O/Na_2O = 1,1$ ; sondage 106) et shoshonitiques ( $1,0 < K_2O/Na_2O < 1,20$ ; sondages 115, 107, 108, 111, 113 et 117; fig. 8; Peccerillo et Taylor, 1976). Plus restrictive, la classification de Middlemost (1991) caractérise les magmas de Charroux-Civray comme subalcalins, transalcalins (types calco-alcalins-potassiques et shoshonitiques ci-dessus) et siliceux (affinités avec les autres associations non apparentes). Selon la systématique de Debon et Le Fort (1988), on met en évidence la présence de trois types de magmatisme dans le massif de Charroux-Civray (fig. 4, 5 et 9) : calco-alcalin, shoshonitique (subalcalin selon ces auteurs, ou calco-alcalin magnésio-potassique selon Rossi et Chèvremont (1987) et peralumineuse (Cuney *et al.*, 1998; Capdevila; 1998).

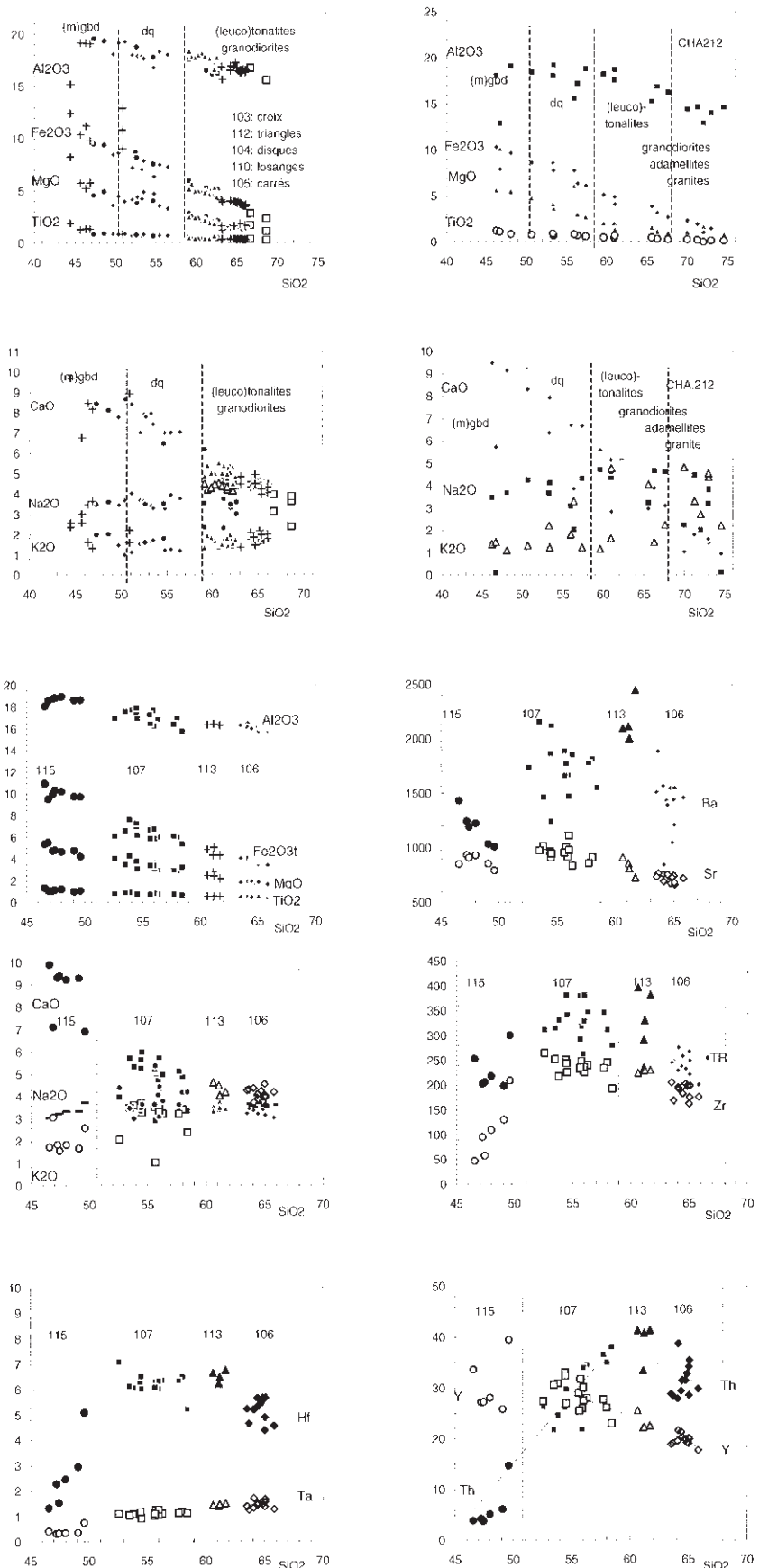


Fig. 3.- Corrélations interélémentaires en fonction de SiO<sub>2</sub> dans les plutonites de Charroux-Civray. 106 à 212 : numéros des sondages ; (m)gbd : (monzo)gabbrodiorites ; dq : diorites quartziques.

Fig. 3.- Element vs. SiO<sub>2</sub> correlations in the Charroux-Civray plutonic rocks. 106 to 212: borehole numbers; (m)gbd: (monzo)gabbrodiorite; dq: quartz diorite.

**Le magmatisme calco-alcalin**

Il est représenté par les intrusions de diorites quartzifères, tonalites, leucotonalites et granodiorites, et par les filons de gabbrodiorites, (leuco)granodiorites, adamellites et leucogranites à biotite. Les types lithologiques se répartissent en trois associations présentes dans neuf sondages sur 17 (101 à 105, 110, 112, 212 et 312) (fig. 4, 5 et 9) :

- *association calco-alcaline banale* (CA) formée des diorites quartzifères et tonalites (sondages 104 et 110). Faiblement potassique, elle présente des caractéristiques intermédiaires entre celles des suites calco-alcaline leucocrate et shoshonitique définies ci-après. Les enrichissements en éléments traces incompatibles (Ba, Sr, Rb, Th, U, Zr) sont faibles et comparables à ceux des suites calco-alcalines communes. Les enrichissements en terres rares sont peu élevés, les fractionnements entre terres rares légères et terres rares lourdes augmentant des diorites aux tonalites (fig. 7) ;

- *association calco-alcaline leucocrate* (CA-I), comprenant les diorites quartzifères leucocrates (rares termes dans le sondage 110), tonalites (plus plagioclasiques et moins ferro-magnésiennes que celles de la suite CA-banale) et leucotonalites des sondages 101, 103, 112, 212 et 312. Les tonalites des sondages 112 et 212 ont des compositions moins différenciées que celles du sondage 103 ; leurs teneurs en éléments traces ne sont pas significativement différentes de celles des tonalites de l'association CA banale, hormis Th et les terres rares qui sont un peu plus élevées.

Les microgabbrodiorites filoniennes, dont on ne connaît pas d'équivalent en intrusion de taille importante, peuvent être rattachées respectivement, selon leurs caractéristiques chimiques, à l'une ou l'autre des deux associations dont elles constitueraient le pôle le moins différencié. Certains termes présentent une tendance au cumulat ferro-magnésien (teneurs en Mg, Ti, Cr et Ni plus élevées).

- *association calco-alcaline granitoïdique* (CA-g), comprenant surtout les granodiorites du sondage 105 dont le rapport  $K_2O/Na_2O = 0,95$  leur confère toutefois un caractère intermédiaire entre les suites calco-alcalines et shoshonitiques

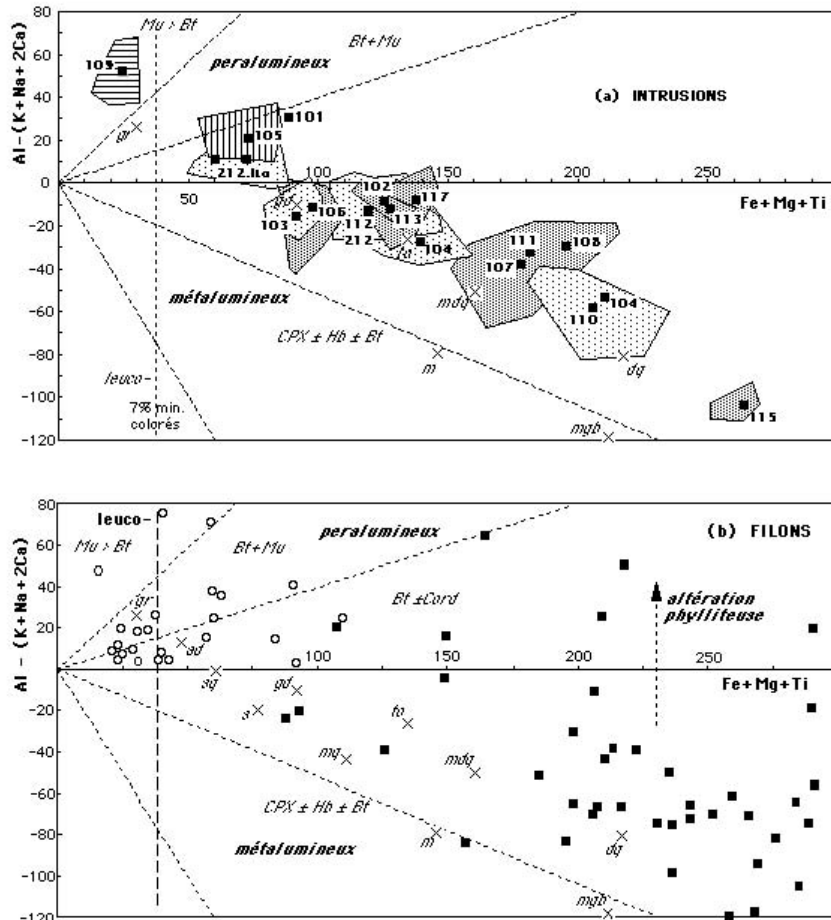


Fig. 4.- Typologie magmatique par balance alumine Al-(K+Na+2Ca) (Debon et Le Fort, 1988) dans les intrusions (a) et filons (b) du complexe de Charroux-Civray. Abréviations : Mu : muscovite ; Bt : biotite ; cord : cordiérite ; hb : hornblende ; CPX : clinopyroxène ; autres abréviations : cf. Fig. 5. Figurés : (a) carrés noirs : composition moyenne des intrusions (hors échantillons altérés et filons) dans les champs de distribution des échantillons isolés (polygones). 101 à 212 : numéros des sondages. (b) carrés noirs : filons basiques et intermédiaires ; disques ouverts : filons acides ; croix compositions moyennes des roches plutoniques selon Debon et Le Fort (1988).

Fig. 4.- Magma typology according to the Al-(K+Na+2Ca) balance (Debon and Le Fort, 1988) of (a) the intrusions and (b) the veins of the Charroux-Civray complex. Abbreviations: Mu: muscovite; Bt: biotite; cord: cordierite; hb: hornblende; CPX: clinopyroxene; other abbreviations: see Fig. 5. Symbols: (a) black squares: basic and intermediate dykes; open circles: acidic dykes; crosses: mean composition of the plutonic rocks (Debon and Le Fort, 1988).

typiques. On rattache à cette association les (leuco)granodiorites, (leuco)adamellites et leucogranites filoniens (sondages 102, 104, 105, 111, 112, 117 et 212) dans lesquels Zr (< 90 ppm), Th (< 18 ppm) et les terres rares (30 ppm < ΣTR < 80 ppm) présentent le même comportement compatible que Sr (< 250 ppm).

**Le magmatisme shoshonitique**

Il est représenté dans sept sondages sur 17 et est remarquable par sa gamme de compositions allant des monzogabbrodiorites aux leucomonzogranites (filons).

Deux associations ont été individualisées (fig. 5 et 9) :

- *association shoshonitique basique à intermédiaire* (SH) comprenant les intrusions de monzogabbrodiorites (sondage 115), monzodiorites (sondages 107, 108 et 111) et monzonites quartzifères (sondages 113 et 117), et des filons à compositions voisines. Monzogabbrodiorites et monzodiorites quartzifères se caractérisent par des enrichissements en éléments lithophiles incompatibles Ba, Zr, Y, Hf, Th, U et terres rares plus importants que dans les basaltes alcalins andins (Atherton et

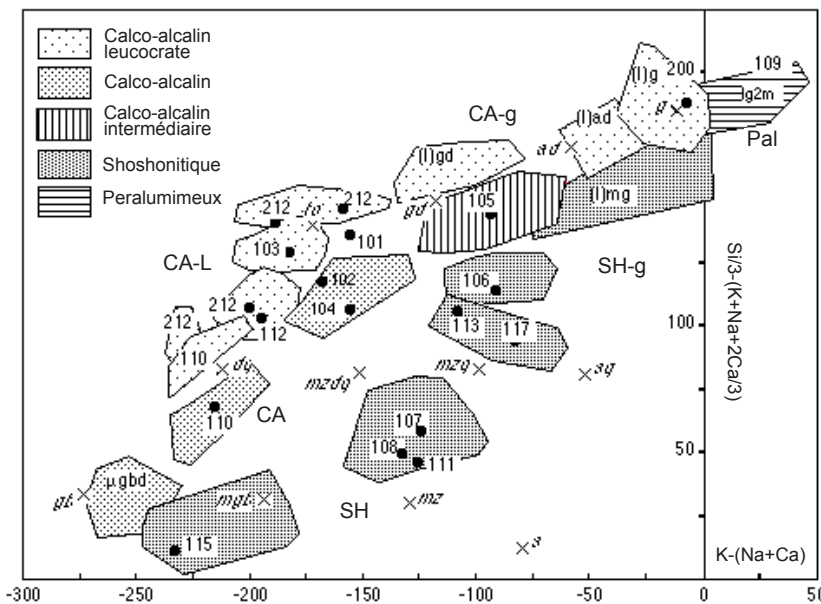
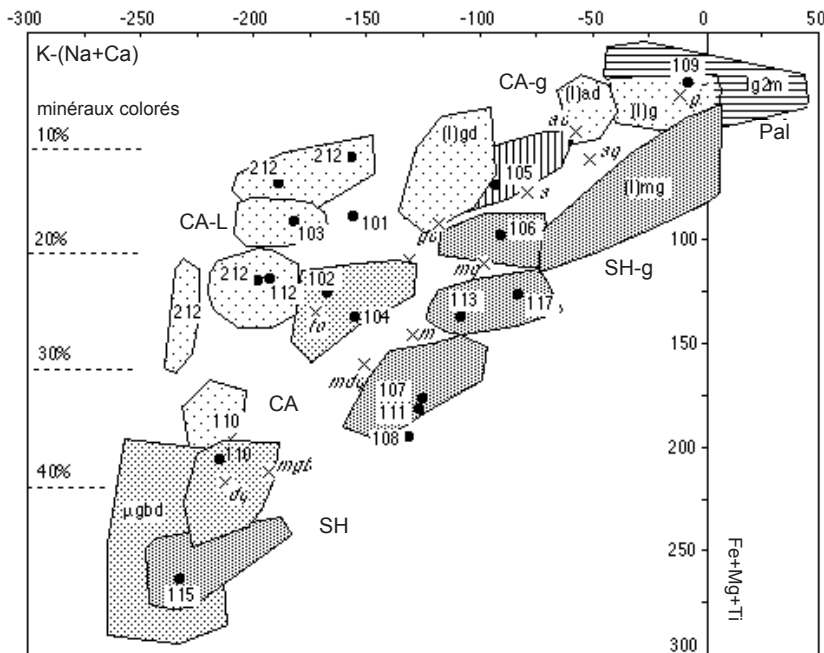


Fig. 5.- Compositions chimiques des intrusions du complexe de Charroux-Civray présentées dans le diagramme de nomenclature des roches plutoniques selon Debon et Le Fort (1988). Abréviations : gb : gabbro(diorites) ; dq : diorites quartiques ; to : tonalites ; gd : granodiorites ; ad : adamellites ; g : granites ; mgb : monzogabbro(diorites) ; mz : monzonites ; mzdq : monzodiorites quartiques ; mzg : monzonites quartiques ; s : syénites ; sq : syénites quartiques. gbd : gabbrodiorites ; tos : tonalites sombres ; lto1 et lto2 : leucotonalites de type 1 et 2 ; (l)gd : granodiorites et leucogranodiorites ; (l)ad : adamellites et leucoadamellites ; (l)g : granites et leucogranites ; (l)mg : monzogranites et leucomonzogranites ; CA : association calco-alcaline banale ; CA-l : association calco-alcaline leucocrate ; CA-g : association calco-alcaline granitoïdique ; SH-bi : association shoshonitique basique-intermédiaire ; SH-g : association shoshonitique granitoïdique ; Pal : leucogranites peralumineux. 101 à 212 : numéros des sondages. Disques noirs : composition chimique moyenne des intrusions (hors échantillons altérés et filons).

Fig. 5.- Composition of the Charroux-Civray intrusions shown in the Debon and Le Fort (1988) diagram of chemical classification of common plutonic rocks. Abbreviations : gb : gabbro(diorite) ; dq : quartz diorite ; to : tonalite ; gd : granodiorite ; ad : adamellite ; g : granite ; mgb : monzogabbro(diorite) ; mz : monzonite ; mzdq : quartz monzodiorite ; mzg : quartz monzonite ; s : syenite ; sq : quartz syenite ; gbd : gabbrodiorite ; tos : dark tonalite ; lto1 and lto2 : leucotonalite ; (l)gd : granodiorite and leucogranodiorite ; (l)ad : adamellite and leucoadamellite ; (l)g : granite and leucogranite ; (l)mg : monzogranite and leucomonzogranite ; CA : calc-alkaline association ; CA-l : leucocratic calc-alkaline association ; CA-g : granitoid calc-alkaline association ; SH : shoshonitic association ; SH-g : granitoid shoshonitic association ; Pal : peraluminous leucogranite. 101 to 212 : borehole numbers. Black circles : mean composition of the principal facies of the intrusions (excluding altered rocks and veins).

Sanderson, 1985), mais plus faibles que dans les volcanites shoshonitiques post-collisionnelles du plateau tibétain (Turner *et al.*, 1996). Au pôle basique, la discrimination entre micromonzogabbrodiorites et microgabbrodiorites est imprécise en raison de la présence de termes à composition intermédiaire entre magmas calco-alcalins et shoshonitiques. La plus grande partie des filons basiques shoshonitiques a une composition voisine ou légèrement plus évoluée que celle des monzogabbrodiorites intrusives 115. Toutefois, leurs enrichissements en Th, Zr et terres rares sont très variables et sont systématiquement plus importants dans les filons associés aux monzodiorites 107 et 108 (tabl. 4) ;

- association shoshonitique granitoïdique (SH-g), représentée par l'intrusion monzogranitique du sondage 106 et par les filons de monzogranites et de (leuco)granites monzonitiques. Les teneurs en Ba, Zr, Y, Hf, Th, U et terres rares sont moins élevées que dans les monzodiorites quartzifères, mais plus importantes que dans les granitoïdes calco-alcalins. Les magmas shoshonitiques les plus évolués (leucomonzogranites) de la Vienne ne sont représentés que dans les filons. Leurs enrichissements en éléments en traces sont cependant souvent irréguliers et peuvent présenter des convergences avec ceux des faciès filoniens calco-alcalins.

Le magmatisme peralumineux est représenté par une intrusion de leucogranite à deux micas (sondage 109) dont les enrichissements en Ta, Sn, W, Be, Li, Cs et U expriment une spécialisation élevée rarement rencontrée dans le Massif central (type leucogranites de Blond et des Colettes ; Raimbault *et al.*, 1995). Ne présentant pas cette spécialisation géochimique, le filon de leucogranite à muscovite et grenat recoupant le sondage 111 ne peut être considéré comme une apophyse du leucogranite à deux micas du sondage 109. Par contre, il peut représenter une émission distale d'un magmatisme leucogranitique plus largement développé en profondeur d'après les données gravimétriques.

### Répartition des faciès dans les sondages

Chaque sondage est marqué par la présence d'un type lithogéochimique dominant pouvant présenter des variations de



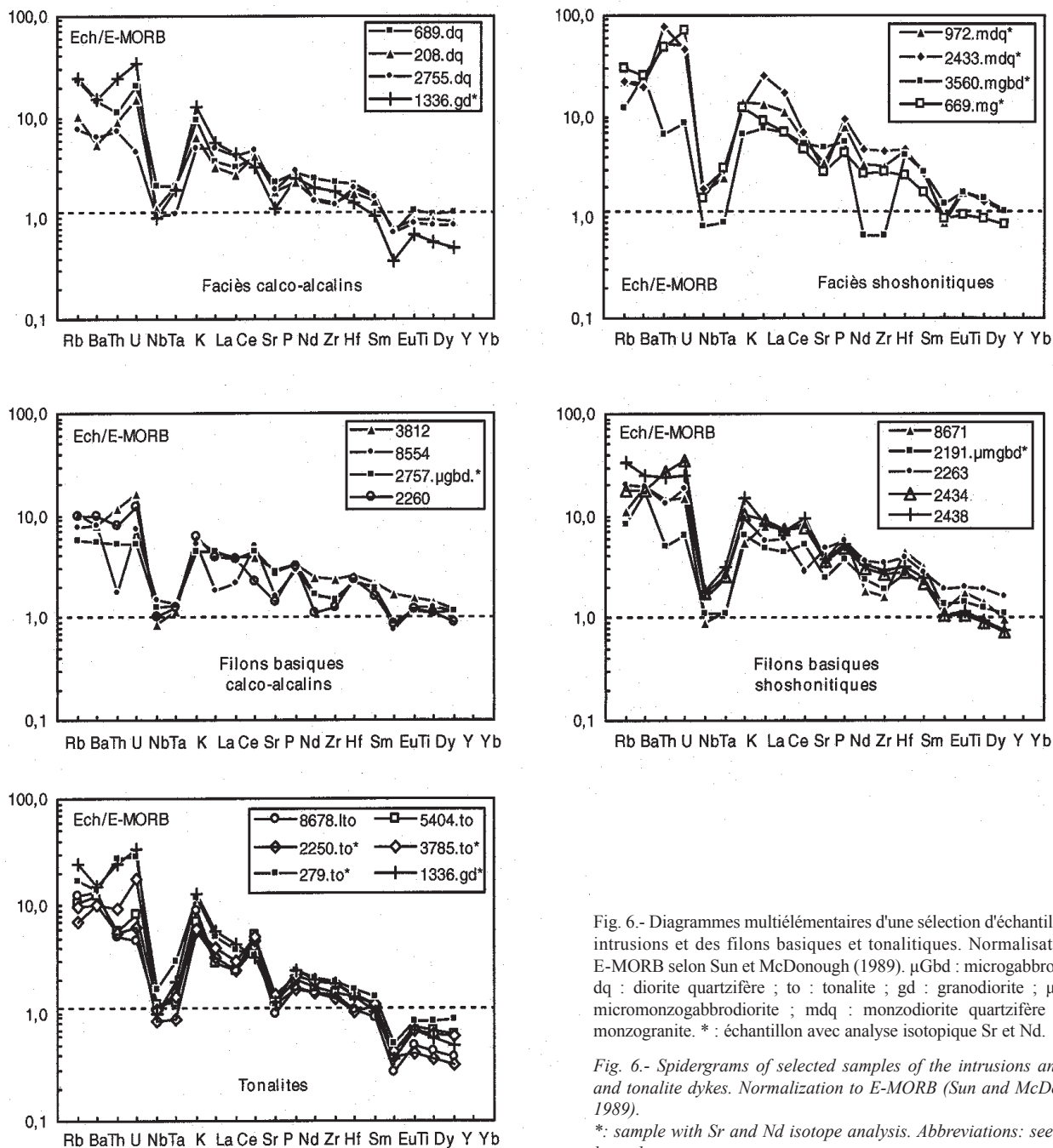


Fig. 6.- Diagrammes multiélémentaires d'une sélection d'échantillons des intrusions et des filons basiques et tonalitiques. Normalisation aux E-MORB selon Sun et McDonough (1989). µGbd : microgabbrodiorite ; dq : diorite quartzifère ; to : tonalite ; gd : granodiorite ; µmgbd : micromonzogabbrodiorite ; mdq : monzodiorite quartzifère ; mg : monzogranite. \* : échantillon avec analyse isotopique Sr et Nd.

Fig. 6.- Spidergrams of selected samples of the intrusions and basic and tonalite dykes. Normalization to E-MORB (Sun and McDonough, 1989).

\*: sample with Sr and Nd isotope analysis. Abbreviations: see French legend.

compositions de plus faible amplitude que celles mises en évidence entre intrusions et filons associés (i.e. tonalites et filons leucotonalitiques). Ces variations conduisent à définir des unités géochimiques homogènes de puissance métrique à plurihéctométrique :

- le sondage 105 met en évidence la présence de deux unités granodioritiques à structure similaire, mais se discriminant par SiO<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>O, Fe+Mg+Ti, CaO, Ba, Sr,

Th, terres rares (tabl. 3) ; elles sont actuellement séparées par une fracture reprenant très probablement une zone de contact entre deux intrusions ;

- aux tonalites des sondages 103, 112 et 212 sont associées des leucotonalites présentant souvent un passage progressif avec les tonalites (contacts à l'état visqueux). De rares contacts francs observés avec ces dernières indiquent cependant une mise en place filonienne (plurimétrique à décamé-

trique) de ces leucotonalites. Dans le sondage 212, sept unités de tonalites et leucotonalites sont mises en évidence à partir des données structurales et géochimiques (Gagny, 1997 ; Gagny et Cuney, 1997). Chaque unité géochimique correspond à une ou plusieurs injections présentant des structurations magmatiques propres (unités structurales) ;

- le sondage 104 traverse un corps plutonique formé, à l'échelle métrique à

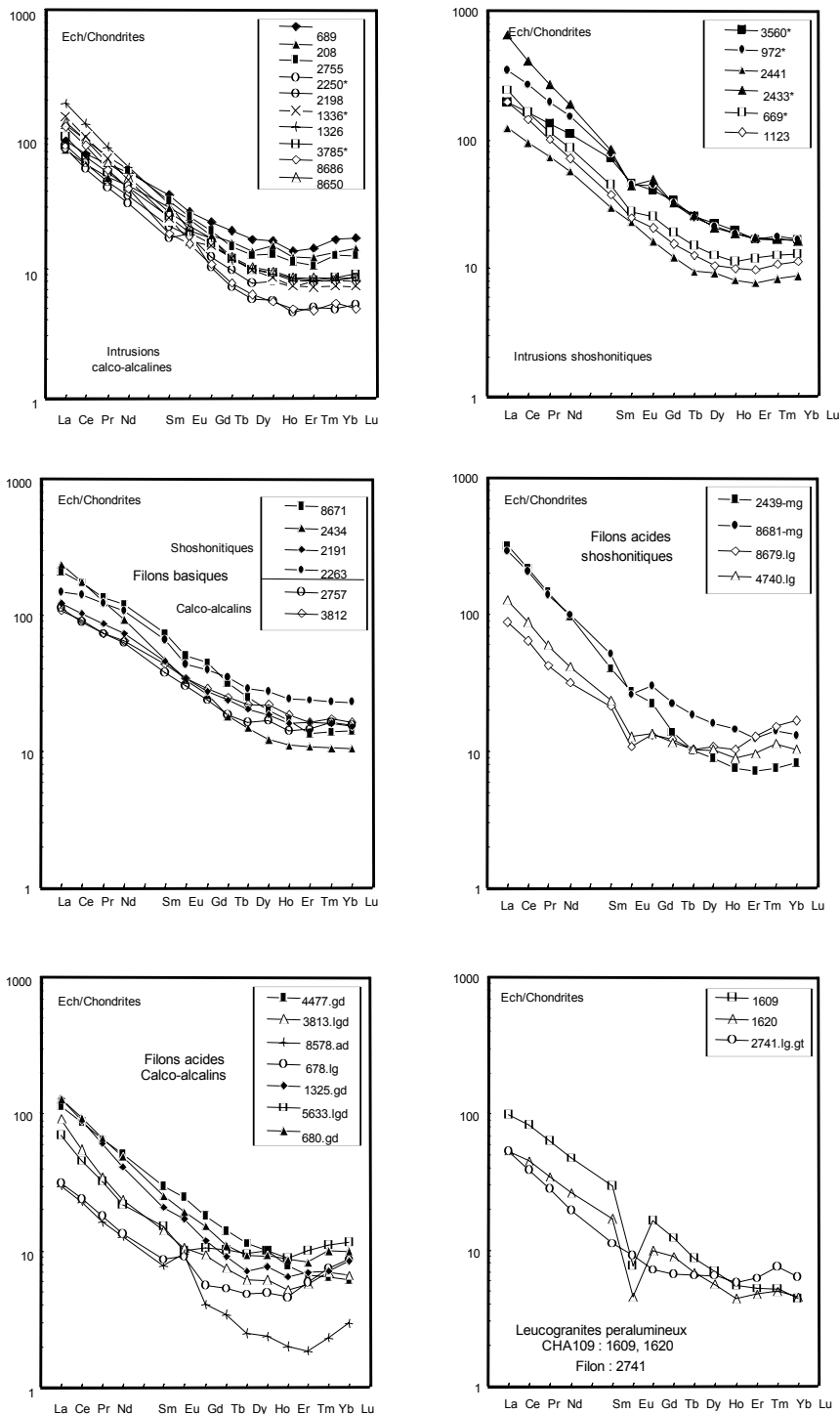


Fig. 7.- Spectres des terres rares d'une sélection d'échantillons des intrusions et des filons basiques et acides du complexe de Charroux-Civray. Normalisation aux chondrites selon Evensen *et al.* (1978). Abréviations : lg : leucogranite ; lgd : leucogranodiorite ; ad : adamellite ; lg.gt : leucogranite à grenat. Autres abréviations : cf. figure 6.

Fig. 7.- REE patterns of selected samples of the intrusions and basic and acidic dykes from the Charroux-Civray complex. Chondrite normalization according to Evensen *et al.* (1978). Abbreviations: see French legends of Figures 6 and 7.

submétrique, d'un mélange, à l'état visqueux, de magmas à compositions de diorites quartzifères et de tonalites ;

- les diorites quartzifères du sondage

110 se répartissent en deux groupes de structures pétrographiques voisines, mais dont les compositions légèrement différentes traduisent la présence probable de deux unités magmatiques imbriquées ;

- à l'inverse des cas précédents, les sondages 108 et 111 recourent un (ou des) corps plutonique(s) à structure hétérogène formé(s) d'une imbrication, à l'échelle décimétrique à demi-métrique et à l'état visqueux, avec développement de fabriques magmatiques coplanaires, de trois faciès discriminés par leur granulométrie (gros grain, grain moyen, grain fin), mais présentant des compositions similaires (monzodiorites).

### Chronologie relative et absolue de mise en place

L'existence de contacts à l'état visqueux, de brèches magmatiques et de structures de mélanges entre des faciès de compositions et surtout de natures magmatiques distinctes indique leur pénécron-temporaneité de mise en place (i.e. filons basiques shoshonitiques - tonalites calco-alcalines).

Les déterminations géochronologiques par la méthode U/Pb sur zircons d'une tonalite du sondage 103, d'une granodiorite du sondage 105 et des monzogranites du sondage 106 montrent que les intrusions calco-alcalines et shoshonitiques se mettent en place entre 349 et 356 Ma sans pouvoir être dissociées dans le temps aux marges d'erreurs près (Bertrand *et al.*, 1997, 2001 ; tabl. 6). Ces datations sont compatibles avec celles effectuées par Bernard-Griffiths *et al.* (1985) sur les diorites quartzifères de Saint-Jean-Ligoure et de Saint-Paul d'Eyjaux, recalculées selon le même protocole Isoplot respectivement à  $354 \pm 7$  Ma et à  $359 \pm 6$  Ma. Ces âges sont également comparables à ceux obtenus par la même méthode sur les plutonites du Confolentais (diorites quartzifères leucocrates de l'Isle Jourdain, monzogranites de Port-de-Salles, monzonites quartzifères de Négrat ; tabl. 6). Par contre, l'âge U/Pb sur zircons à  $352 \pm 5$  Ma des granodiorites du sondage 105 est plus élevé que l'âge de fermeture des systèmes Rb/Sr (Duthou *et al.*, 1984) des granites shoshonitiques d'Esse-Hiesse-Brillac ( $315 \pm 10$  Ma) et calco-alcalins de Piégut ( $325 \pm 14$  Ma). Cependant, en l'absence de datations U/Pb sur ces granitoïdes du Confolentais, il n'est pas possible de certifier s'ils appartiennent ou non au même cycle magmatique que les granodiorites de la Vienne.

N° Sondage	Microgabbrodiorites Calco-alcalins					(Leuco)granodiorites			Adamellite	Leucogranites		
	3812 CHA112	8554 CHA212	2260 CHA103	2757 CHA110	5402 CHA212	680 CIV102	4477 CHA112	1325 CHA105	Calco-alcalins 5633 CHA212	8578 CHA212	3813 CHA112	678 CIV102
SiO2	50,18	50,67	50,88	51,14	53,31	64,52	67,09	68,74	71,26	73,02	73,54	74,38
Al2O3	15,63	18,49	12,91	19,27	18,06	16,59	16,00	15,67	14,68	13,89	14,30	13,37
Fe2O3t	11,15	8,64	9,04	8,87	8,61	4,67	3,60	2,23	1,92	1,16	1,01	0,73
MnO	0,14	0,23	0,13	0,19	0,15	0,09	0,06	0,04	0,04	0,02	0,01	0,00
MgO	5,24	4,77	10,84	3,98	4,15	1,83	1,32	1,16	0,56	0,34	0,37	0,44
CaO	6,43	8,30	8,94	8,42	6,37	3,82	3,25	2,64	1,82	1,44	1,34	1,61
Na2O	3,14	4,25	2,21	4,05	3,69	3,53	3,89	4,02	4,47	3,84	4,42	3,18
K2O	1,51	1,33	1,59	1,13	2,22	2,38	2,73	2,78	3,33	4,39	3,70	4,39
TiO2	1,67	0,76	0,86	0,88	0,90	0,48	0,46	0,27	0,18	0,14	0,10	0,08
P2O5	0,42	0,23	0,20	0,39	0,33	0,22	0,17	0,11	0,03	0,03	0,05	0,03
PF	4,20	1,35	2,15	1,41	1,81	1,59	1,06	2,03	1,43	1,72	0,85	1,60
Total	99,71	99,02	99,75	99,73	99,60	99,72	99,63	99,69	99,72	99,99	99,69	99,81
FeO	6,33	5,40	6,19	5,15	5,44	2,86	1,96	1,43	1,07	0,45	0,57	0,44
Fe2O3c	4,12	2,64	2,16	3,15	2,56	1,49	1,42	0,64	0,73	0,66	0,38	0,24
CO2	1,47	0,26	0,21	0,10	0,16	0,42	0,26	0,72	0,53	0,79	0,26	0,87
Ba	456	461	554	308	1013	735	1064	803	645	1624	1191	423
Co	22	19	39	19	19	8	4	4	2	1	1	1
Cr	12	46	341	11	3	12	7	6	6	7	6	5
Nb	7	12	8	11	9	18	8	10	19	4	9	15
Rb	53	38	50	29	86	101	65	116	141	68	136	108
Sr	605	765	354	694	821	410	494	454	240	343	197	163
Ta	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	1,3	0,6	1,1	2,9	0,2	1,2	1,0
Th	7,0	1,0	4,8	3,1	13,0	9,9	5,9	13,8	15,1	4,2	15,5	11,8
U	2,9	1,3	2,2	1,0	4,1	3,1	1,0	7,0	16,5	1,5	8,6	9,2
Y	31	28	25	25	24	14	14	11	17	4	10	9
Zr	178	117	79	121	124	128	156	131	74	71	68	59
La	26,4	11,6	24,2	27,9	41,4	31,5	27,7	31,9	16,9	7,3	17,4	7,7
Ce	57,5	32,7	56,3	56,9	82,8	59,4	55,9	57,6	29,0	14,5	30,9	15,3
Pr	7,0	5,7	6,9	7,0	9,4	6,4	6,3	5,8	3,1	1,6	2,9	1,7
Nd	30,2	26,4	28,2	29,6	37,5	22,9	23,9	19,5	10,2	6,0	8,5	6,3
Sm	6,8	5,7	6,1	5,8	7,1	3,8	4,5	3,2	2,3	1,2	1,8	1,3
Eu	2,0	1,8	1,5	1,8	1,9	1,1	1,4	1,0	0,6	0,5	0,5	0,5
Gd	5,9	4,9	4,9	4,8	5,8	3,0	3,7	2,4	2,1	0,8	1,5	1,1
Tb	0,9	0,7	0,7	0,7	0,8	0,4	0,5	0,3	0,4	0,1	0,3	0,2
Dy	5,5	4,5	4,3	4,2	4,5	2,4	2,8	1,8	2,4	0,6	1,5	1,2
Ho	1,2	1,0	0,9	1,0	0,9	0,5	0,6	0,4	0,6	0,1	0,3	0,3
Er	3,1	2,4	2,3	2,4	2,2	1,4	1,3	1,1	1,4	0,3	0,9	0,8
Tm	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,0	0,2	0,1
Yb	2,8	2,7	2,1	2,7	2,3	1,6	1,0	1,2	1,8	0,4	1,1	1,2
Lu	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2	0,3	0,1	0,2	0,2
ΣTR	150,1	100,9	139,0	145,4	197,2	135,0	130,0	126,4	71,5	33,6	68,0	38,0
(La/Yb)n	6,3	2,9	7,8	7,0	12,2	13,0	17,9	18,5	6,3	13,0	13,3	4,2
(La/Sm)n	2,5	1,3	2,5	3,0	3,7	5,2	3,8	2,7	4,6	3,8	6,4	3,7
(Gd/Yb)n	1,7	1,5	1,9	1,4	2,0	1,5	2,8	0,8	1,0	1,7	1,3	0,7
(Eu*/Eu)n	0,9	1,0	0,8	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0	0,8	1,6	0,9	1,3

Tabl. 4.- Compositions chimiques d'une sélection de filons basiques et acides du complexe de Charroux-Civray. FeO d'après analyses complémentaires ; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>c : Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> calculé.

Table 4.- Chemical composition of selected basic and acidic dykes from the Charroux-Civray complex. FeO determined by wet chemical analyses; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>c: calculated Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

## Zonéographie lithogéochimique

La prédominance dans chaque sondage d'un type lithologique spécifique a contribué, avec les données géophysiques et structurales, à l'établissement d'une carte géologique du socle sous couverture de la région de Charroux-Civray (fig. 2). Les intrusions calco-alcalines s'organisent selon une demi-couronne au nord et à l'ouest autour des intrusions shoshonitiques qui sont recoupées dans leur partie sud-est par un massif de leucogranites peralumineux. Plus précisément :

- la partie nord est formée de tonalites et leucotonalites calco-alcalines (sondages 103, 112, 212, 312) comparables

aux tonalites de Saint-Barbant affleurant, dans le Confolentais, 35 km à l'est de Charroux (Rolin *et al.*, 1999) ;

- la partie ouest est constituée principalement des diorites quartzifères calco-alcalines (sondages 104 et 110) ; leur composition est comparable à celle des diorites quartzifères de Saulgond en Confolentais (Peiffer, 1985 ; Rolin *et al.*, 1999) ;

- la partie nord-est et sud-ouest comporte des monzogabbrodiorites (sondage 115), monzodiorites quartzifères (sondages 107 -108), monzonites quartzifères (sondages 113 et 117) et monzogranites (sondage 106). La composition de ces intrusions est comparable à celle des massifs d'Oradour-Fanais, de Négrat et

de Port-de-Salle en Confolentais et de Saint-Jean-Ligoure en Bas-Limousin (Peiffer, 1985 ; Rolin *et al.*, 1996, 1999 ; Colchen *et al.*, 1998) ;

- la partie sud-est comprend un massif de leucogranites à deux micas ; la forte anomalie gravimétrique négative existant dans cette région montre que son importance croît en profondeur ;

- le centre du site de la Vienne est occupé par une intrusion de granodiorites calco-alcalines à biotite (sondage 105) paraissant recouper les autres types lithologiques (hormis les leucogranites) ; elle n'a pas d'homologue dans le Confolentais.

Aucune polarité magmatique n'apparaît à l'échelle du complexe plutonique

N° Sondage	Micromonzogabbrodiorites Shoshonitiques				(Leuco)monzogranites Shoshonitiques				Leucogranites Peralumineux
	2263 CHA103	8671 CHA212	2191 CHA103	2434 CHA108	8681 CHA212	2439 CHA108	8679 CHA212	4740 CHA117	2741 CHA111
SiO <sub>2</sub>	44,47	46,27	46,39	50,87	65,59	68,31	72,86	73,06	71,58
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,22	18,08	19,14	19,18	15,29	15,59	13,64	13,96	13,51
Fe <sub>2</sub> O <sub>3t</sub>	12,42	10,34	11,24	7,04	3,82	2,80	1,24	1,51	0,92
MnO	0,21	0,16	0,14	0,09	0,06	0,00	0,04	0,03	0,04
MgO	8,26	5,64	5,26	4,51	1,60	0,96	0,50	0,58	1,10
CaO	9,72	9,49	8,47	6,25	2,97	1,70	1,31	1,22	1,65
Na <sub>2</sub> O	2,58	3,49	3,50	4,25	3,25	3,29	2,92	3,35	3,75
K <sub>2</sub> O	2,38	1,40	1,64	2,59	4,05	4,86	5,60	4,87	3,78
TiO <sub>2</sub>	1,90	1,21	1,39	1,06	0,48	0,32	0,11	0,16	0,03
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,68	0,54	0,35	0,50	0,21	0,14	0,05	0,05	0,04
PF	1,78	2,90	2,22	3,20	2,22	1,61	1,57	0,91	3,36
Total	99,62	99,52	99,74	99,54	99,54	99,59	99,84	99,70	99,76
FeO	8,34	6,70	6,74	4,92	2,09	1,59	0,53	0,83	0,33
Fe <sub>2</sub> O <sub>3c</sub>	3,15	2,89	3,75	1,57	1,50	0,00	0,65	0,59	0,55
CO <sub>2</sub>	0,34	0,57	0,41	1,01	0,78	0,31	0,74	0,16	2,33
Ba	1090	1121	978	994	1561	1688	1029	725	654
Co	35	26	24	19	7	4	1	2	
Cr	211	28	1	84	13	7	2	9	3
Nb	13	7	9	14	14	8	18	13	10
Rb	102	56	43	90	135	145	168	170	151
Sr	455	1301	818	1176	543	500	294	412	112
Ta	1,2	0,6	0,5	1,2	1,6	0,9	3,0	1,9	1,4
Th	8,1	8,6	3,0	16,4	32,1	31,7	20,3	30,1	6,4
U	3,4	2,7	1,1	6,3	6,6	6,3	23,2	13,8	3,8
Y	42	31	28	20	25	12	18	16	10
Zr	259	134	173	220	222	233	99	127	36
La	36,3	51,0	29,8	57,8	69,9	77,1	21,1	30,6	12,9
Ce	89,8	108,7	66,2	112,2	129,3	138,7	40,7	56,0	24,8
Pr	11,8	13,0	8,2	12,1	13,2	14,0	4,1	5,7	2,7
Nd	50,5	55,7	34,3	44,0	46,9	45,2	14,9	19,2	9,3
Sm	10,0	11,3	7,1	7,2	7,8	6,1	3,2	3,6	1,7
Eu	2,5	2,9	2,0	1,9	1,5	1,6	0,6	0,7	0,5
Gd	8,0	9,1	5,6	5,3	6,1	4,5	2,7	2,7	1,5
Tb	1,3	1,2	0,9	0,7	0,8	0,5	0,5	0,4	0,2
Dy	7,2	6,3	5,1	3,8	4,6	2,5	2,6	2,6	1,6
Ho	1,5	1,1	1,0	0,7	0,9	0,5	0,6	0,6	0,4
Er	4,0	2,8	2,6	1,8	2,3	1,2	1,7	1,5	1,0
Tm	0,6	0,3	0,4	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2
Yb	3,8	2,3	2,6	1,7	2,3	1,2	2,5	1,9	1,2
Lu	0,6	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2	0,4	0,3	0,2
ΣTR	228,1	266,1	166,3	249,8	286,4	293,4	95,9	126,0	58,1
(La/Yb) <sub>n</sub>	6,4	15,0	7,8	22,5	20,6	42,7	5,7	11,1	7,0
(La/Sm) <sub>n</sub>	2,3	2,8	2,6	5,1	5,6	7,9	4,1	5,4	4,8
(Gd/Yb) <sub>n</sub>	1,7	3,2	1,7	2,5	2,2	3,0	0,9	1,2	1,0
(Eu*/Eu) <sub>n</sub>	0,8	0,9	0,9	0,9	0,6	0,88	0,6	0,7	1,0

Tabl. 4.- Suite.

de Charroux-Civray et ne peut d'ailleurs être attendue en raison de la présence, sur une même verticale locale, de plutonites de typologies magmatiques différentes. La zonéographie interpolée (fig. 2) est très comparable à celle caractérisant le Confolentais (Rolin *et al.*, 1999).

### Données pétrogénétiques

#### Géochimie isotopique Sr-Nd

Dix échantillons ont été analysés au laboratoire de géochimie isotopique de l'Université Libre d'Amsterdam sur un spectromètre de masse Finnigan MAT261 avec multicollecion (Zevenhuisen, 1996). Par rapport aux grands réservoirs, les données isotopiques sur les plutonites de la Vienne définissent des mélanges entre des composants à signature mantélique ( $\epsilon_{\text{Sr}355} < 0$  et  $\epsilon_{\text{Nd}355} > 0$ ) et des composants à signature continentale ( $\epsilon_{\text{Sr}355} > 0$  -  $\epsilon_{\text{Nd}355} < 0$  ; tabl. 5 ; fig. 10).

Les plutonites calco-alcalines ont les valeurs de  $\epsilon_{\text{Sr}}$  les plus faibles et les valeurs de  $\epsilon_{\text{Nd}}$  les plus élevées, hormis la granodiorite à biotite du 105 qui se distingue nettement par de faibles valeurs de  $\epsilon_{\text{Sr}}$  et  $\epsilon_{\text{Nd}}$ . Les échantillons analysés par Shaw *et al.* (1993), provenant des massifs de diorites quartzifères du Limousin (sauf l'échantillon D\*), sont décalés vers des  $\epsilon_{\text{Sr}}$  plus radiogéniques.

Dans les plutonites shoshonitiques, les termes les plus primitifs (monzogabbrodiorites) ont des compositions isotopiques Sr et Nd et élémentaires (Th, U, K, terres rares) plus riches en composant à signature crustale que les plutonites calco-alcalines les plus différenciées. Une contamination des produits directement issus de la fusion du manteau (gabbrodiorites) a donc eu lieu probablement au niveau du manteau. Cette contamination est généralement attribuée à un processus de subduction qui injecte du matériel crustal dans le manteau.

Au sein de chaque association (fig. 10), les termes les plus différenciés (diorites, tonalites, granodiorites, granites) correspondent à des proportions croissantes de mélange avec des composants à signature de type croûte continentale. A ce stade, une contamination directe avec de la croûte continentale au cours de la traversée de celle-ci par les magmas est probable, ainsi que le montre également la présence, dans les zircons, de coeurs hérités.

Malgré le nombre limité de données, un niveau de complexité supplémentaire du système apparaît : les mélanges observés au sein des deux grandes associations magmatiques nécessitent l'existence, au niveau du manteau, de plusieurs sources présentant des signatures isotopiques différentes. Par exemple, dans l'association calco-alcaline, les gabbrodiorites du sondage 110 sont moins enrichies en éléments lithophiles que les microgabbrodiorites du sondage 112. De même, dans l'association shoshonitique, les micromonzogabbrodiorites du sondage 103 ont un  $\epsilon_{\text{Sr}}$  plus radiogénique que celles du sondage 115. Au niveau des termes calco-alcalins, les tonalites du sondage 104 ont des caractéristiques plus primitives que les granodiorites 105 et que la plupart des gabbrodiorites. Les droites de mélange possibles entre les différents termes plutoniques montrant une évolution cohérente entre les caractéristiques géochimiques des éléments majeurs et l'évolution isotopique, sont représentées sur la figure 10. Ces droites de mélange ne peuvent cependant représenter des mélanges simples entre deux constituants, car les éléments traces respectivement fortement compatibles et fortement incompatibles des différents faciès rencontrés montrent, par l'absence de corrélations linéaires entre ceux-ci (fig. 11), des processus plus complexes, e.g. des processus de mélanges accompagnés de fractionnements de minéraux cristallisant dans les magmas de manière statique dans des chambres profondes ou dynamique au cours de la remontée et de la mise en place des magmas (modèle AFC).

Ce type de raisonnement montre que les échantillons D3 et D3b du même massif de l'échantillonnage de Shaw *et al.*, (1993) ne peuvent appartenir à la même suite que celle de Charroux-Civray. Ainsi le modèle AFC proposé par ces auteurs intégrant l'ensemble des échantillons



représente une simplification extrême des processus mis en jeu. Toute modélisation globale des processus d'évolution magmatique des plutonites de la Vienne doit prendre en compte l'ensemble de ces processus et évaluer leurs contributions respectives. Par ailleurs les processus de mélange mis en évidence interdisent l'utilisation en géochronologie Rb-Sr d'isochrones regroupant des faciès de composition très différente.

### Pôle mantelo-dérivé potentiel

Les compositions des intrusions les plus basiques rencontrées dans le massif de Charroux-Civray sont celles des diorites quartzifères et rares diorites traversées par le sondage CHA110. Leur composition est plus évoluée que celle des filons microgabbrodioritiques recoupant les tonalites du sondage CHA212, eux-mêmes présentant généralement une composition plus évoluée que celle des gabbros de référence (Debon et Le Fort, 1988). Certains faciès filoniens peuvent présenter une légère tendance au cumulat ferro-magnésien (teneurs en MgO, Cr, Ni et V plus élevées). Parmi les filons basiques shoshonitiques, la plupart d'entre eux s'apparente étroitement, par les éléments majeurs, aux monzogabbrodiorites 115 (tabl. 4). Les filons basiques représentent les termes les moins évolués du magmatisme basique du seuil du Poitou et peuvent prétendre à la qualité de magma parental mantelo-dérivé potentiel des manifestations diorito-tonalitiques et monzodioritiques et monzonitiques.

Ces données indiquent que les modèles pétrogénétiques sont plus difficilement contraints dans le massif de Charroux-Civray que dans d'autres complexes plutoniques de composition similaire (Cocherie *et al.*, 1994). Elles suggèrent une importante hétérogénéité des matériaux sources impliqués dans l'origine des différents constituants de ce massif.

### Discussion - conclusion

La large gamme de compositions caractérisant le complexe plutonique Charroux-Civray, de dimension volumétrique modeste (surface projetée : 125 km<sup>2</sup>), est remarquable dans la zone axiale de la chaîne varisque française où elle peut être comparée à celle caractérisant le Confolentais (Rolin *et al.*, 1999), le

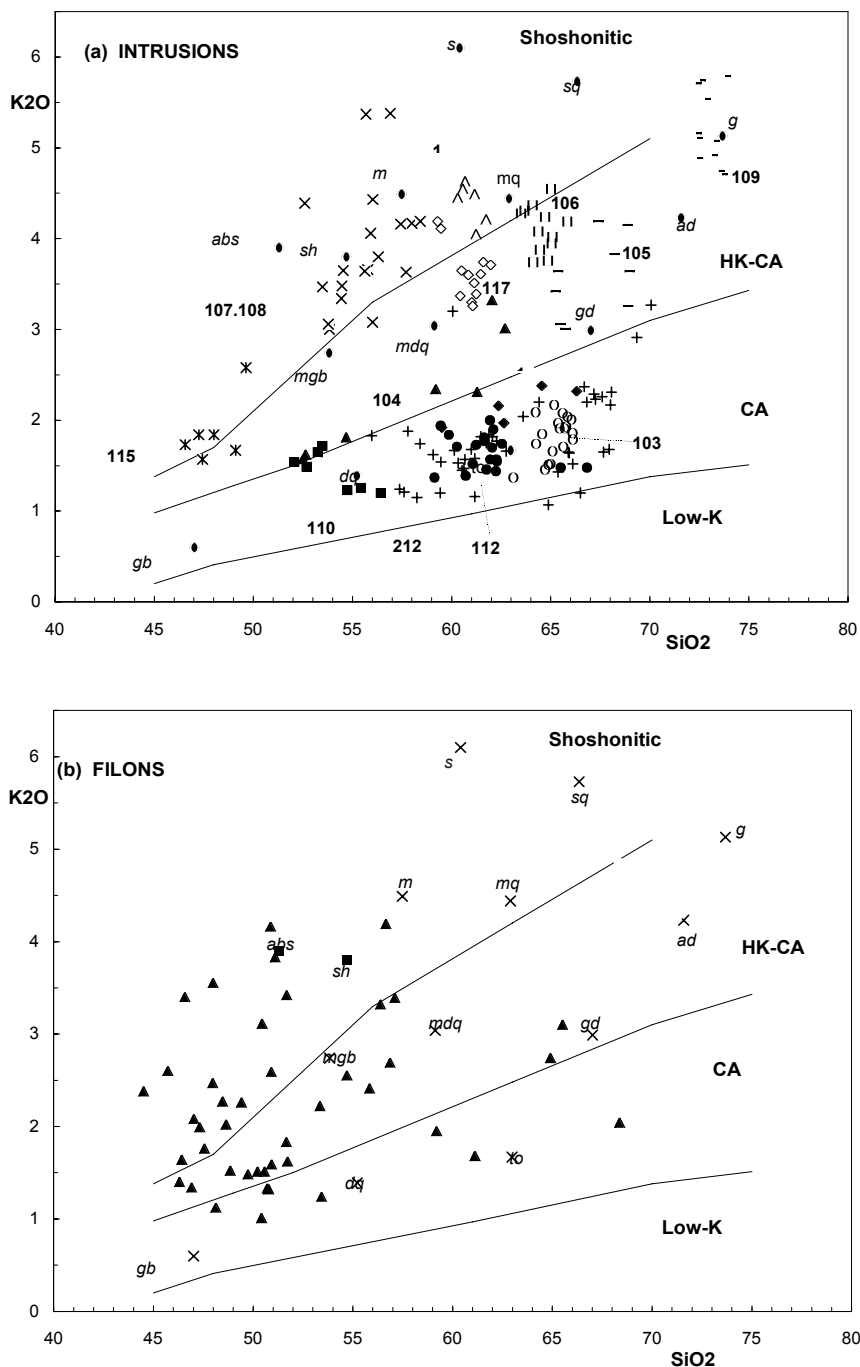


Fig. 8.- Typologie magmatique des intrusions (a) et filons (b) selon Peccerillo et Taylor (1976). Figurés : (a) : un figuré spécifique par constituant principal des sondages ; (b) : triangles noirs : filons basiques et intermédiaires ; disques ouverts : filons acides ; croix : point représentatif des compositions moyennes des roches plutoniques selon Debon et Le Fort (1988). HK-CA : calco-alkalin potassique ; CA : calco-alkalin ; Low-K : faiblement potassique.

Fig. 8.- Magma typology of (a) the intrusions and (b) the veins according to Peccerillo and Taylor (1978). Symbols: (a) specific symbol for each intrusion; (b) black triangles: basic and intermediate dykes; open circles: acidic dykes; crosses: mean composition of the common plutonic rocks (Debon and Le Fort, 1988). HK-CA: high-K calc-alkaline; CA: calc-alkaline; Low-K: low potassic.

massif des Ballons (Vosges ; Pagel et Leterrier, 1980) daté à 340+4/-2 Ma (âge U/Pb sur zircon des monzogranites ; Schaltegger *et al.*, 1996) et certains massifs cristallins externes des Alpes

(Debon et Lemmet, 1999). Elle rappelle également celle marquant des complexes plutoniques de segments plus externes de cette chaîne : Pyrénées avec le complexe de Cauterets-Panticosa (Debon, 1980),

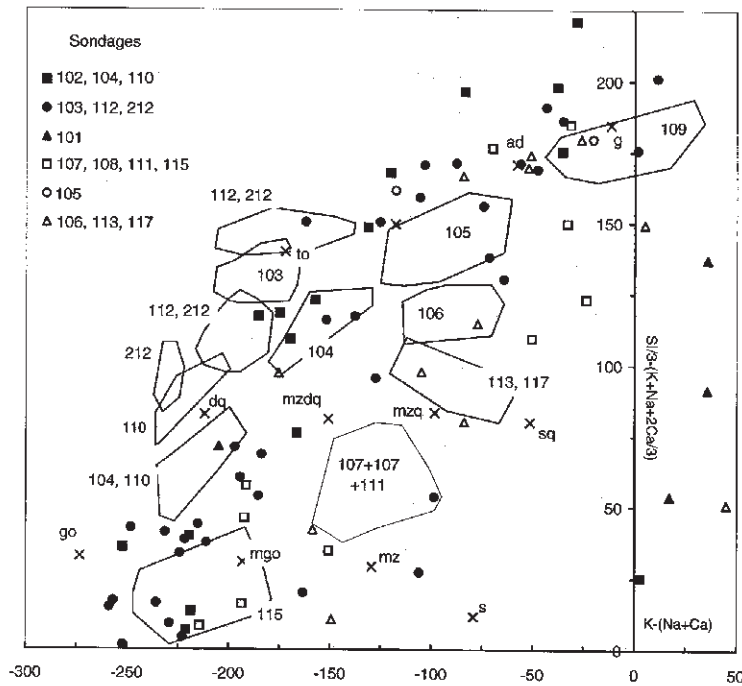


Fig. 9.- Compositions chimiques des filons acides et basiques présentées dans le diagramme de nomenclature des roches plutoniques selon Debon et Le Fort (1988). Comparaison avec les intrusions (polygones). Abréviations : cf. Fig. 5. Les figurés se rapportent aux sondages dans lesquels ont été prélevés les échantillons analysés. Le sondage CHA101 n'est représenté que par des lamprophyres. Polygones : champs de composition des intrusions avec le numéro des sondages correspondants (cf. Fig. 5).

Fig. 9.- Composition of the acidic and basic dykes shown in the Debon and Le Fort (1988) diagram of chemical classification of common plutonic rocks. Comparison with the intrusions (polygonal areas). Abbreviations: see Fig. 5. Symbols correspond to the boreholes from which the dyke samples were analysed. Borehole CHA101 is represented only by lamprophyre. Polygonal areas: field composition of the intrusions and their corresponding borehole number (see Fig. 5).

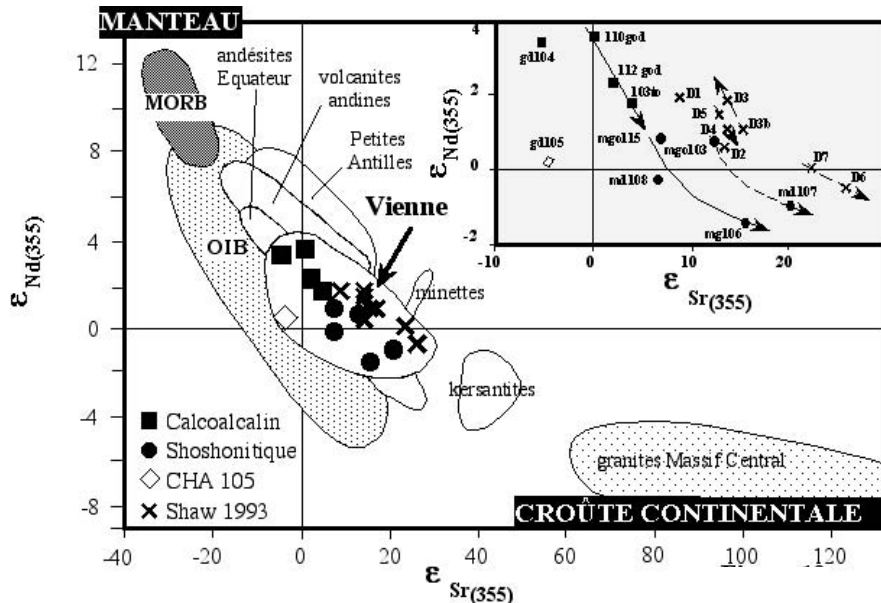


Fig. 10.- Relations entre  $\epsilon_{Sr}$  et  $\epsilon_{Nd}$  pour les roches plutoniques du complexe de Charroux-Civray. Comparaison avec les données de Shaw *et al.* (1993) pour les diorites de la Ligne Tonalitique Limousine et les champs de compositions des basaltes de ride médio-océanique (MORB), des basaltes des îles océaniques (OIB), de différentes suites andésitiques (Equateur, Andes, Petites Antilles), des lamprophyres (minettes et kersantites) et des granites du Massif central français. Les flèches représentent les droites de mélange compatibles avec le fractionnement des éléments majeurs entre différents termes de chacune des suites magmatiques. Encart : agrandissement du champ de la Vienne (avec le numéro du sondage et la nature pétrographique des échantillons) et des données de Shaw *et al.* (1993).

Fig. 10.-  $\epsilon_{Sr}$  versus  $\epsilon_{Nd}$  correlation for the Charroux-Civray plutonic rocks. Comparison with data of various origin: diorite from the Limousin Tonalitic Line (Shaw *et al.*, 1993), compositional field of MORB and OIB, andesitic suites (Equator, Andes, Lesser Antilles), lamprophyre (minette, kersantite) and French Massif Central granite. Arrows represent mixing lines compatible with the fractionation of major elements between various members of the two associations. Inset: enlargement of the Vienne field (showing borehole

Corse (Cocherie *et al.*, 1994), complexe monzonitique de Meissen en Europe centrale (Wenzel *et al.*, 1997) et complexe du Tischka au Maroc (Gasquet, 1991). Les monzogranites ont des compositions moins évoluées que la plupart des monzogranites shoshonitiques des autres segments de la chaîne varisque française (Massif armoricain, Confolentais, Morvan, Montagne Bourbonnaise). Le massif de Charroux-Civray est également remarquable par la mise en place, dans le même contexte géotectonique, d'intrusions pénécotemporaines (contacts à l'état visqueux, âges isotopiques voisins) et de natures magmatiques distinctes généralement rapportées, par référence aux orogènes récents, à des environnements géotectoniques différents.

La présence dans le complexe de Charroux-Civray de diorites quartzifères, tonalites et monzodiorites de compositions similaires à celles des intrusions constituant la ligne tonalitique limousine, indique l'existence, sous le seuil du Poitou, d'un nouveau jalon, entre Limousin et Vendée, de cette ligne (Didier et Lameyre, 1970 ; Peiffer, 1985, 1986 ; Dhoste, 1980 ; Cuney *et al.*, 1993). Les analogies de composition avec le magmatisme calco-alcalin et shoshonitique du Choletais sont également à souligner (Le Métour, 1989 ; comm. orale, 1995 ; Cuney *et al.*, 2001). Ce nouveau jalon montre, en outre, l'importance du développement d'un magmatisme basique à acide calco-alcalin et shoshonitique sur une période d'activité tectono-magmatique relativement courte autour de  $355 \pm 5$  Ma (cf. Bertrand *et al.*, 2001).

La similitude des caractéristiques lithogéochimiques des ensembles plutoniques de la Vienne et du Confolentais et la continuité de leurs relations structurales mettent en évidence l'existence du plus important complexe plutonique calco-alcalin et shoshonitique (environ 2000 km<sup>2</sup>) jalonnant l'un des plus importants axes anomaux gravimétriques et aéromagnétiques de l'Ouest de la chaîne varisque française (Autran *et al.*, 1994 ; Virlogeux *et al.*, 1999 ; Colchen et Rolin, 2001). Les autres plutons appartenant à la Ligne Tonalitique Limousine, aussi bien dans sa prolongation septentrionale que méridionale, sont de taille beaucoup plus réduite (quelques dizaines de kilomètres carrés) et de composition moins hétérogène.

Dans le Massif central, la mise en place de la LTL a été attribuée à une subduction éovarisque (Peiffer, 1985, 1986). Cette interprétation a été argumentée par la présence de magmas tholéitiques (considérés comme de mise en place précoce), calco-alcalins et shoshonitiques, ces derniers étant considérés comme les plus tardifs, et par une disposition de l'ensemble de magmatisme selon une polarité SW-NE. Ce modèle subductif a été réargumenté par Shaw *et al.*, (1993) à partir des signatures isotopiques  $\epsilon\text{Nd}(t)$  -  $\epsilon\text{Sr}(t)$  et de l'analogie de composition en éléments majeurs et éléments traces entre les magmas dioritiques de la LTL et ceux des systèmes subductifs récents (Atherton et Sanderson, 1985 ; Anderson et Cullers, 1990). Cette interprétation est également compatible, pour les magmas basiques et intermédiaires, avec les environnements géotectoniques de type VAG ou de marge destructive caractérisés à partir des teneurs en éléments traces (Wood, 1980 ; Pearce *et al.*, 1984 ; Harris *et al.*, 1986). Les caractéristiques Nb-Zr selon Thiéblemont et Tégéy (1994) confèrent une origine subductive aux diorites et tonalites et de collision intercontinentale aux monzodiorites de Charroux-Civray. Enfin, la systématique selon Muller *et al.* (1992) relative aux magmas shoshonitiques (à  $\text{SiO}_2 < 62\%$ ), attribue aux monzogabbrodiorites une mise en place en contexte d'arc continental et aux monzodiorites une mise en place en contexte d'arc post-collisionnel. Ces systématiques sont, dans l'exemple du massif de Charroux-Civray, d'une utilisation inadéquate car elles confèrent à des magmas pénécotemporains des mises en place dans des contextes tectoniques distincts. Il est par contre intéressant de souligner que les caractéristiques Nb/La et Ba/La des intrusions de Charroux-Civray sont comparables à celles de magmas mis en place à de grandes distances d'une zone de subduction et postérieurement à la fin du processus de subduction (Rogers *et al.*, 1995).

Comparativement aux études antérieures, la présente étude met en évidence dans la Vienne (1) l'absence de magmatisme tholéitique comme dans les autres segments de la LTL (Rolin *et al.*, 1999), (2) l'absence de polarité magmatique, et (3) une pénécotemporanéité de mise en place des magmas calco-alcalins et shoshonitiques. Bien que les monzogabbrodiorites

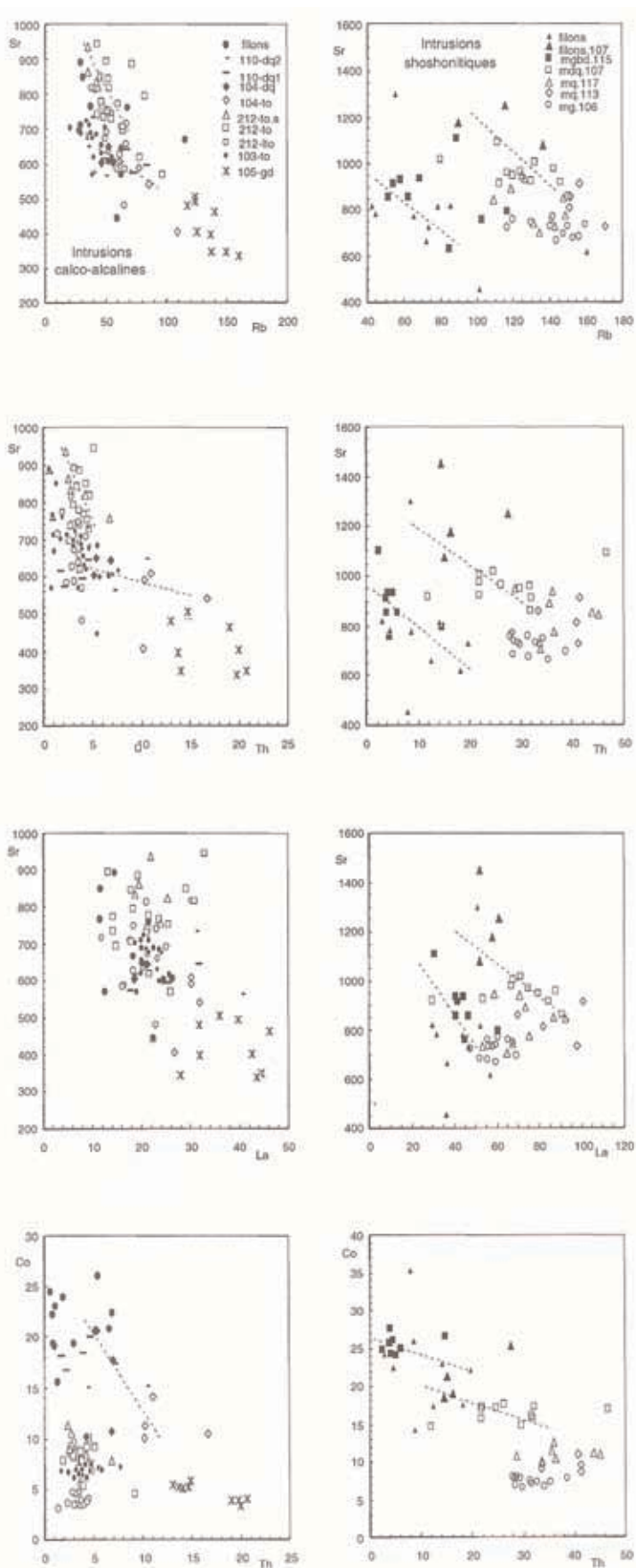


Fig. 11.- Corrélations inter-élémentaires (éléments traces) dans les intrusions du complexe de Charroux-Civray.

Fig. 11.- Trace element inter-element correlation for the Charroux-Civray plutonic rocks.



N° échantillon	Sondage	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ initial	$\epsilon\text{Sr}$ 355Ma	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ initial	$\epsilon\text{Nd}$ 355Ma
<b>Plutonites calco-alcalines</b>							
CHA02757 gabbro-diorite	CHA110	0,704703±12	0,704092	0,1	0,512641±16	0,51237	3,6
CHA02250-51 tonalite	CHA103	0,705072±13	0,704363	3,9	0,512514±6	0,51227	1,7
CHA3785 tonalite	CHA112	0,705140±12	0,704219	1,9	0,512568±6	0,51230	2,3
CIV00279 tonalite-granodiorite	CIV104	0,706045±11	0,703721	-5,2	0,512633±5	0,51236	3,4
CHA01336 granodiorite	CHA105	0,707379±12	0,703782	-4,3	0,512420±5	0,51219	0,1
<b>Plutonites shoshonitiques</b>							
CHA03560 monzogabbro-diorite	CHA115	0,705643±8	0,704561	6,7	0,512521±8	0,51223	0,9
CHA02191 monzogabbro-diorite	CHA103	0,705706±7	0,704938	12,1	0,512508±9	0,51222	0,7
CIV00972-73 monzodiorite-quart.	CIV107	0,707343±9	0,705529	20,5	0,512365±6	0,51213	-1,0
CHA02433 monzodiorite-quart.	CHA108	0,706051±14	0,704547	6,5	0,512377±6	0,51217	-0,1
CHA00669 monzogranite	CHA106	0,708225±19	0,705208	15,9	0,512345±5	0,51211	-1,4
CHA02191 leachate		0,707930±28					
CHA02191 leached		0,705685±13					
960311 blanc		2,35 ng Sr			0,379 ng Nd		

Tabl. 5.- Données isotopiques Sr et Nd sur les plutonites de la Vienne. Les erreurs données sur la mesure des rapports isotopiques de Sr et Nd sont à 2 sigma  $\times 10^{-5}$ .  $\epsilon\text{Nd}$  a été calculé en utilisant  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}_{\text{CHUR}} = 0,1967$ .

Table 5.- Results of Sr and Nd isotope determinations of the Vienne plutonic rocks. Errors on the isotope ratio determination of Sr and Nd are to 2 sigma  $\times 10^{-5}$ .  $\epsilon\text{Nd}$  calculated using  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}_{\text{CHUR}} = 0,1967$ .

montrent des compositions voisines des basaltes alcalins des environnements de convergences récents, elles en diffèrent significativement par des enrichissements plus importants en Rb, Ba et Th et par de fortes anomalies négatives en Nb et Ta. Ces dernières caractéristiques sont généralement interprétées comme résultant d'une contamination crustale, ce qui est en accord avec les données obtenues avec les isotopes radiogéniques (cf. supra). Seuls les leucogranites peralumineux du sondage 109, dont la mise en place est nettement postérieure à celle des magmas calco-alcalins et shoshonitiques, présentent une signature de type collisionnel compatible avec le contexte géodynamique de la chaîne varisque à cette époque.

Les datations isotopiques anciennes et nouvelles montrent que les différentes composantes du magmatisme calco-alcalin et shoshonitique de la Vienne et du Confolentais se mettent en place de manière pénécotemporaine entre 349 et 360 Ma (Bertrand *et al.*, 2001), c'est-à-dire au

moins 20 Ma après la fin de la subduction éovarisque à plongement nord (380-400 Ma) et de la période majeure d'épaississement crustal (tabl. 6 ; Burg *et al.*, 1987 ; Matte, 1991 ; Rey *et al.*, 1997). Faure *et al.* (1997) proposent d'associer le magmatisme calco-alcalin et shoshonitique fini-dévonien du Massif central à la fermeture de l'océan rhéique au nord accompagnée d'une zone de subduction à pendage sud. Cette hypothèse implique la recherche de corrélations entre le magmatisme basique à intermédiaire calco-alcalin et shoshonitique du Massif central occidental (Vienne, Confolentais, Boussac, Nord Forez) et son homologue de la Ride Cristalline Médio-Germanique attribué à un arc magmatique lié à la subduction de l'océan rhéique sous le Saxo-Thuringien (Onken, 1997 et références associées). Il s'en suivrait une évidente perte d'identité zonéographique attribuée jusqu'ici aux zones moldanubienne, saxo-thuringienne et de ride cristalline médio-germanique dans la chaîne varisque centre-ouest européenne.

Le modèle de subduction vers le sud semble difficilement compatible dans le nord-ouest du Massif central avec les faits suivants :

- 1) les manifestations magmatiques calco-alcalines et shoshonitiques se localiseraient, compte non tenu des raccourcissements du stade de convergence et des extensions, plus de 300 km au sud du plan de suture présumé être représenté par la faille de Bray (Matte, 1991 ; Pin et Paquette, 1997) ou plus de 500 kilomètres au sud de la limite entre Rhéno-Hercynien et Saxo-Thuringien (plus précisément Zone Cristalline Médio-Germanique (Onken, 1997)). Cette situation géotectonique serait globalement comparable à celle de la Cordillera Blanca (Pérou) par rapport à la zone de subduction andine (Petford et Atherton, 1996) ou à celle du Western Great Basin dont le magmatisme se serait mis en place après la fin de la subduction océanique et à grande distance de la zone de subduction (Rogers *et al.*, 1995). Cette situation impliquerait également une zone de subduction à faible pendage vers le sud ;

- 2) pénécotemporanéité de mise en place des magmas calco-alcalins et shoshonitiques et des importants volumes de magmas peralumineux (massifs de Guéret daté à  $356 \pm 10$  Ma, de Vaulry-Cieux daté à  $352 \pm 17$  Ma (Duthou *et al.*, 1984), ainsi que de nombreux autres de plus faible importance volumétrique) ; les intrusions calco-alcalines et shoshonitiques de Boussac (Bouvier, 1985), considérées comme d'âge équivalent, se seraient mises en place à proximité immédiate du massif peralumineux de Guéret. La pénécotemporanéité des magmatismes calco-alcalins, shoshonitiques et peralumineux n'est pas compatible avec un modèle de contexte de convergence océanique caractérisant les orogènes récents qui attribuent aux différents types de magmatisme des situations spécifiques par rapport à la zone de subduction ;

- 3) en corollaire de (2), absence de polarité régionale entre les différents types de magmas ;

- 4) le magmatisme peralumineux serait beaucoup plus largement développé au nord de la LTL qu'au sud, c'est-à-dire de manière plus proximale par rapport aux zones septentrionales de suture et de subduction présumées ;



SYSTEME	ETAGE	Ma	MAGMATISME				GEODYNAMIQUE (selon)		
			PERALUMINEUX Type Guéret	PERALUMINEUX Type Limousin	SHOSHONITIQUE CALCO-ALCALIN POTASSIQUE	CALCO-ALCALIN	Matte 1991 Ledru <i>et al.</i> 1989 Costa 1991	Faure <i>et al.</i> 1997	Gagny et Cuney, 1998 Colchen et Rolin, 2001
PERMIEN		248 290							
CARBONIFERE	Stéphanien	303			295±10 Lamprophyres		distension		
					305 Chirac-Etagnac				
Silésien	Westphalien	311		308±11 Cognac			Décrochements Failles normales		
				315±17 S.Mathieu 319±7 * Blond 324±4 * S.Sylvestre	315±10 Esse-Hiesse				Distension
Dinantien	Namurien	323					Désépauement		
	Viséen	327	340±4 * Largeasse			325±14 Piégut			
	Toumaysien	342			350±10 * Monzogranite CHA106 350±11 * Négrat	349±5 * Granodiorite CHA105	Chevauchements	Tectonique en Transpression en régime de collision (tectonique tangentielle et transcurrente)	
				352±17 Vaulry-Cieux		354±8 * Port de Salles			351±13 * Isle Jourdain Ldq
DEVONIEN supérieur			356 ±10 Guéret			355±5 * Tonalite CHA103 355±2 * (354±7 *) S.Jean Ligoure	Est MCF	Collision Nappes Bassins marginiaux Arc magmatique	
		370				360 * S. Barbant sphère 360±3 * Tonalites CHA103 361-363 * St.Jean-Ligoure sphère	Distension - bassins marginaux		
			375±6 Diatexites Oradour/ Glane			373+6/-11 * Talud.Moncoutant	Epaississement	Marge active distensive Subduction rhéique	
moyen		391				379±19 * - (359±6 *) St.Paul-d'Eyjaud	Chevauch. W MCF Collision	vers le sud	Collision
Inférieur		417					Subduction NE		Subduction NE (océan aquitain)
SILURIEN		443					Convergence		
ORDOVICIEN		495							
CAMBRIEN		545							

Tabl. 6.- Evolution géochronologique du magmatisme dans la Vienne et régions voisines. Echelle chronologique : Gradstein et Ogg (1997). Datations Rb/Sr sauf \* (datations U/Pb). 103, 105, 106 : numéro des sondages de la Vienne, datations Bertrand *et al.* (1997, 2001) ; (354±7 \*) et (359±6 \*) par recalcul Isoplot. LTL: ligne tonalitique limousine. Autres sources : Leroy et Sonet, 1976 ; Pin, 1979 ; Vidal, 1980 ; Duthou *et al.*, 1984 ; Holliger *et al.*, 1984 ; Bernard-Griffiths *et al.*, 1985 ; Wyns *et al.*, 1988 ; Le Métour, 1989 ; Cuney *et al.*, 1993 ; Shaw *et al.*, 1993.

Table 6.- Geochronological evolution of the magmatism in Vienne and adjacent areas. Chronological time scale: Grad and Ogg (1997). Rb/Sr datings (except \*= U/Pb datings). 103, 106: Vienne borehole numbers. Datings from Bertrand *et al.* (1997, 2001); (354±7 \*) and (359±6 \*): Isoplot recalculation of the data of Bernard-Griffiths *et al.* (1985). LTL: Limousin Tonalitic Line. Other data sources: Leroy and Sonet, 1976; Pin, 1979; Vidal, 1980; Duthou *et al.*, 1984; Holliger *et al.*, 1984; Bernard-Griffiths *et al.*, 1985; Wyns *et al.*, 1988; Le Métour, 1989; Cuney *et al.*, 1993; Shaw *et al.*, 1993.

- 5) le plutonisme de Charroux-Civray daté à 355 ± 5 Ma est plus jeune que le stade initial de collision considéré être atteint, entre continent aquitain et septentrional, autour de 380-385 Ma (Vidal, 1980 ; Matte, 1991) ; il s'inscrit chronologiquement en stade tardif par rapport au début de la collision ;

- 6) le magmatisme calco-alcalin et shoshonitique de Charroux-Civray, non

déformé, serait dans l'ensemble plus jeune que le magmatisme bimodal famennien de la Brévenne (métarhyolites datées par U/Pb à 366 ± 5) et du Morvan (Pin et Paquette, 1997). Il marquerait un événement tectonique plus récent, peut-être pénécotemporain des trondhjémites non déformées de la Brévenne datées par U/Pb à 358 ± 1 Ma (Pin et Paquette, 1997).

Les données structurales de Gagny et Cuney (1997), Rolin et Colchen (1998), Rolin *et al.* (1999) et Rolin et Colchen (2001) suggèrent une relation entre intrusions de Charroux-Civray et tectonique transcurrente se développant en relation avec la collision. Cette relation associe, dans la genèse des intrusions, des sources lithosphériques, voire, selon un schéma comparable à celui proposé par Harris *et al.*

(1986), une réactivation de matériel basique déjà impliqué dans la croûte épaissie au stade de convergence. Ce modèle peut être rapproché de celui proposé par Gasquet *et al.* (1992) pour la mise en place, bien que plus récente, du complexe plutonique du Tischka (292 Ma), en relation avec des décro-chevauchements qui favoriseraient la fusion de la lithosphère à des profondeurs variables.

La modélisation pétrogénétique utilisant les éléments majeurs et éléments traces ainsi que les premiers résultats de géochimie isotopique montrent que les roches plutoniques basiques de la Vienne sont issues d'une fusion partielle de matériel mantélique présentant des degrés de contamination variables par du matériel à signature de type croûte continentale en relation avec un processus de subduction. Cependant, nous n'avons aucune contrainte sur l'époque à laquelle cette subduction

a pu opérer. La superposition spatiale et temporelle des magmatismes shoshonitique et calco-alkalin suggère que l'on extraie, sur une même verticale, du matériel mantélique contaminé à des degrés très variables et avec des taux de fusion et des teneurs en eau variables (pyroxène au solides uniquement observé dans certaines des plutonites les plus basiques). Une telle géométrie du magmatisme est différente de celle classiquement associée à une zone de subduction qui induit une zonalité et un certain hétérochronisme entre les différents types de magmas en fonction de la distance à cette zone. Il pourrait éventuellement être compatible avec une zone de subduction qui serait cette fois sub-verticale et dont on retrouverait la trace au niveau de la zone de Mervent en Vendée (Colchen, communication orale 1997). Cependant, le fait que l'on retrouve des magmas basiques fortement contaminés localisés aux mêmes endroits, mais mis en place beaucoup plus

tardivement (lamprophyres injectés entre 280 et 300 Ma ; Leroy et Sonet, 1976 ; Chalier *et al.*, 1994), montre que l'enrichissement du manteau en éléments lithophiles induit par la subduction d'une croûte océanique et des sédiments associés peut continuer à s'exprimer par ses produits de fusion sur plus de 80 Ma, c'est-à-dire bien après que la subduction ait cessé.

## Remerciements

Ce travail synthétise les études pétrologiques effectuées dans le cadre des contrats passés entre l'ANDRA et le CREGU lors de la phase d'exploration par sondages du socle sous couverture du seuil du Poitou en vue de l'implantation d'un laboratoire souterrain d'études en site granitique. La présente note a bénéficié des critiques et remarques constructives faite par A. Cocherie sur une première version du manuscrit.

## Références

- Anderson J.L., Cullers R.L. (1990) - Middle to upper crustal plutonic construction of a magmatic arc; an example from the Whipple Mountains metamorphic core complex. *In: The nature and origin of cordilleran magmatism*, J.L. Anderson (ed). *Geol. Soc. Amer., Mém.* **174**, 47-70.
- André F., Bébien J., Gagny C. (1979) - Observations sur les brèches magmatiques dans les plutonites situées à la bordure Nord du Massif des Ballons (Vosges méridionales). *7e RST*, Lyon, **10**.
- Atherton M.P., Sanderson L.M. (1985) - The chemical variation and evolution of the superunits of the segmented Coastal batholith. *In: Magmatism at plate edge*, Pitcher W.S., Atherton M.P., Cobbing E.J. et Beckinsale R.D. (eds), J. Wiley et Sons, New-York, 208-227.
- Autran A., Lefort J.P., Debeglia N., Edel J.B., Vignerresse J.L. (1994) - Gravity and magnetic expression of terranes in France and their correlation beneath overstep sequences. *In: Pre-Mesozoic Geology in France and related areas*, Keppie J.D. (ed.), Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 49-72.
- Baker L.L., Rutherford M.J. (1996) - Crystallization of anhydrite-bearing magmas. *Trans. Royal Soc. Edinburgh, Earth Sci.*, **87**, 243-250.
- Bernard-Griffiths J., Gebauer D., Grunenfelder M., Piboule M. (1985) - The tonalite belt of Limousin (French Massif Central) : U-Pb zircon ages and geotectonic implications. *Bull. Soc. géol. Fr.*, **1**, **4**, 523-529.
- Bertrand J.M., Leterrier J., Delaperrière E., Brouand M. (1997) - Géochronologie U-Pb de granitoïdes du Confolentais, de Vendée et du massif de Charroux-Civray. Journées scientifiques de l'ANDRA, Poitiers, 1997, Atlas des posters, **15**.
- Bertrand J.M., Leterrier J., Delaperrière E., Brouand M., Cuney M., Stussi J.M., Virlogeux D. (2001) - Géochronologie U-Pb sur zircons de granitoïdes du Confolentais, du massif de Charroux-Civray (seuil du Poitou) et de Vendée. *Géologie de la France*, n° 1-2, 2001, 167-189 (*ce volume*).
- Blundy J.D., Holland T.J.B. (1990) - Calcic amphibole equilibria and a new amphibole-plagioclase geothermometer. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **104**, 208-224.
- Bouvier P. (1985) - Les gabbro-diorites du domaine de Boussac. Pétrographie, minéralogie, géochimie. Thèse 3<sup>e</sup> Cycle, Univ. Paris-Sud, Orsay, 262 p.
- Burg J.P., Bale P., Brun J.P., Girardeau J. (1987) - Stretching lineation and transport direction in the Ibero-Armorican arc during the Siluro-Devonian collision. *Geodinamica Acta*, **1**, 71-87.
- Capdevila R. (1998) - Les suites plutoniques métallumineuses recoupées par les sondages ANDRA de la Vienne : caractérisation, mode de mise en place, et discussion du contexte géodynamique. *In: Atlas des posters des journées scientifiques de Poitiers*, 13 et 14 octobre 1997, CNRS et ANDRA (eds), 13.
- Cathelineau M., Cuney M., Boiron M.C., Coulibaly A., Ayt Ougougdal M. (1999) - Paléopercolations et paléointeractions fluides/roches dans les plutonites de Charroux-Civray. *In: Etude du massif de Charroux-Civray*, Actes Journées Scient. CNRS/ANDRA, Poitiers, 13-14 octobre 1997, EDP-Sciences, Les Ulis, 159-180.
- Chalier M., Virlogeux D., Duthou J.L. (1994) - Les lamprophyres du district aurifère de Saint-Yrieix (Limousin, Massif Central français). Age Rb/Sr Autunien et relations chronologiques avec le dépôt de l'or. *C.R. Acad. Sci., Fr.*, Paris, **319**, 1511-1518.
- Cocherie A., Rossi P., Fouillac A.M., Vidal P. (1994) - Crust and mantle contribution to granite genesis. An example from the Variscan batholith of Corsica, France, studied by trace-element and Nd-Sr-O-isotope systematics. *Chem. Geol.*, **115**, 173-211.
- Colchen M., Rolin P. (2001) - La chaîne hercynienne en Vendée. *Géologie de la France*, n° 1-2, 2001, 53-85 (*ce volume*).
- Colchen M., Rolin P., Stussi J.M. (1998) - Le socle hercynien du seuil du Poitou. Journées scientifiques de l'ANDRA, Poitiers, 1997, Atlas des posters, **23**.
- Coulibaly A. (1998) - Recherche des traces de circulations récentes en milieu cristallin : une approche analytique sur les cristallisations dans les fractures et les paléofluides. Thèse Doctorat Instit. Nat. Polytech. Lorraine, Nancy, 444 p.

- Cuney M., Brouand M., Dautel D., Stussi J.M., Michard A., Gros Y., Poncet D., Bouton P., Colchen M., Vervialle J.P. (1993) - Géochimie et géochronologie U/Pb des diorites quartziques du Tallud et de Moncoutant : nouveaux arguments pour une extension de la "Ligne Tonalitique Limousine" en Vendée. *C. R. Acad. Sci., Fr.*, Paris, **316**, 1383-1390.
- Cuney M., Stussi J.M., Brouand M. (1998) - Pétrologie des plutonites du massif de Charroux-Civray (Vienne). Journées scientifiques ANDRA, Poitiers, Atlas des posters, 9-11.
- Cuney M., Freiberger R., Mésières A., Brouand M., Stussi J.M. (1999) - First discovery of magmatic anhydrite in plutonic rocks: the occurrences from the Charroux-Civray Hercynian calc-alkaline batholith, France.
- Cuney M., M. Brouand M., Stussi J.M. (2001) - Le magmatisme hercynien en Vendée. Correlations avec le socle du Poitou et l'ouest du Massif central français. *Géologie de la France*, n° 1-2, 2001, 117-142 (ce volume).
- Debon F. (1980) - Genesis of the three concentrically-zoned granitoid plutons of Cauterets-Panticosa (French and Spanish Western Pyrénées). *Geol. Rundschau*, **69**, 1, 107-130.
- Debon F., Le Fort P. (1988) - A cationic classification of common plutonic rocks and their magmatic associations: principles, method, applications. *Bull. Minéralogie*, **111**, 493-510.
- Debon F., Lemmet M. (1999) - Evolution of Mg/Fe ratios in the Late Variscan plutonic rocks from the External Crystalline massifs of the Alps (France, Italy, Switzerland). *J. Petrology*, **40**, 7, 1151-1185.
- Dhoste M. (1980) - Les granitoïdes de la moitié nord du département des Deux-Sèvres : pétrographie, minéralogie, chimie de la moitié est de l'axe Nantes-Parthenay, des massifs de Moncoutant et de Neuvy-Bouin. Thèse Etat, Univ. Poitiers, 493 p.
- Didier J., Lameyre J. (1971) - Les roches granitiques du Massif Central. Symposium Jung, Plein Air Service (éd.), Clermont-Ferrand, 133-155.
- Duthou J.L., Cantagrel J.M., Didier J., Vialete Y. (1984) - Palaeozoic granitoids from the French Massif Central: age and origin studied by <sup>87</sup>Rb-<sup>87</sup>Sr system. *Phys. Earth Planet. Sci. Inter.*, **35**, 131-144.
- Evensen N.M., Hamilton P.J., O'Nions R.K. (1978) - Rare earth abundances in chondritic meteorites. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **42**, 1199-1212.
- Faure M., Leloix Ch., Roig J.Y. (1997) - L'évolution polycyclique de la chaîne hercynienne. *Bull. Soc. géol. Fr.*, **168**, 6, 695-705.
- Gagny C. (1997) - Pétrologie structurale. In: Expertise pétrographique et structurale de sondages dans le socle de la région de Charroux-Civray (Vienne), Rapport ANDRA n° BRPO-CRE-95-003, Vol. 2, Pétrologie structurale.
- Gagny C., Cuney M. (1997) - Pétrologie structurale du "massif" de Charroux-Civray, conséquence d'une mise en place dans un affrontement de plaques en transpression. Journées Scientifiques ANDRA, Poitiers, Atlas des posters, 20-22.
- Gasquet D. (1991) - Genèse d'un pluton composite tardi-hercynien. Le massif du Tichka, Haut-Atlas occidental. Thèse Doctorat, Univ. Nancy I, 413 p.
- Gasquet D., Leterrier J., Mrini Z., Vidal P. (1992) - Petrogenesis of the Hercynian Tichka plutonic complex (Western High Atlas, Morocco): trace element and Rb-Sr and Sm-Nd isotope constraints. *Earth Planet. Sci. Letters*, **108**, 29-44.
- Gradstein F.M., Ogg J. (1997) - A Phanerozoic time scale. *Episodes*, **19**, 3-5.
- Gros Y., Genter A. (1999) - Evolution de la fracturation dans le socle du seuil du Poitou (massif de Charroux-Civray, Vienne), caractérisation structurale et organisation spatiale multi-échelle. Actes Journées Scient. CNRS/ANDRA, Poitiers, 13-14 octobre 1997, EDP-Sciences, Les Ulis, 105-146.
- Harris N.B., Pearce J.A., Tindle A.G. (1986) - Geochemical characteristics of collision zone magmatism. In: Coward M.P. et Ries A.C. (eds), Collision Tectonics, London. *Geol. Soc. Spec. Publ.*, **19**, 67-81.
- Holliger Ph., Cuney M., Friedrich M., Turpin L. (1984) - Age carbonifère de l'unité de Brame du complexe peralumineux de Saint-Sylvestre (N.O. Massif central) défini par les données isotopiques U-Pb sur zircon et monazite. *C. R. Acad. Sci., Fr.*, Paris, **303**, 44, 1309-1314.
- Hollister L.S., Grissom G.C., Peters E.K., Stowell H.H., Sisson V.B. (1987) - Confirmation of the empirical correlation of Al-in hornblende with pressure of solidification of calc-alkaline plutons. *Amer. Mineral.*, **72**, 231-239.
- Ledru P., Lardeaux J.M., Santallier D., Autran A., Quenardel J.M., Floch J.P., Lerouge J.P., Maillat N., Marchand J., Ploquin A. (1989) - Où sont les nappes dans le Massif central français ? *Bull. Soc. géol. Fr.*, (8), **5**, 3, 605-618.
- Le Maître G. (1989) - A classification of igneous rocks and glossary of terms. Recommendations of International Union of Geological Sciences Subcommittee on the systematics of igneous rocks. Blackwell Scientific Publication, Oxford, 193 p.
- Le Métour J. (1989) - Notice explicative de la carte géologique à 1/50 000, feuille de Cholet. Editions BRGM, Orléans, 55 p.
- Leroy J., Sonet J. (1976) - Contribution à l'étude géochronologique des filons de lamprophyres recoupant le granite à deux micas de Saint-Sylvestre (Limousin, Massif central français). *C. R. Acad. Sci., Fr.*, Paris, **283**, 1477-1480.
- Lindsley D.H. (1983) - Pyroxene thermometry. *Amer. Mineral.*, **68**, 477-493.
- Liou J.G. (1973) - Synthesis and stability relations of epidote, Ca<sub>2</sub>Al<sub>2</sub>FeSi<sub>3</sub>O<sub>12</sub>(OH). *J. Petrol.*, **14**, 381-413.
- Matte P. (1991) - Accretionary history and crustal evolution of the Variscan belt in western Europe. *Tectonophysics*, **196**, 309-337.
- Mésières A. (1995) - Etude pétrologique du monzogranite du sondage 106 (Vienne). Evaluation des conditions physico chimiques (P, T°, XH<sub>2</sub>O, fO<sub>2</sub>) liées à la cristallisation et plus particulièrement à la mise en place du monzogranite. Mémoire de DEA, Univ. Nancy, 69 p.
- Middlemost E.A.K. (1991) - Towards a comprehensive classification of igneous rocks and magmas. *Earth Sci. Reviews*, **31**, 73-87.
- Müller D., Rock N.M.S., Groves D.I. (1992) - Geochemical discrimination between shoshonitic and potassic volcanic rocks in different tectonic settings: a pilot study. *Mineral. Petrol.*, **46**, 259-289.
- Nachit H., Razafimahefa N., Stussi J.M., Carron J.L. (1985) - Composition chimique des biotites et typologie magmatique des granitoïdes. *C.R. Acad. Sci., Fr.*, Paris, **301**, 813-818.
- Oncken O. (1997) - Transformation of a magmatic arc and an orogenic root during oblique collision and its consequences for the evolution of the European Variscides (Mid-German Crystalline Rise). *Geol. Rundschau*, **86**, 2-20.

- Pagel M., Leterrier J. (1980) - The subalkaline potassic magmatism of the Ballons massif (Southern Vosges, France). *Lithos*, **13**, 1-10.
- Patino-Douce A.E. (1993) - Titanium substitution in biotite: an empirical model with applications to thermometry, O<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O barometries, and consequences for biotite stability. *Chem. Geol.*, **108**, 133-162.
- Pearce J.A., Harris N.W., Tindle A.G. (1984) - Trace element discrimination diagram for the tectonic interpretation of granitic rocks. *J. Petrol.*, **25**, 956-983.
- Peccerillo A., Taylor S.R. (1976) - Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, northern Turkey. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **58**, 63-81.
- Peiffer M.T. (1985) - La ligne tonalitique du Limousin. Sa composition. Sa signification. Son implication dans la structuration varisque du Massif central français. Thèse Univ. Limoges, 585 p.
- Peiffer M.T. (1986) - La signification de la ligne tonalitique du Limousin. Son implication dans la structuration varisque du Massif central français. *C. R. Acad. Sci., Fr.*, Paris, **303**, 4, 305-310.
- Petford N., Atherton M. (1996) - Na-rich partial melts from newly underplated basaltic crust: the Cordillera Blanca, Peru. *J. Petrol.*, **37**, 6, 1491-1521.
- Pin C., Paquette J.L. (1997) - A mantle-derived bimodal suite in the Hercynian-belt: Nd isotope and trace element evidence for a subduction-related rift origin of the Late Devonian Brèvenne metavolcanics, Massif Central (France). *Contrib. Mineral. Petrol.*, **129**, 222-238.
- Raimbault L., Cuney M., Azencott Cl., Douthou J.L., Joron J.L. (1995) - Multistage magmatic genesis of a Ta-Sn-Li mineralized granite at Beauvoir, French Massif Central: a geochemical study. *Econ. Geol.*, **90**, 548-576.
- Rey P., Burg J.P., Casey M. (1997) - The Scandinavian Caledonides and their relationship to the Variscan belt. In: Orogeny through time, Burg J.P. et Ford M. (Eds.), *Geol. Soc. Spec. Publ.*, **121**, 179-200, 1997.
- Robertson J.K., Wyllie P.J. (1971) - Rock-water systems, with special reference to the water-deficient region. *Amer. J. Sci.*, **271**, 252-277.
- Rogers N.W., Hawkesworth C.J., Ormerod D.S. (1995) - Late Cenozoic basaltic magmatism in the Western Great Basin, California and Nevada. *J. Geophys. Res.*, **100**, B7, 10287-10301.
- Rolin P., Colchen M. (1998) - Vendée - Seuil du Poitou - Limousin : carte structurale du socle varisque. *Journées Scientifiques de l'ANDRA*, Poitiers, Atlas des posters, 22.
- Rolin P., Colchen M. (2001) - Les cisaillements varisques de la Vendée au Limousin. *Géologie de la France*, n° 1-2, 2001, 87-116 (*ce volume*).
- Rolin P., Stussi J.M., Colchen M. (1996) - Plutonisme et évolution tectonique carbonifères en bordure occidentale du Massif central français (Confolentais). *R.S.T. Orléans 1996, Rés.*, **60**, Vol. dépôt Soc. géol. France, Paris.
- Rolin P., Stussi J.M., Colchen M., Cuney M. (1999) - Structuration et magmatisme hercyniens post-collisionnels dans le Confolentais (Ouest du Massif Central français). *Géologie de la France*, n° 3, 11-31.
- Rossi P., Chèvremont P. (1987) - Classification des associations magmatiques granitoïdes. *Géochronique*, **21**, 14-18.
- Schaltegger U., Schneider J.L., Maurin J.C., Corfu F. (1996) - Precise U-Pb chronometry of 345-340 Ma old magmatism related to syn-convergence extension in the Southern Vosges (Central Variscan belt). *Earth Planet. Sci. Letters*, **144**, 403-419.
- Schmidt M.W. (1992) - Amphibole composition in tonalite as a function of pressure: an experimental calibration of the Al-in hornblende barometer. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **110**, 304-310.
- Shaw A., Downes H., Thirlwall M.F. (1993) - The quartz-diorites of Limousin: elemental and isotopic evidence for Devonian-Carboniferous subduction in the Hercynian belt of the French Massif Central. *Chem. Geol.*, **107**, 1-18.
- Stussi J.M., Cuney M. (1996) - Nature of biotites from alkaline, calc-alkaline and peraluminous magmas by Abdel-Fattah M. Abdel-Rahman: a comment. *J. Petrol.*, **37**, 1025-1029.
- Sun S.S., McDonough W.F. (1989) - Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In: Magmatism in the ocean basins, Saunders A.D. et Norry M.J. (Eds.), *Geol. Soc. Spec. Publ.*, **42**, 313-345.
- Taylor H.P. (1980) - The effect of assimilation of country rocks by magmas on <sup>18</sup>O/<sup>16</sup>O and <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr systematics in igneous rocks. *Earth Planet. Sci. Letters*, **47**, 243-254.
- Thiéblemont D., Tegye M. (1994) - Une discrimination géochimique des roches différenciées témoin de la diversité d'origine et de situation tectonique des magmas calco-alcalins. *C. R. Acad. Sci., Fr.*, Paris, **319**, 87-94.
- Turner S., Arnaud N., Liu J., Rogers N., Hawkesworth C., Harris N., Kelley S., Van Calster P., Deng W. (1996) - Post-collision, shoshonitic volcanism on the Tibetan Plateau : implications for convective thinning of the lithosphere and the source of ocean island basalts. *J. Petrol.*, **37**, 1, 45-71.
- Vidal P. (1980) - L'évolution polyorogénique du Massif Armoricain : apport de la géochronologie et de la géochimie du strontium. *Mém. Soc. Géol. Minéral. Bretagne*, **21**, 161 p.
- Virlogeux D., Roux J., Guillemot D. (1999) - Apport de la géophysique à la connaissance géologique du massif de Charroux-Civray et du socle poitevin. Actes Journées Scient. CNRS/ANDRA, Poitiers, 13-14 octobre 1997, EDP-Sciences, Les Ulis, 33-62.
- Wenzel Th., Mertz D.F., Oberhänsli R., Becker T., Renne P.R. (1997) - Age, geodynamic setting, and mantle enrichment processes of a K-rich intrusion from the Meissen massif (northern Bohemian massif) and implications for related occurrences from the Mid-European Hercynian. *Geol. Rundschau*, **86**, 556-570.
- Wood D.A. (1980) - The application of a Th-Hf-Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British tertiary volcanic province. *Earth Planet. Sci. Letters*, **50**, 11-30.
- Zevenhuizen A. (1996) - Geological constraints on the origin of the Charroux-Civray plutonic body, in the search for a deep geological radioactive waste repository : inferences from geochemistry and Sr and Nd isotopes. Rapport Vrije Universiteit, Amsterdam et Rapport ANDRA n° BRPO-CRE-95-003, 42 p.