

ils sont malins à haut niveau...
rien ne se perd, tout se transforme...

L'intérêt exceptionnel du site Vienne

I) Une excitation est toujours de mise en 2002

Dix sept forages carottés ont été faits dans la partie orientale du Seuil du Poitou, choisie site potentiel d'un laboratoire d'étude de stockage souterrain de déchets radioactifs. Trois types de granites ont été distingués : calco-alcalin à teneur moyenne et à teneur élevée en potassium, ces deux types dominants, et des granites peralumineux (leucogranites). C'est ce dernier type qui intéresse les auteurs de l'article 2002 dont on parle ici : Alexandre et al. 2002, "travail qui a bénéficié d'un financement de l'ANDRA" (p. 1147).

En arrière plan de cet article, on ressent la vive excitation provoquée par la nature, de mieux en mieux cernée, d'un gros pluton de leucogranite, situé à une profondeur de 1 à 1,5km, long de 30km, large de 10 à 15 km et épais de 5 à 10 km, qui se trouve sous cette zone choisie pour un laboratoire d'étude d'enfouissement nucléaire. En effet, "Il pourrait s'agir là de l'un des plus volumineux massifs leucogranitiques de l'ouest du massif central qui serait toutefois de puissance équivalente au massif leucogranitique de Mortagne, en Vendée." (p. 1143).

Comme "Le complexe de Charroux-Civray semble donc avoir une évolution semblable à celle du Nord-Ouest du Massif central entre 310 et 300 Ma, avec la mise en place de magmas leucogranitiques spécialisés", la vive excitation devinée est fort compréhensible.

On a très certainement là (une petite incertitude est suggérée peut-être pour justifier de futurs forages à 1500m...) l'équivalent des massifs de Mortagne (Vendée) et de St Sylvestre (Limousin) qui ont donné à COGEMA ses meilleures mines d'uranium.

Les forages "ont fait l'objet de nombreuses études scientifiques" (p. 1143) mais le présent article se cantonne aux résultats de datations sur muscovites et à une discussion argumentée sur les âges de mise en place.

On peut grappiller quelques détails (Alexandre et al. 2002) :

1) Sur la fig. 2, on lit que le forage CHA 109 a tapé dans la partie supérieure d'une intrusion tabulaire de leucogranite, épaisse de 500 à 600m et reliée au nord avec le gros du massif de leucogranite sous-jacent que l'on retrouve, au droit du CHA109, à une profondeur de l'ordre de 1500m :

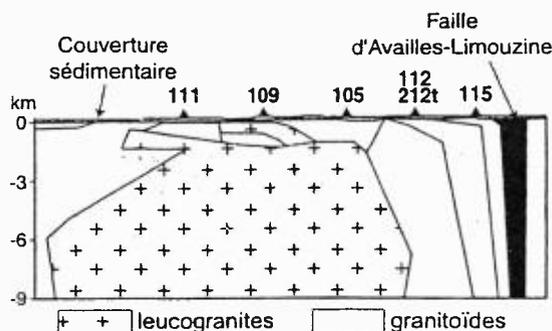


Fig. 2. Modèle géométrique du complexe plutonique de Charroux-Civray, d'après l'inversion des données gravimétriques et magnétiques [26], selon le plan de coupe indiqué sur la Fig. 1. En gras, les numéros des sondages qui sont proches de cette coupe.

2) cette intrusion tabulaire de 500 à 600m de puissance a bien le même âge que les granites de Mortagne et de St Sylvestre. Son âge "est caractéristique de toutes les intrusions de granite à métaux rares du nord du massif central";

3) ce leucogranite du forage CHA109, très fractionné, est "riche en Sn, Rb, Ta, U, W";

4) il est "associé à des filons à wolframite et cassitérite à épontes greisenisées";

wolframite : (Fe, Mn) WO₄ principal minéral du tungstène; cassitérite : SnO₂ principal minéral d'étain; greisen : zone où les minéraux comme les feldspaths sont transformés en autres minéraux comme quartz, mica lithinifères etc. par des fluides.

Est mentionné aussi un petit filon "leucogranitique" à grenat, de puissance métrique (et des petits filons aplitiques ou pegmatitiques), daté nettement plus ancien, recoupés dans le forage CHA111. Ils ne présentent pas d'enrichissement métallogénique. Des intrusions peralumineuses non métallogéniques de cet âge plus ancien sont connues régionalement mais jamais en gros massifs.

II) Vieux rappels sur le site de la Vienne

Les granites du site Vienne ont été choisis cachés sous 150 mètres de sédiments et n'avaient donc jamais été prospectés. A cause d'une grosse anomalie gravimétrique (majeure), on s'attendait à trouver du leucogranite sous ce site. Il est aussi dans le chaînon caché de l'alignement des plus beaux gisements métalliques français, d'uranium surtout, tous liés aux leucogranites. Tout cela était connu antérieurement au choix du site début 1994.

Les sites de la Vienne, du Gard et Meuse-Haute Marne ont été choisis ensemble par C. Bataille et l'ANDRA : *"En 1993, parallèlement aux contacts locaux conduits par le médiateur, l'ANDRA a mené des études bibliographiques pour déterminer si les zones proposées comportaient à priori des caractéristiques favorables à l'implantation d'un laboratoire souterrain."* (AN 02/95, la première ligne du livre).

Le Directeur de l'ANDRA est alors le jeune ingénieur du Corps des mines H. Wallard qui attend du Corps une nouvelle affectation quelques mois plus tard. La carrière de ces ingénieurs qui traitent les affaires techniques dans les ministères est décidée, non pas par les ministres, mais de manière collégiale par le Conseil Général des Mines. Le Président du Conseil Général des mines a le dernier mot. Au moment du choix de ces trois sites par le jeune H. Wallard, le Président du Corps des mines est Jean Syrota, le Pdg de COGEMA. C'est l'avocat-financier D. Strauss-Kahn qui a nommé J. Syrota à ce poste, quelques jours avant l'évacuation de son ministère, suite à une déroute électorale en 1993.

En même temps, dans ses derniers jours de pouvoir, D. Strauss-Kahn "vire" Michel Lavérie chef de la DSIN qui refusait d'autoriser le redémarrage de superphenix. Ce n'était qu'implacable logique. Superphenix devait être là pour manger le plutonium extrait à La Hague par J. Syrota... (Gazette Nucléaire 125/126, édito, lettre du comité Stop-Nogent 80, p. 10).

l'ANDRA écrit dans la présentation du site Vienne (AN 02/95 § 3): *"de très nombreux travaux de recherche fondamentale ou appliquée à la prospection minière existent sur la géologie des granites du massif central et du massif armoricain de part et d'autre du seuil du Poitou"*, c'est à dire de part et d'autre du site choisi.

Dans AN 02/95 encore, distribué aux élus dans les ILCI, au paragraphe 4.2.2, il est écrit :

"Un leucogranite :

Recoupé par le forage CHA 109, il se caractérise par sa couleur claire en liaison avec sa minéralogie : quartz abondant, feldspaths potassiques et deux micas, noir et blanc (biotite et muscovite) (fig. 14). Chimiquement, ce granite est riche en silice : il est "acide". Il se développe probablement en profondeur sous forme d'un massif important et est responsable de l'anomalie gravimétrique négative qui repère le massif granitique de Charroux-Civray sous la couverture sédimentaire.

Chronologiquement, ce granite s'est mis en place après les granodiorites. Il est probablement le plus récent du massif Charroux-Civray : environ 320 à 300 Ma."

C'est tout. Aucune explication par exemple sur la signification de ce gros corps de leucogranite en profondeur "après les granodiorites", et entre 320 et 300 Ma, ce qui en dit déjà long pour un métallogéniste de l'hercynien. Mais cela ne disait sûrement rien du tout aux maires de petits villages et autres conseillers généraux et on le verra, aussi à la CNE. Pas un mot sur une minéralisation éventuelle, ni un enrichissement ou une richesse de quoi que ce soit si ce n'est la silice. D'ailleurs le mot uranium n'est pas prononcé dans ce livre (ni ceux d'étain et tungstène).

Ce forage CHA 109, d'une profondeur de 301m, a été réalisé en décembre 94. La fig. 14 mentionnée dans l'extrait ci-dessus est la photo d'une carotte sciée du leucogranite à 166,89-167,16 m d'où l'on déduit que le CHA109 a traversé déjà un minimum de 135 m du leucogranite avant d'être arrêté (301 – 166). Seul le leucogranite a été carotté, pas la couverture sédimentaire (le carottage ne commençait que 40 à 50 m avant d'atteindre le toit du granite; AN 02/95 §4.2.2).

Dans le livre suivant, AN 04/96, également distribué aux élus via les ILCI, rien n'est dit de plus sur ce leucogranite. On mentionne bien qu'on trouve divers types de filons dans les granites en général (aprites, pegmatites), et même s'ils sont petits *"épais de quelques dizaines de centimètres au maximum"*, pourtant rien de métallogénique n'est mentionné (p. 115). On lit dans un tableau (p. 133) :

"Caractéristiques du site vis-à-vis des critères de la RFS III.2.f"

	(...)	Ressources naturelles
Éléments favorables acquis		Pas de possibilités de ressources minières dans granodiorites
(...)		
Difficultés déduites de l'examen géologique et voies de recherches disponibles		

c'est tout (la case "Ressource naturelles" en face de "Difficultés..." reste vide, on lit donc qu'il n'y a que des éléments favorables).

Et de la même façon, dans son 2ème rapport (juin 1996, p. 61), la CNE écrit (c'est moi qui souligne) :

"- Du point de vue des ressources exploitables, peu de choses sont aujourd'hui connues. L'uranium, souvent présent dans les granites, n'est pas propices à une exploitation minière (concentration très faible de l'ordre de 20 ppm). Aucune anomalie de type remplissage de veines, ou présence d'autres métaux, n'a été constatée. Si les études doivent être poursuivies, ce critère n'apparaît pas fondamental pour le site Vienne."

Outre l'absence garantie de veines de minéralisation, on note la valeur de 20 ppm pour la concentration de l'uranium, et même le vraiment très modeste "peu de choses sont aujourd'hui connues" sur la métallogénie de cette région.

Toutes ces affirmations prennent tout leur poids quand on sait que sur ses forages, l'ANDRA n'avait pas laissé seul ANTEA, chargé de l'acquisition des données de forage, mais lui avait adjoint :

- le spécialiste français de l'Uranium, le CREGU (le Centre de REcherche de la Géologie de l'Uranium qui dépendait en partie du CEA) de Nancy (AN Rap CRE 95);
- un laboratoire spécialisé sur l'étain-tungstène hercynien (par ex. Gagny 1984, Nesen 1981...) dans les intrusions granitiques imbriquées : le laboratoire de Pétrologie structurale et de Métallogénie de l'Université de Nancy I (AN Rap PETR).

Ces entités de recherche avaient une présence sur place pour étudier les carottes de forage (DEA et encadrement).

Enfin, chef du service géologique de l'ANDRA alors, Bernard Mouroux a passé vingt ans dans la prospection ou le développement des mines d'uranium en France, Canada, Afrique avant d'intégrer l'ANDRA l'année du rapport Bataille, en 1990 (Rev. "Géologues", n°111, nov. 96).

III) Rappels de métallogénie hercynienne

Les gros gisements français d'uranium (aussi étain-tungstène) sont en lien avec des leucogranites tardifs de la chaîne hercynienne. A grande échelle, ceux-ci sont distribués en ceintures. C'est le long de la ceinture sud que sont alignés les gisements (Lameyre, 1975, 8.97 p. 318) :

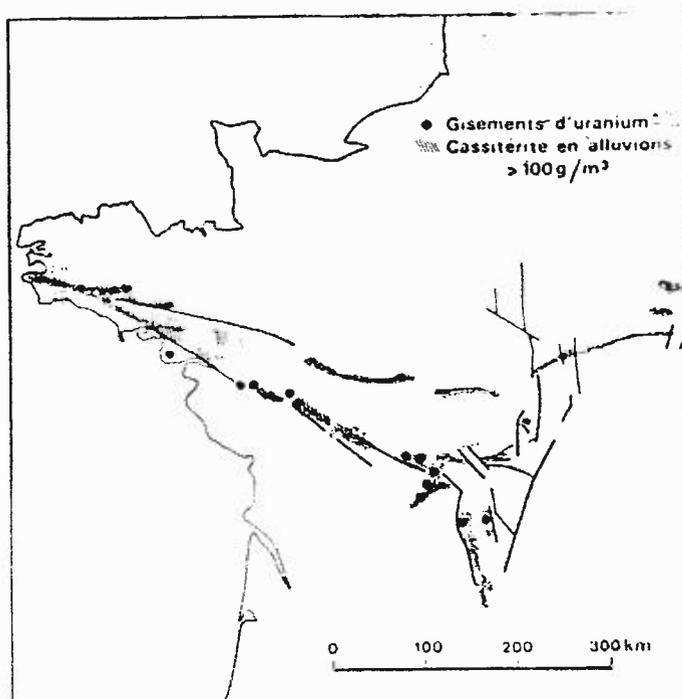


Figure 8.97

Concentration d'uranium dans les leucogranites, et d'étain alluvionnaire à la périphérie (d'après Guigues et Devisme, 1969, Moreau, 1973). Les données ont été reportées sur la carte établie par C. Weber (1973-1974) qui, en effaçant les terrains du bassin de Paris, fait apparaître les grands alignements leucogranitiques

Ces leucogranites tardifs portent 20 ppm d'uranium (Cuney et al. 1990, p. 46 et 49, Samama 1975, p. 42-46) ce qui leur vaut l'appellation de "riches en uranium" ou de "fertiles". Leur présence est une des conditions de base déjà, dans la zone des gisements d'uranium importants (gisements qui eux peuvent être de types très variés résultants des phénomènes de concentration postérieurs indispensables : hydrothermales, pédologiques, diagénétiques, etc.).

A l'opposé, le contenu uranium des abondants granodiorites est proche du clarke (Cuney et al. 1990, p. 45), clarke (concentration moyenne) qui pour l'uranium est située entre 2 et 3 ppm, soit 8 fois inférieur aux 20 ppm indiqués par la CNE pour la Vienne.

Sur cette célèbre ceinture-sud de leucogranite à 20 ppm d'uranium, à 120km au NW de la zone prospectée par l'ANDRA, on trouve les mines d'uranium de la région de Mortagne-sur-Sèvre (leucogranite de Mortagne) à la limite des départements de la Vendée et des deux-Sèvres : la Chapelle Largeau, La Commanderie, La Dorgissière. Il y en a d'autres au delà : Beaurepaire, Le Chardon, l'Ecarpière. Et au delà encore, en région sud de la ceinture dans le sud de la Bretagne, Pen Ar Ran, Métairie-neuve, puis sur la ceinture région de Pontivy dans le Morbihan (Quistiave, Bonote, Prat mérien, Ty Gallen, Poulprio..., 1000t U): ainsi à Berné, près de Le Faouet il y a eu enquête publique en 1989 (soit quelques années avant l'arrivée de l'ANDRA au dessus du massif caché de Charroux-Civray sur la même ceinture), COGEMA voulant y exploiter une mine d'uranium (Acronique du nucléaire n°7).

De l'autre côté c'est le limousin. A 70 km à l'Est du site choisi, on arrive aux 21 sites miniers COGEMA de la division minière de La Crouzille (dépt. Ht Vienne) qui a fourni 15 000t d'U : Margnac, La Betoule, les Brugeauds, Fanay, Bellezane, Montmassacrot, Le Fraisse, Vénachat, Henriette, Chanteloube, Petites Magnelles... Plus vers le nord (Jouac) il y a la concession de Mailhac-sur-Benaize qui a fourni 7000t d'U (Côte Moreau, Loges, Mas Grimaud, Piégut, Coussa et enfin Bernardan la dernière à avoir été exploitée et fermée en 2001).

Tous ces gisements sont liés aux leucogranites de la ceinture à 20 ppm de manière plus ou moins rapprochée. Uranium, étain, tungstène (et or) sont tous très directement liés aux leucogranites mais leur disposition est zonée. Dans le cas du leucogranite de Saint Sylvestre (Marnac, La Betoule...) les dépôts d'uranium exploités sont au centre du complexe granitique, alors que des minéralisations secondaires étain et/ou tungstène existent proche du contact, et des indices d'or sont en dehors du massif à quelques kilomètres (Cuney et al. 1990, p 47). Mais les concentrations exploitables d'uranium aussi peuvent être trouvées en dehors du leucogranite dans l'encaissant (cas des gisements de Chardon, Ecarpière, Retail...).

Il est évident que les Cies minières de COGEMA (et/via le CREGU, il a été créé pour ça) ont toujours eu le projet d'explorer un jour cette dernière grosse partie cachée de notre plus belle ceinture métallogénique. De fait, cette partie recouverte est en enclave entre les districts miniers de Mortagne et de La Crouzille et Mailhac. Mais suite "*à des surproductions liées à un ralentissement de la consommation industrielle (...)* En 1984, les dépenses de prospection de l'uranium n'ont présenté que 14% de celles de 1979." (Cuney et al. 1992, p. 111). On était entré en période de vaches maigres.

IV) Objectifs techniques légaux pour la sûreté de sites d'enfouissement de déchets nucléaires

Le Groupe "Goguel" (1987, p. 42) jugeait préférable d'éviter les zones potentielles de gîtes minéraux qui risquent fort d'attirer de futurs habitants : "*préoccupations de sûreté car, de façon générale, éviter d'implanter le stockage à proximité d'un gisement exploitable ne peut évidemment qu'entraîner une diminution de la probabilité d'intrusion.*". Cela deviendra un objectif législatif général de sûreté avec le paragraphe 4.4.2 de la Règle Fondamentale de Sûreté III.2.f :

"- Absence de stérilisation de ressources souterraines :

Au plan de la gestion du sous-sol, le site devra être choisi de façon à éviter des zones dont l'intérêt connu ou soupçonné présente un caractère exceptionnel."

Le représentant de l'autorité de sûreté (SCSIN ancêtre de la DSIN), Y. Kaluzny écrivait (1990 p. 269) :

"Le site doit être choisi de façon à éviter de stériliser des zones dont l'intérêt connu ou soupçonné présente un caractère exceptionnel et, par là-même, de réduire le risque d'intrusion".

Mais lorsque le forage CHA109 par exemple est effectué, Y. Kaluzny est passé directeur de l'ANDRA depuis 7 mois... (il est vrai qu'entre les deux, ce jeune ingénieur du corps des mines, avait été nommé chef du service des affaires nucléaires au sein de la Direction Générale de l'Energie et des Matières Première, DGEMP, au ministère de l'industrie, "The" service de développement du nucléaire en France).

Le Groupe "Goguel" (1987) avait donc consulté, et l'annexe 4 de son rapport (p.105-106) fait la synthèse d'une enquête effectuée auprès d'experts en métallogénie. En résultat de l'enquête est donné une liste de ce qu'il faut éviter pour ne pas être dans une zone où la probabilité d'occurrence de gîte minéral est élevée.

Le tout premier type de granite cité à éviter est : le leucogranite. En effet est-il précisé, la minéralisation associée attendue est : uranium, thorium, tantale, étain, tungstène, molybdène et or.

L'annexe expose ensuite qu'à contrario les zones les moins favorables à la présence de minéralisation sont caractérisées par "*une large surface d'affleurement garantissant l'observation de portions relativement internes du pluton*" (...) "*l'absence de réintrusions par des termes leucocrate plus différenciés*", "*la stérilité constatée par une prospection de surface déjà réalisée*".

Les recommandations étaient simples : les granites doivent être affleurants et déjà prospectés, il faut s'éloigner d'une roche phare déjà, le leucogranite.

L'ANDRA écrira plus tard pour l'aplomb ponctuel du double forage CHA 112-212 proposé pour le laboratoire : "*Enfin la nature de ces granodiorites et les observations faites sur carottes confirment l'absence de possibilité de ressources minières en profondeur*". (AN 04/96 p. 132).

Deux remarques :

a) c'est la seule fois à ma connaissance où l'agence aura mentionné ces deux mots "*ressource minières*" sur son site de la Vienne;

b) le fait qu'on soit dans une roche qui n'est pas en soi une source de métallogénie est une chose, mais le fait qu'on soit, comme le montre la fig. 2 reproduite plus avant, en bordure d'un complexe leucogranitique gros comme celui de Mortagne change la donne. On est dès lors dans l'encaissant de ce dernier ce qui rend tout à fait possible dans le principe la présence de minéralisations.

Pendant deux ans, l'agence a fait réaliser 17 forages qui ont été finement étudiés, sans compter la géophysique, ré-interprétée ou nouvelle, pour expertiser de manière pointue la plus belle ceinture métallogénique de leucogranite français et ses alentours (il y a des indices tungstène molybdène et cuivre au CHA106 : *scheelite* [Ca(WO₄)] écrit en caractères inférieurs au mm dans AN 02/05 fig. 15, ignoré dans le texte).

Pourquoi diable ne pas avoir dit ce qui a été trouvé en 1994 du point de vue métallogénie aux élus et même à la CNE, alors que ça reste visiblement si excitant en 2002 ?

N'en déplaise aux recommandations du rapport Goguel, à la RFS III.2.f et même aux membres de la CNE (ceux qui ne sont pas du Séraïl nucléaire, soit la moitié), il a été profité de la situation pour faire étudier cette région au potentiel métallogénique proprement exceptionnel du point de vue de COGEMA. Un joli coup. Et les études ne semblent pas finies pour le site Vienne alors que pourtant, à cause de l'hydrogéologie et sur recommandation CNE, le gouvernement a signifié en 1999 qu'il n'était pas retenu pour un laboratoire.

REFERENCES

- Alexandre, P. - Le Carlier de Veslud, C. - Cuney, M. - Ruffer, G. - Virlogeux, D. - Cheilletz, A. 2002, "Datation ⁴⁰Ar/³⁹Ar des leucogranites sous couverture du complexe plutonique de Charroux-Civray (Vienne)". C.R. Géoscience 334 : 1141-48.
- AN 02/95 : ANDRA 06 fev. 95 : "Recherche de sites pour l'implantation de laboratoires souterrains d'études géologiques - résultat des travaux réalisés en 1994, 06 février 1995" environ 150p. (ce livre est sans pagination et les échelles des cartes de la Vienne fig. 6 et 21 sont fausses)
- AN 11/95 : ANDRA/DRI (collectif) novembre 95 "Bilan des travaux 1994 - Relatif à l'étude du stockage des déchets radioactifs en formation géologique profonde" : 7 chapitres, environ 750p. Ce gros classeur n'a pas été rendu public, une copie a été consultée de manière indirecte. Le chapitre V, Géologie, est à peu près le même que AN 02/95 mais il donne une petite bibliographie très succincte de prestataires de l'ANDRA.
- AN 04/96 : ANDRA 09 avr. 96 : "Recherches préliminaires à l'implantation des laboratoires de recherche souterrains - Bilan des travaux janvier 1994 - mars 1996", 09 avril 1996, 150p.
- AN Rap CRE 95 : Rapport d'étude pour l'ANDRA de référence B RP O CRE 95-003/A : CREGU, 1995 : "*Expertise pétrographique et structurale des sondages dans le socle de la région Charroux-Civray (Vienne)*", mentionné dans AN 11/95, chap. V, p. 42.
- AN Rap PETR : Rapport d'étude pour l'ANDRA de référence B RP O CRE 95-003/A : Université de Nancy I 1995 : "*Pétrologie structurale : unité magmatiques et structurales dans les sondages ANDRA de la Vienne (France); Elément pour la reconstitution de la dynamique de mise en place et de l'organisation spatiale des magmatites*"., mentionné dans AN 11/95, chap. V, p. 42.
- CNE, Commission Nationale d'Evaluation. Ses rapports sont disponibles gratuitement au 39-43 quai André Citroën, Tour Mirabeau, 75 015 Paris, tél. 01 40 58 89 05

- Cuney, M. - Friedrich, M. - Blumenfeld, P. - Bourguignon, A. - Boiron, M.C. - Vignerresse J.L. - Poty, B. 1990, "Metallogenesis in the french part of the variscan orogen. Part I : U preconcentration in pre-variscan and variscan formations - a comparison with Sn, W and Au", *Tectonophysics* 177: 39-57.
- Cuney, M. - Leroy, J. - Pagel, M. 1992, "L'uranium", coll. "Que sais je?", P.U.F., n°1070, 120p.
- Gagny, Cl. 1984 "Cible géochimique pour guider la prospection Sn.W dans les ensembles granitiques", 10ème Réunion. Ann des Sc de la Terre, Bordeaux, RAST-84 p. 239.
- Groupe "Goguel" 1987 : "Stockage des déchets radioactifs en formations géologiques - critères techniques de choix de site", juin 1985-mai 1987, Rapport du groupe de travail présidé par le professeur Goguel (mort avant la fin des travaux). Ministère de l'industrie des P. & TL. et du tourisme: 63p. puis 9 annexes: p. 65-227. On peut en réclamer une copie à la DSIN, 99 rue de Grenelle 75 353 Paris 07 SP
- Kaluzny, Y. 1990 SCSIN, Ministère de l'Industrie : "Evaluation de la Sûreté du stockage de déchets radioactifs en formation géologique profonde" (p. 265- 273) in "Stockage en souterrain", Actes des journées d'études organisées à Paris du 13 au 16 novembre 1990. Presses de l'école nationale des Ponts et chaussées, 351p.
- Lameyre, J. 1975 "Roches et minéraux. 2. Les formations", Doin edit, 352p.
- Nesen, G. 1981, "Le modèle exogranite-endogranite à stocksheider et la métallogénèse Sn-W. Etude des gisements de Fontao et Santa-Comba, Galice, Espagne", Thèse du Laboratoire de pétrologie structurale et métallogénie (Pr. Cl. Gagny), Université de Nancy I.
- Samama, J.C. 1975 "Cours de métallogénie de l'ENSG de Nancy : II. Différenciation pédologique", photocopié.

Extraits du Rapport du Médiateur, Christian Bataille, du 15 décembre 1993.

L'ANDRA sera présent sur les trois sites choisis dès les premiers jours de janvier 1994, pratiquement en même temps que leur sélection est rendue publique.

(Christian Bataille avait été nommé médiateur chargé d'organiser la concertation avec les élus des zones où l'ANDRA pourrait ouvrir un laboratoire souterrain fin 92 par D. Strauss-Kahn et A. Billardon par l'Arrêté du 17/12/92)

Troublante coïncidence...

La zone proposée (en grisé) par le médiateur pour la Vienne correspond quasi exactement au tracé du gros corps de leucogranite type Mortagne-Saint Sylvestre ("spécialisé") en profondeur tel que figuré sur la fig. 1 de Alexandre, P. et al 2002, C.R. Geoscience 334, 1141-1148...

chapitre "Critères de choix des sites"

Parmi les éléments à prendre en compte dans l'étude de stabilité d'une région, il est nécessaire de localiser les grands accidents géologiques et leurs répliques (pour les éviter) et détecter les indices de mobilité de ces structures.

En ce qui concerne les effets de l'évolution des climats, l'un des scénarios à envisager est l'apparition d'une ou deux périodes de refroidissement dans les dizaines de milliers d'années à venir.

L'étude des glaciations de l'ère Quaternaire montre que la France n'avait pas été recouverte par une calotte glaciaire, mais soumise à un climat très froid entraînant, en particulier, une érosion importante.

C'est ainsi que parmi les critères de choix de site, on s'impose de rechercher des formations géologiques à une profondeur supérieure à 200 mètres qui affranchit largement des effets des modifications climatiques envisageables.

Profondeur et propriétés mécaniques

Il importe que l'on puisse travailler en toute sécurité lors du creusement du puits d'accès, des galeries et pendant l'exploitation des ouvrages souterrains.

L'option de réversibilité d'un stockage nécessite d'étudier tout particulièrement le comportement mécanique différé des matériaux géologiques qui seront sélectionnés comme "roches hôtes".

L'expérience actuelle des travaux miniers permet d'estimer que pour les quatre types de formations géologiques, les techniques de creusement et de soutènement sont disponibles actuellement, pour créer et stabiliser pendant une durée suffisante, les ouvrages souterrains envisageables.

Il faut noter que les roches plastiques (argile, sel), qui présentent par ailleurs des qualités remarquables au niveau du confinement à très long terme, doivent être recherchées à des profondeurs maximales de 500 à 600 mètres.

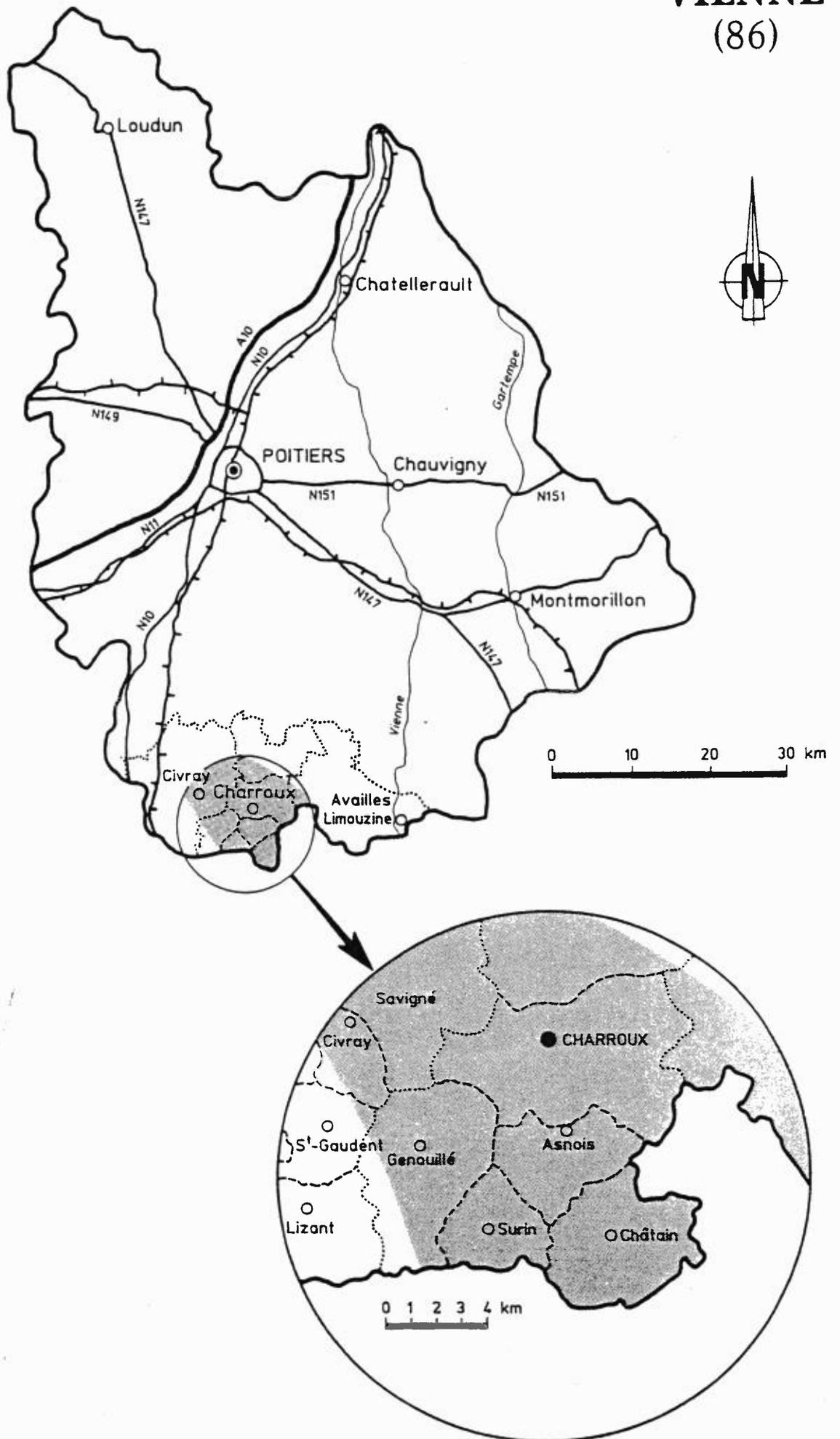
Cette notion de "profondeur raisonnable" est un critère de choix de site. Il recommande de ne pas dépasser 1 000 mètres de profondeur, même pour les roches très résistantes.

L'absence de ressources naturelles

Il paraît nécessaire de prendre en compte :

1. les ressources en eau : les captages, d'exploitation actuelle ou potentielle de nappes profondes ;
2. les perturbations, souvent irréversibles, créées par les travaux de reconnaissance ou d'exploitation industrielle (présente, passée ou prévisible).

VIENNE (86)



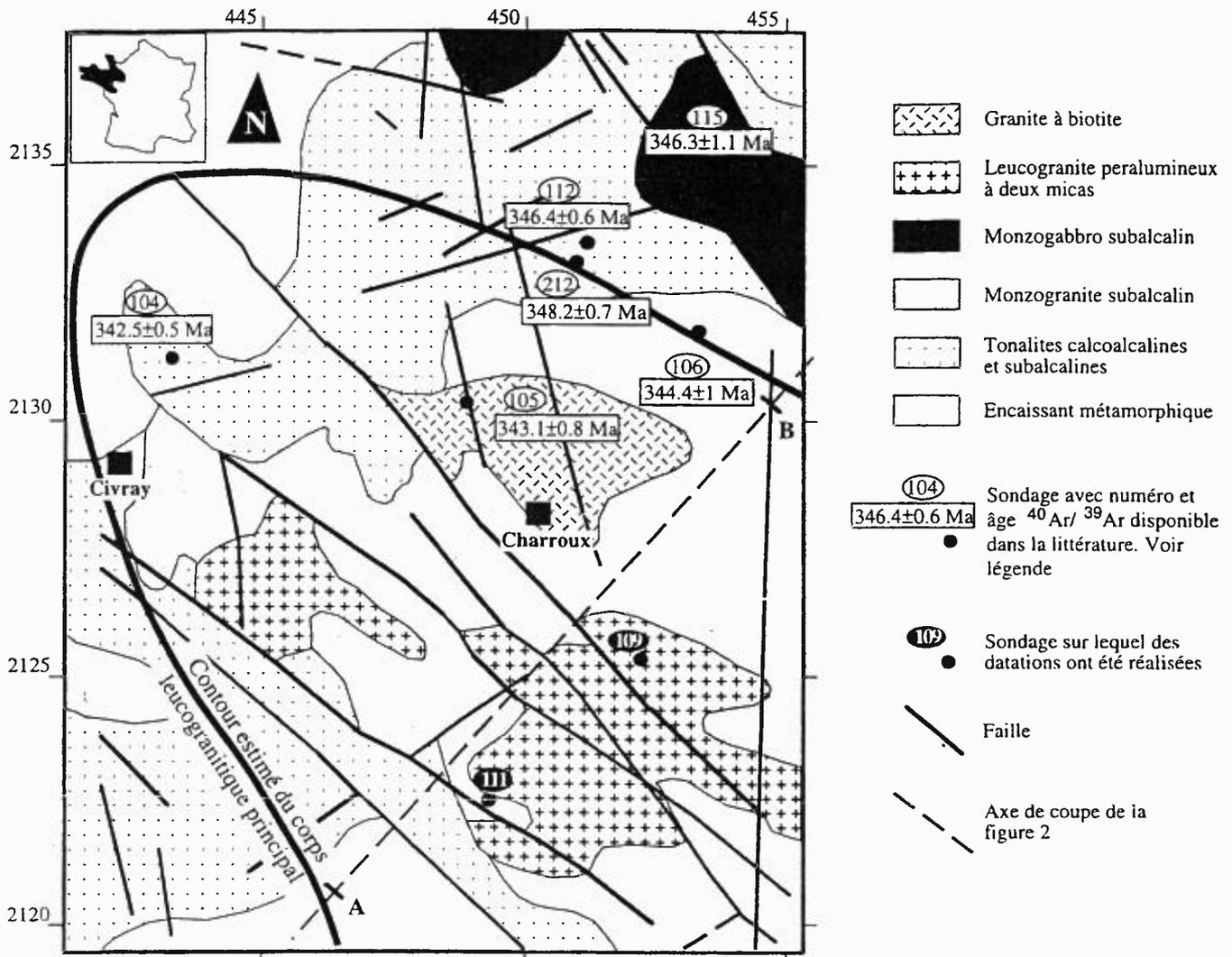


Fig. 1. Carte géologique interprétative du socle de la région de Charroux–Civray, d’après [9], à laquelle est superposée l’extension latérale estimée du CLP d’après les données géophysiques [26]. La couverture sédimentaire n’est pas représentée. L’emplacement et le numéro des sondages (entourés) est indiqué, ainsi que les âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ sur biotites de plusieurs granitoïdes calco-alcalins fini-dévonien, d’après [1].

Fig. 1. Interpretative geological map of the basement in the Charroux–Civray area, from [9], to which is superimposed the lateral extent of the CLP from geophysical data [26]. The sedimentary cover is not represented. The location and the number of the boreholes (circled) is indicated, as well as the biotite $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age of several Late Devonian calc-alkaline granitoids from [1].

mais non l’erreur sur son âge. Toutes les erreurs reportées sont à 1σ .

3.2. Résultats

L’échantillon 111 présente un spectre d’âge très plat (Fig. 3), définissant un âge plateau de $338,8 \pm 0,4$ Ma (93% de l’ ^{39}Ar , Tableau 1). Les deux premières étapes sont légèrement plus jeunes, mais cette perte limitée d’argon radiogénique reste négligeable vis-à-vis de la qualité de l’âge plateau défini sur la majeure partie du spectre.

Pour l’échantillon 109, deux étapes présentent des marges d’erreur plus élevées, qui correspondent à des

analyses sur la cage de Faraday. Ces deux étapes ont été exclues pour préserver l’homogénéité du calcul de l’âge plateau, et seules les étapes sur photomultiplicateur ont été utilisées. Ceci a permis de définir un âge plateau à $311,6 \pm 0,3$ Ma (sur 54% de l’ ^{39}Ar , Tableau 1). L’échantillon 109g permet de définir un excellent âge plateau (100% de l’ ^{39}Ar mesuré) (Fig. 3, Tableau 1) à $309,3 \pm 0,4$ Ma. Si l’on exclut les deux premières étapes (plateau sur 82% des gaz), un âge à $309,5 \pm 0,3$ Ma peut être obtenu. Ces deux âges étant très proches ; c’est l’âge présentant la plus grande marge d’erreur ($309,3 \pm 0,4$ Ma) qui a été choisi pour l’échantillon 109g.