

Schéma régional des carrières d'Auvergne-Rhône-Alpes : évaluation des gisements d'intérêt régional et national

Rapport final

BRGM/RP-68275-FR
Mai 2020

Schéma régional des carrières d'Auvergne-Rhône-Alpes : évaluation des gisements d'intérêt régional et national

Rapport final

BRGM/RP-68275-FR
Mai 2020

C. Cartannaz

Vérificateur :	Approbateur :
Nom : Hugues BAUER Fonction : Ingénieur Géologue Date : 29/04/2020 Signature : 	Nom : Vanoudheusden Fonction : Directrice Régionale Déléguée Date : 02/07/2020 Signature : 

Le système de management de la qualité et de l'environnement
est certifié par AFNOR selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.
Contact : qualite@brgm.fr

Mots-clés : Ressource, Gisement, Carrière, Schéma, Auvergne-Rhône-Alpes

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Cartannaz C. (2020) – Schéma régional des carrières d'Auvergne-Rhône-Alpes : évaluation des gisements d'intérêt régional et national. BRGM/RP-68275-FR, 92 p., 45 fig., 2 ann., 1 CD/USB.

© BRGM, 2020, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Les Schémas Départementaux des Carrières (SDC) dans les ex-régions Auvergne et Rhône-Alpes ont été réalisés entre 1999 (validation du schéma du Cantal) et 2015 (révision du schéma de Haute-Loire). La réglementation actuelle prévoit qu'une révision de chaque schéma doit être réalisée avec une périodicité de 10 ans. Cependant, la loi ALUR a modifié significativement les schémas en les régionalisant. Après avoir dans un premier rapport, établi la cartographie des ressources et des gisements, la présente étude porte sur l'identification et la cartographie des gisements d'intérêts national et régional, tels que défini dans la méthodologie nationale sur l'ensemble de la région Auvergne-Rhône-Alpes.

La première phase de l'évaluation des matériaux et substances primaires du schéma régional des carrières a consisté en 2017 à définir les ressources en granulats et minéraux industriels sur l'ensemble de la région Auvergne-Rhône-Alpes (BRGM/RP-67368-FR). En 2017, seule l'ex-région d'Auvergne a fait l'objet d'un travail détaillé à partir des cartes géologiques harmonisées départementales. Pour l'ex-région Rhône-Alpes, s'appuyant sur une cartographie préalable des ressources réalisées en 2010 par le BRGM, un travail simplifié a été réalisé sur l'ex-région Rhône-Alpes de façon à assurer l'homogénéité régionale. C'est au total, 10 ressources en granulats (noté de g1 à g10), 12 ressources en minéraux industriels (noté de mi1 à mi12), et 11 ressources en pierres ornementales (noté de po1 à po11) qui ont été définies lors des COPILs et distinguées ensuite de manière cartographique au 1/100 000.

À partir de ce travail sur les ressources, de la base GEREP (base déclarative des carrières de la DREAL), de la base CARMA (base carrières et matériaux du BRGM), de la bibliographie, cette étude a permis d'évaluer les gisements d'intérêt sur la région Auvergne-Rhône-Alpes.

C'est au total 47 gisements de minéraux industriels qui ont été sélectionnés pour un intérêt et 54 gisements de granulats, avec les alluvions en eau comme 55^e gisement. Les gisements de roches ornementales sont restés en mode ponctuel comme il a été réalisé lors de la première phase (BRGM/RP-67368-FR).

Dans cette étude, chacun de ces gisements a fait l'objet d'une cartographie particulière qui prend en compte la lithologie, la qualité des matériaux et substances (sur la base des notices géologiques, de la bibliographie et des contributions de la profession). Les emprises de gisements communiqués par les carriers ont également été incorporées dans la cartographie.

Les « contrainte fortes » ou « zones rédhibitoires » ont été soustraites des gisements et des critères techniques comme des surfaces minimales (10 ha pour les granulats, 3 ha pour certains minéraux industriels), des fortes pentes (supérieurs à 66° pour un MNT au pas de 25 m), des altitudes supérieures à 3 000 m ont permis de prendre en compte quelques-unes des contraintes techniques et économiques que rencontrent la profession. Le résultat constitue les gisements valorisables ou Gisements Potentiellement Exploitable (GPE).

Chaque gisement valorisable des minéraux industriels ainsi obtenu a été classé en intérêt régional ou national suivant la méthodologie explicitée dans la circulaire d'application du décret sortie au mois d'août 2017. Les gisements de granulats n'ont pas fait l'objet d'une distinction entre un intérêt régional ou national. La cartographie de ces derniers avait pour but d'examiner et de trouver des gisements qui servent de remplacement aux granulats issus des alluvions en eau (classé g1 dans l'étude des ressources de 2017). C'est au total 54 gisements de granulats qui peuvent servir à la substitution des granulats alluvionnaires (considéré comme le 55^e gisement)

Le résultat est une cartographie au 1/100 000, dont il faut rappeler la cohérence à cette échelle uniquement, et au regard de la validité des connaissances géologiques actuelles et ne peut en aucun se soustraire à une étude plus fine qui serait du ressort du carrier. Cette cartographie des gisements valorisables doit être ainsi considérée comme un document d'orientation.

La poursuite de ce travail cartographique sur le domaine des roches ornementales et de construction serait un complément naturel à cette étude.

Il serait également intéressant d'évaluer les volumes des gisements suivant les grandes catégories de matériaux (granulats) et substances (minéraux industriels), ne serait-ce que pour mettre en lumière de possibles tensions sur certains gisements, notamment sur les granulats alluvionnaires en eau où une énorme bibliographie (dossier parafiscaux) existe et qui n'a pas pu être exploitée dans le cadre de cette étude.

Sommaire

1. Introduction	11
1.1. CONTEXTE	11
1.2. OBJECTIF	11
1.3. MÉTHODOLOGIE	12
1.4. LES GISEMENTS VALORISABLES.....	15
1.5. LA GÉOLOGIE DES BASSINS DE CONSOMMATION	18
1.5.1. Le bassin de consommation Genève/Annemasse	20
1.5.2. Le bassin de consommation d'Annecy	21
1.5.3. Le bassin de consommation de Chambéry	21
1.5.4. Le bassin de consommation de Grenoble	22
1.5.5. Le bassin de consommation du Scot du Grand Rovaltain.....	22
1.5.6. Le bassin de consommation de Vienne.....	23
1.5.7. Le bassin de consommation de Lyon	23
1.5.8. Le bassin de consommation de Bourg-en-Bresse.....	25
1.5.9. Le bassin de consommation de Saint-Étienne	25
1.5.10. Le bassin de consommation de Clermont-Ferrand.....	26
2. Les minéraux industriels	29
2.1. LES GISEMENTS	29
2.1.1. Les argiles (sens large)	29
2.1.2. Talc.....	34
2.1.3. Arkoses.....	35
2.1.4. Pouzzolanes	35
2.1.5. Calcaire à Ciment.....	39
2.1.6. Calcaires à chaux	44
2.1.7. Diatomite	47
2.1.8. Gypse	52
2.1.9. Calcaire pour verrerie (utilisation comme fondant).....	58
2.1.10. Phonolite pour verrerie	59
2.1.11. Laves pour laine de roche	60
2.1.12. Dolomie	60
2.1.13. Silice pure.....	60
2.1.14. Autres gisements étudiés pour information	62
2.2. IDENTIFICATION DES GISEMENTS D'INTÉRÊT NATIONAL OU RÉGIONAL POUR LES MINÉRAUX INDUSTRIELS	62

2.2.1. Instruction du gouvernement du 4 août 2017 relative à la mise en œuvre des schémas régionaux des carrières.....	62
2.2.2. Choix sur la région Auvergne-Rhône-Alpes	63
2.3. CORRESPONDANCE AVEC LA RÉGION PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR	69
3. Les granulats	71
3.1. RAPPEL.....	71
3.2. CHOIX DES GISEMENT DE SUBSTITUTION	72
3.2.1. Zone des Combrailles.....	72
3.2.2. Gisements en cours d'exploitation.....	73
4. Les roches ornementales	77
4.1. RAPPEL.....	77
4.2. L'ENQUÊTE AUPRÈS DES CARRIERS	77
4.3. INDICATION GÉOGRAPHIQUE	77
5. Conclusion	79
7. Bibliographie	81

Liste des figures

Figure 1 - Schéma illustrant les notions de ressources, de gisements et de gisements d'intérêt (source annexe 5 de la circulaire du 4 août 2017).....	12
Figure 2 - Synthèse méthodologique du choix des gisements.....	14
Figure 3 - Exemple de diminution des surfaces. Les zones bleues correspondent à des zones de ressources valorisables réalistes.	16
Figure 4 - Vue sur une exploitation de carrière en redan sur un versant incliné (carrière de Saint-Joire, 74)	17
Figure 5 - Contexte des pentes à partir du MNT au pas de 25 m de la carrière des Mesers à Saint-Jean-de-Sixt	17
Figure 6 - Carte géologique de la région Auvergne-Rhône-Alpes suivant les lithologies principales.....	19
Figure 7 - Localisation des 10 bassins de consommation de la Région Auvergne-Rhône-Alpes.....	20
Figure 8 - Coupe schématique du fossé au niveau de Lyon. N. Mongereau (2001).....	24

Figure 9 - Bloc diagramme montrant le trois unités géologiques (Horst cristallin hercynien (plateau des Dômes), Graben de la Limagne oligocène et Chaîne des Puy quaternaire) modifiée d'après Boivin et al., 2009	27
Figure 10 - Coupe géologique du bassin de l'Aumance.....	30
Figure 11 - Argile du Velay est le leader de la production d'argile verte en France.	32
Figure 12 - Affleurement de Kaolin à d'Echassières, BRGM copyright.....	33
Figure 13 - Carrière de kaolin sur la commune de Larnage, Drôme (photo Delmonico-Dorel)....	34
Figure 14 - galerie de la carrière souterraine de talc sur la commune d'Argentine. Source : http://tchorski.morkitu.org/1/alpes/argentine.htm	35
Figure 15 - Carrière de Mazoire (Pouzzolane du Cezallier) dans le département du Puy-de-Dôme qui montre la couleur rouge brique des pouzzolane	36
Figure 16 - Carrière de Pouzzolane au Thueyts dans l'Ardèche.....	37
Figure 17 - Coupe schématique d'un cône strombolien montrant la répartition spatiale des différents faciès des matériaux pouzzolaniques (d'après BRGM et CETE, 1980)....	38
Figure 18 - Localisation des gisements de Pouzzolane en Auvergne-Rhône-Alpes.....	39
Figure 19 - Représentation schématique des relations entre les unités lithologiques (formations) des étages Oxfordien, Kimmeridgien et Tithonien de la feuille à 1/50 000 « Nantua » (in notice explicative par C.Mangold et R .Enay)	41
Figure 20 - Vue de l'un des fronts de taille de la carrière de Gondailly (Allier) © 2007 Pierre Thomas, Cette partie de la carrière exploitaient surtout des argiles et des marnes, qui, mélangées dans des proportions adéquates avec des calcaires font partie des ingrédients nécessaires à la fabrication du ciment. Deux niveaux à stromatolithes sont nettement visibles sous forme d'alignements de petites boules blanches.	42
Figure 21 - Exemple de coupe géologique qui montre le gisement de calcaires berriasiens (couche hachurée).....	43
Figure 22 - Localisation des calcaires oolithiques exploités par CCSH dans la série du Jurassique moyen.....	45
Figure 23 - Évolution des calcaires Valangiens vers les marnes valanginiennes	45
Figure 24 - Coupes très schématiques montrant l'environnement de dépôt expliquant les passages latéraux de faciès depuis le Jurassique terminal jusqu'à l'Aptien en passant par le valanginien, dans les chaînes subalpines aux alentours de Grenoble. Le schéma supérieur montre l'organisation finale des faciès (figurés noirs). Les coupes inférieures montrent l'allure des fonds marins et le type de sédimentation selon les tranches de temps (couleurs comme dans la coupe globale finale). D'après Gidon, geol-alp.com/chartreuse/2_roches_chartreuse/0_roches.html#coupes_varfacies	46
Figure 25 - Coupe géologique synthétique du gisement des calcaires valanginiens (de LOIST)	47
Figure 26 - Eruption phréato-magmatique à l'origine de la formation d'un maar. De tels cratères se créent lorsqu'une colonne magmatique rencontre une nappe phréatique. On a alors vaporisation de l'eau, augmentation brutale de la pression et explosion.	48
Figure 27 - Localisation de la tourbière de Ribains	50
Figure 28 - Morphologie de la tourbière de Ribains Arnaud et Tourman, 2007	51

Figure 29 - Coupe schématique présumée du gisement de Ribains	51
Figure 30 - Ancienne exploitation de gypse en Maurienne (Savoie), zone du Sambuis vers Saint-Jean-de-Maurienne. BRGM copyright.....	53
Figure 31 - Carrière active à ciel ouvert de Saint-Jean-de-Maurienne.....	54
Figure 32 - Carrière de gypse souterraine au environ de Moutiers. Source : http://www.aventure-miniére.fr/piwigo/picture.php?/571/category/43	54
Figure 33 - Entrée et galerie de la carrière souterraine de gypse de Desingy	55
Figure 34 - La carrière de gypse au lieu-dit les Sauvons (Valbonnais).....	56
Figure 35 - Emplacement des carrières souterraines de gypse du Puy en Velay. Rouge transparent : Gisement contenant le gypse ; point vert : carrière souterraine.	57
Figure 36 - Vue des galeries de la carrière souterraine qui exploite la couche de Prapont inférieur.....	59
Figure 37 - Le Mont Gerbier de Jonc en Ardèche constitue un dôme de phonolite	59
Figure 38 - Carrière de quartzite de Meillers (03) et produits concassés destinés à l'industrie (Atlas DREAL 2014, La Montagne octobre 2010).	61
Figure 39 - Schéma de la méthodologie pour identifier l'intérêt national ou régional des gisements	63
Figure 40 - Liste des 47 gisements de minéraux industriels sélectionnés pour le classement en intérêt régional ou national	65
Figure 41 - Bassin de consommation majeurs (aires urbaines 2010) pour la région Auvergne-Rhône-Alpes.	71
Figure 42 - Carte des ressources en granulat sur la région Auvergne-Rhône-Alpes.....	73
Figure 43 - Gisement des sables volcaniques des Monts d'Ardèche (carrière de la Borée).....	74
Figure 44 - Liste des différents gisements associés à la ressource et aux carrières en activité en AURA.....	75
Figure 45 - Roches ornementales d'Auvergne-Rhône-Alpes suivant Rhônapi.....	78

Liste des annexes

Annexe 1 liste des gisements de minéraux industriels.....	85
Annexe 2 Liste des gisements de granulats.....	89

1. Introduction

1.1. CONTEXTE

Les Schémas Départementaux des Carrières (SDC) dans les ex-régions Auvergne et Rhône-Alpes ont été réalisés entre 1999 (validation du schéma du Cantal) et 2015 (révision du schéma de Haute-Loire). La réglementation actuelle prévoit qu'une révision de chaque schéma doit être réalisée avec une périodicité de 10 ans. Cependant, la loi ALUR de 2015 a remis en question les procédures qui prévalaient jusqu'alors en introduisant la régionalisation des schémas des carrières.

L'objectif de cette évolution des schémas des carrières est de permettre une meilleure intégration de l'activité extractive des carrières à l'échelle régionale. Il est prévu que les SRC (Schéma Régionaux des Carrières) seront plus axés sur l'approvisionnement en matériaux et sur la préservation de l'accès à la ressource. C'est ainsi que les SCOT, PLUI et PLU, devront prendre en compte les SRC. Le schéma nouvelle version devient donc opposable aux documents d'urbanisme (niveau de prise en compte) et aux demandes d'autorisation (niveau de compatibilité), et prévoit une sécurisation des approvisionnements avec des scénarios adaptés dans lesquels seront intégrés des gisements d'intérêt national ou régional.

1.2. OBJECTIF

La mise en place du schéma régional des carrières implique une connaissance des différentes ressources et des gisements potentiellement exploitables sur le territoire. Le travail réalisé en 2017 sur la cartographie des ressources primaires, conforme à la circulaire du 4 août 2017 (NOR : TREL1722572C) et aux annexes techniques, apporte une première réponse, établie à partir de la seule information fournie par les cartes géologiques harmonisées départementales, concernant donc les formations affleurantes.

C'est en tenant-compte de cette conclusion que les objectifs de la présente étude ont été définis. Cette étude porte donc sur l'identification et la cartographie des gisements d'intérêt, et sur la détermination des gisements d'intérêts national et régional, tels que défini dans la méthodologie nationale, mais sans l'appliquer *stricto-sensu*. En effet, pour des raisons techniques et de prise en compte de critères techniques comme la surface valorisable, le traitement des contraintes rédhibitoires sera effectué avant la prise en compte des critères techniques. Le résultat final des Gisements restera néanmoins identique par rapport à une application *sensu-stricto*. De même, la méthodologie nationale s'applique sur les formations affleurantes alors que cette étude s'intéresse aux formations qui recouvrent quelques gisements clés (diatomite a minima) sans pour autant prendre en compte l'épaisseur des formations recouvrantes en question.

1.3. MÉTHODOLOGIE

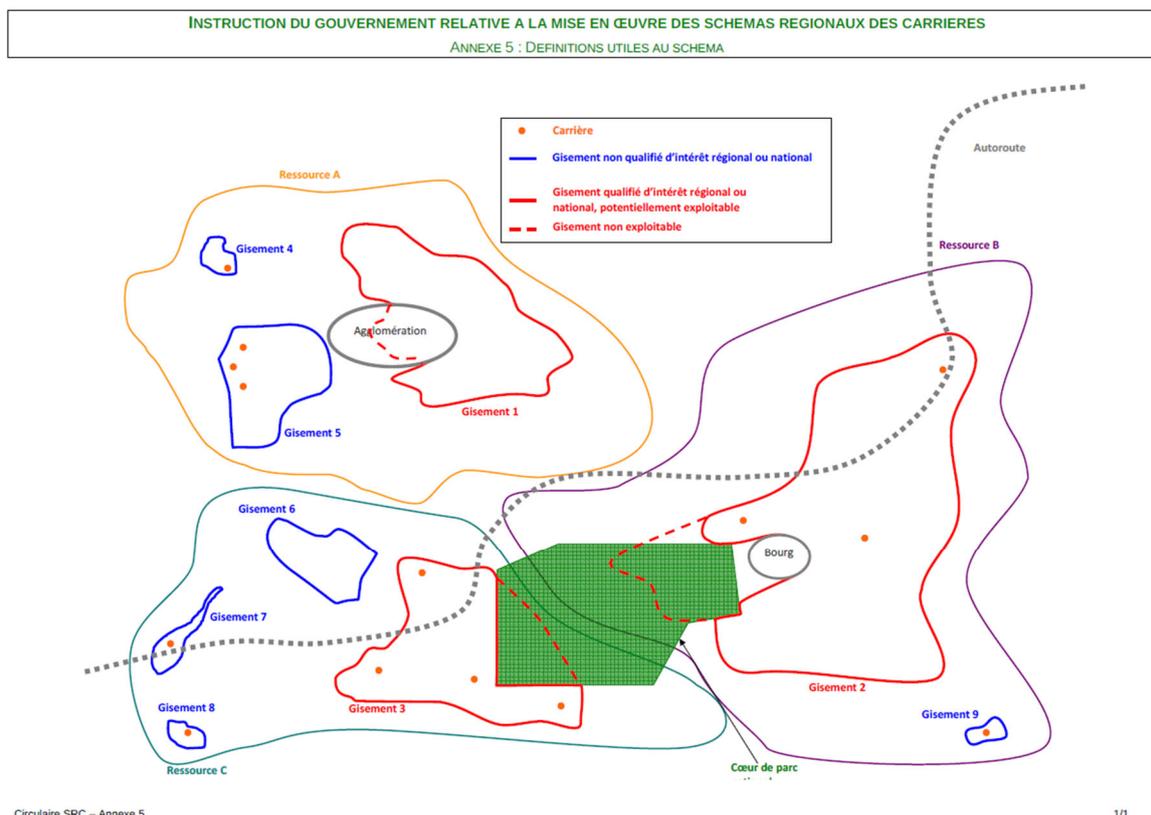


Figure 1 - Schéma illustrant les notions de ressources, de gisements et de gisements d'intérêt (source annexe 5 de la circulaire du 4 août 2017).

La première phase de 2017 (cartographie des ressources primaires), a permis la cartographie des ressources (A, B et C, Figure 1). En 2017, le travail a été effectué dans le détail pour l'Auvergne. L'objet de cette étude a consisté à effectuer le même travail sur l'ex-région Rhône-Alpes. La méthodologie n'est pas détaillée dans ce rapport et nous invitons le lecteur à consulter le rapport BRGM/RP-67368-FR.

Il convient, au sein de ces polygones de ressources, d'identifier et de cartographier les gisements d'intérêt (Figure 2) (polygones rouges sur la Figure 1).

Le choix s'est appuyé sur les travaux déjà réalisés dans les autres régions, et particulièrement en région PACA. La région PACA, pilote dans la mise en œuvre des Schémas Régionaux des Carrières, a établi une liste de 6 substances d'intérêt national :

- Argiles (Éocène – Oligocène) ;
- Calcaires bioclastiques (faciès « craie d'Orgon ») ;
- Dolomies ;
- Sables ocreux ;
- Sables siliceux de l'Albo-Cénomaniens ;
- Gypse ;

et de 2 substances d'intérêt régional :

- Calcaire pour ciment ;
- Argiles utilisées pour la fabrication de tuiles / briques.

Pour les minéraux industriels, le choix s'est appuyé également sur la liste des 23 substances identifiées par la DREAL Auvergne-Rhône-Alpes, et aux substances déjà identifiées par le cadre régional pour le territoire rhônalpin. La liste des 23 substances proposées a priori par la DREAL pour les minéraux industriels est :

- Talc ;
- Calcaires industriels ;
- Craie (c'est l'état naturel de la calcite recherchée dans les calcaires industriels) ;
- Marbres ;
- Dolomie, magnésite ;
- Sables (extra-) siliceux ;
- Quartz pur (filon, etc.) ;
- Silex (roches sédimentaire d'origine détritique issue d'une précipitation chimique et constituée de silice calcédonieuse la rendant très dure) ;
- Certains grès (pour leur constituant quartz (silice), feldspath, mica, oxyde de fer) ;
- Andaloussite – sillimanite - (Kyanite) ;
- Argiles kaoliniques nobles (pour produit réfractaire ou pour céramiques) ;
- Argiles fibreuses (Attapulgites, sépiolites) ;
- Argiles spéciales (Smectites, bentonites) ;
- Bentonite ;
- Feldspaths ;
- Kaolin ;
- Diatomite ;
- Gypse ($\text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$) et anhydrite (CaSO_4) ;
- Micas (composé de feuillettes riches en aluminium et potassium : micas blancs ou riches en magnésium et fer : micas noirs) ;
- Micaschiste (abondance de fraction micacée) ;
- Ogres (production de pigment dû à l'oxyde de fer) ;
- Phonolite (roche volcanique recherchée pour la fabrication des laines minérales) ;
- Pouzzolane (roche volcanique - propriétés d'isolation phonique et thermique).

Ainsi, le choix des substances s'effectue de manière plus détaillée que les 12 classes des minéraux industriels qui ont été préalablement établies lors de l'étude de 2017 sur les ressources. Elle s'effectue de manière exhaustive en passant en revue chaque formation géologique des cartes géologiques harmonisées à l'échelle départementale. L'objectif est bien d'identifier un gisement au sein d'une ressource (un gisement est une minéralisation connue dans le sous-sol en quantité et en qualité telle que les perspectives d'une exploitation sont raisonnables). Par exemple, nous nous intéresserons plus particulièrement aux sables blancs de Pont-en-Royans parmi l'ensemble de la ressource classée en mi8 (sables siliceux, grès quartzifères, quartz, quartzite).

Il sera tenu compte de la connaissance actuelle, disponible dans la bibliographie BRGM et de celle fournie par l'UNICEM (par exemple présence d'une ressource non affleurante sous couverture : cas des diatomites notamment).

Un traitement informatique sur les différents gisements prendra en compte les contraintes d'impossibilité d'exploiter de fait, d'ordre administratif et réglementaire (appelée contraintes rédhibitoires ou fortes par l'UNICEM) et les critères techniques (Figure 2).

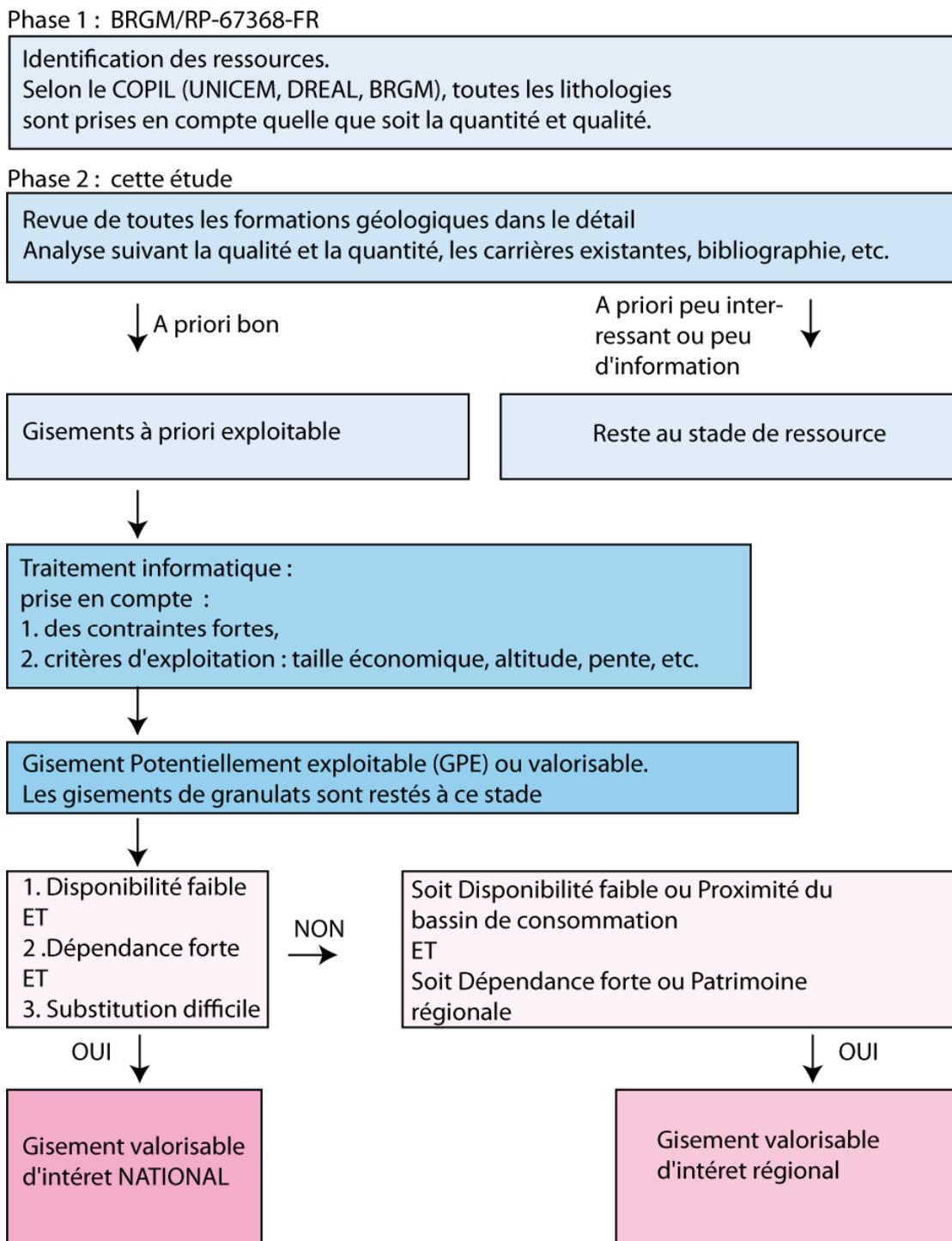


Figure 2 - Synthèse méthodologique du choix des gisements.

La soustraction sous SIG des contraintes fortes a été gérée par la DREAL. Les critères techniques qui ont été retenus sont les surfaces valorisables, l'altitude et la pente.

Le résultat final constitue les gisements potentiellement exploitables (GPE) ou valorisables qui se sont vu affecter pour les minéraux industriels un intérêt national et régional suivant l'instruction du gouvernement du 4 août 2017 (Figure 2). Malgré l'instruction technique du 4 août 2017, les matériaux extraits pour le granulats ne seront pas classés en intérêt national ou régional car la profession n'est pas favorable à leur définition.

Le résultat final est cartographié à une échelle de 1/100 000^e sur l'ensemble du territoire Auvergne-Rhône-Alpes.

1.4. LES GISEMENTS VALORISABLES

Afin de fournir un résultat proche du gisement réellement exploitable (donc valorisable), il faut prendre en compte les critères techniques d'exploitabilité.

Les critères d'exploitabilité ont été étudiés en vue de l'élaboration du SRC et non en vue de l'exploitation de carrières. Cet examen vise à identifier des zones disposant a priori de gisements techniquement valorisables sans toutefois entrer dans une démarche de prospection et d'examen approfondi qui est du ressort de la profession dans le cadre de ses propres investigations. Nous sommes bien dans la caractérisation de gisements (au sens SRC) et non dans celle des réserves prouvées, estimées ou ultimes.

Pour compléter cette approche, les carriers et l'UNICEM ont été sollicités pour compléter l'identification des gisements sur la base de leurs propres connaissances.

Les critères techniques présentés ci-après ont donc été soustraits lorsque l'information était disponible pour aboutir à l'identification de 47 gisements potentiellement valorisables pour les minéraux industriels et 55 pour les granulats.

a. Les épaisseurs valorisables

Un gisement n'est jamais ou rarement pur à 100 %. Il y a toujours des passées ou des zones de stérile qui sont inexploitablement comme par exemple un passage latéral de faciès ou une partie de la pile stratigraphique beaucoup plus marneuse (ou autre lithologie considérée comme stérile). Aussi pour bien faire, il faudrait prendre seulement l'épaisseur de gisement qui peut être valorisé. Néanmoins, le manque de données à l'échelle régionale et l'impossibilité de prendre en considération les sondages de la BSS (travail qui se serait avéré trop chronophage à l'échelle de tous les gisements de la région) ont eu raison de ce critère.

b. Le taux de découverte

Le taux de découverte correspond au rapport de l'épaisseur de la découverte sur l'épaisseur du gisement. Par exemple, un taux égal à 2 signifie qu'il faut extraire 2 m de morts-terrains avant d'exploiter 1 m de gisement. Au-delà d'un certain taux, il devient économiquement peu rentable d'exploiter et il se pose l'intérêt d'exploiter en souterrain ; ce qui peut être également peu rentable. De la même façon que l'épaisseur valorisable ce critère n'a pas été pris en compte, pour des raisons d'infaisabilité technique et d'autre part, de la très forte dépendance de cette valeur en fonction de l'usage, usage qui lui-même dépend d'autres facteurs et ne peut être connu en tout point.

c. Les surfaces valorisables

Afin de prendre en compte les contraintes d'aménagement et celles inhérentes aux exploitations en carrières, les surfaces ont été diminuées (Figure 3) :

- des secteurs dont la surface est inférieure à 10 ha au titre du mitage. Sur proposition de la profession, une superficie limitée à 3 hectares a été choisie dans le cadre de certains minéraux industriels (diatomites, pouzzolanes, feldspaths, phonolite, silice). En effet, la valeur ajoutée dans le cadre des minéraux industriels est plus importante que les granulats et des emprises de carrière plus réduites sont économiquement viables. Les gisements de calcaires pour ciments, chaux, gypse, laves pour laine de verre n'ont pas fait l'objet de cette réduction car ils peuvent être exploités en souterrain ;
- des secteurs dont la largeur est inférieure à 200 m dans le cas des gisements de granulats et d'argiles. Cette largeur a été diminuée à 100 m pour certains minéraux industriels (diatomites, pouzzolanes, etc.). Nous considérons en effet qu'il est techniquement difficile d'implanter une carrière sur une bande de terrain aussi étroite. Les gisements pour la production de ciments n'ont pas fait l'objet de réduction de cette bande car le contexte cartographique a montré que ces gisements pouvaient affleurer en forte pente et être exploités en souterrain (idem pour le gypse et les laves pour laine de verre) ;
- d'une bande périphérique de 10 m correspondant à la limite maximale d'exploitabilité de la surface autorisée par arrêté préfectoral.

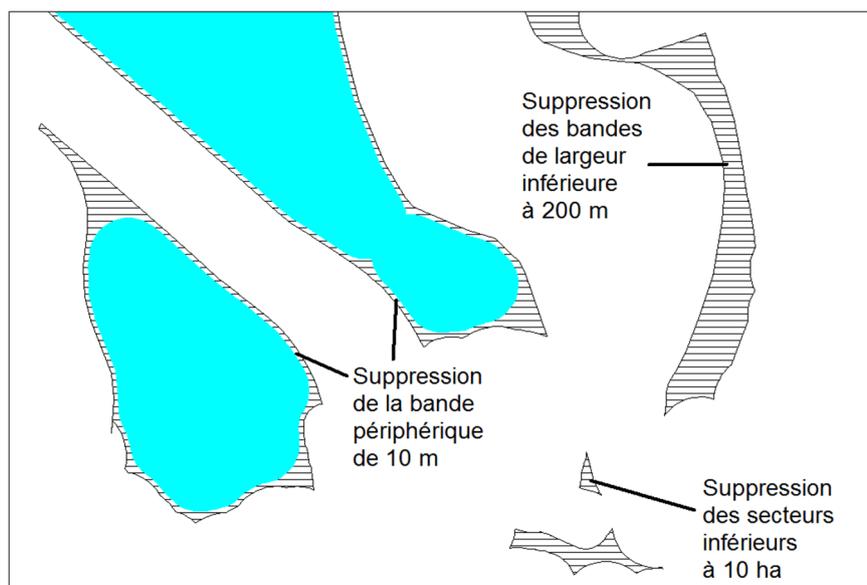


Figure 3 - Exemple de diminution des surfaces. Les zones bleues correspondent à des zones de ressources valorisables réalistes.

d. L'altitude

En Provence-Alpes-Côte d'Azur, les gisements localisés à des altitudes supérieures à 2 800 m n'ont pas été pris en compte. En Auvergne-Rhône-Alpes, il a été choisi de prendre les altitudes supérieures à 3000 m car la carrière la plus élevée qui a été exploitée (actuellement plus exploitée) est à 2 904 m d'altitude.

e. La pente

Dans les carrières de granulats en roches massives, pour des raisons techniques, il devient ardu d'exploiter des versant trop inclinées. Notamment au niveau des corniches rocheuses dans lesquelles les carrières doivent être exploitées en redans (Figure 4). Une auscultation des différentes carrières implantées au sein d'un versant fortement incliné (Figure 5) montre qu'au-delà de 66° (à partir du MNT de l'IGN au pas de 25 m), il devient très difficile d'extraire du matériau dans le gisement. Aussi, toutes les zones de gisements de granulats ou de minéraux industriels non exploités en souterrain (argile) dont la pente est supérieure à 66° ont été supprimé. Critère non appliqué aux autres minéraux industriels car il est économiquement rentable d'exploiter en souterrain.



Figure 4 - Vue sur une exploitation de carrière en redan sur un versant incliné (carrière de Saint-Joire, 74).

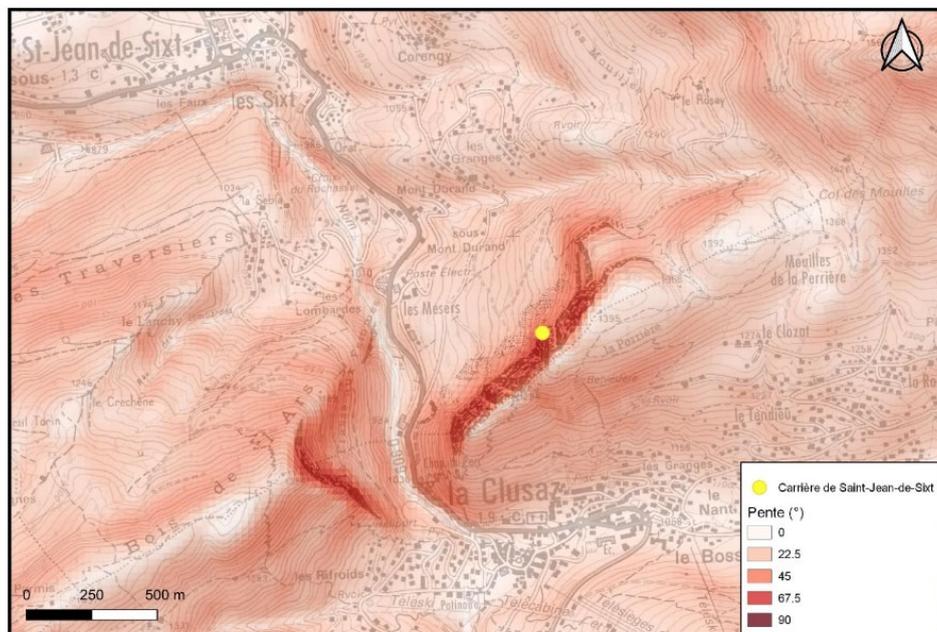


Figure 5 - Contexte des pentes à partir du MNT au pas de 25 m de la carrière des Mesers à Saint-Jean-de-Sixt.

1.5. LA GÉOLOGIE DES BASSINS DE CONSOMMATION

La géologie de l’Auvergne-Rhône-Alpes est très diversifiée et complexe. Bien que les différentes lithologies soient réparties de manière inégale sur le territoire, il est possible de manière ultra simplifiée de couper en deux la région suivant un axe nord-sud qui passe par Lyon. À l’ouest la région est principalement dominée par les roches de socle du Massif Central (Granitoïdes, métamorphites) et à l’Est par les roches de la couverture (qui recouvrent le socle) principalement composées de roches carbonatées (Figure 6).

Dans le détail, les roches de socle comme les métamorphites et les granitoïdes peuvent également se retrouver à l’Est sur une bande étroite constituant les massifs hercyniens internes des Alpes. Ces roches ont de bonnes propriétés pour l’utilisation de granulats lorsqu’elles ne sont pas altérées.

La couverture qui repose sur le socle, principalement formée de roches carbonatées (calcaires et dolomies) et qui forment les massifs périphériques alpins peuvent également servir de granulats. Ainsi, les roches massives à usage de granulats se retrouvent partout sur le territoire, seulement la lithologie du granulat sera différente en fonction de sa provenance.

Les roches à dominantes argileuses sont quant à elles principalement présentes dans les bassins d’effondrements tels que la Limagne, le Forez, la Bresse et le sillon Rhodanien.

Les roches volcaniques se retrouvent principalement dans le Cantal, Haut-Allier et le Puy de Dôme. Elles peuvent accueillir des roches spécifiques comme la pouzzolane ou la diatomite, présentes nul par ailleurs. La silice est associée pour partie au Massif Central (partie ouest de la région) au travers des filons de quartz ou bien alors par des phénomènes très localisés d’altération hydrothermale comme les quartzites de Meillers dans l’Allier.

À l’Est de Lyon, seuls les gisements des formations continentales des sables siliceux éocènes de la Drôme ont une qualité suffisante pour y être exploités.

Le gypse, quant à lui se retrouve principalement du côté oriental de Lyon au niveau des Alpes et s’intercale entre les roches carbonatées. À l’ouest de Lyon, côté Auvergne, le gypse est plus rare et n’est pas exploité, bien qu’il soit présent dans l’Allier avec la terminaison sud du Bassin de Paris qui vient lécher le nord du département.

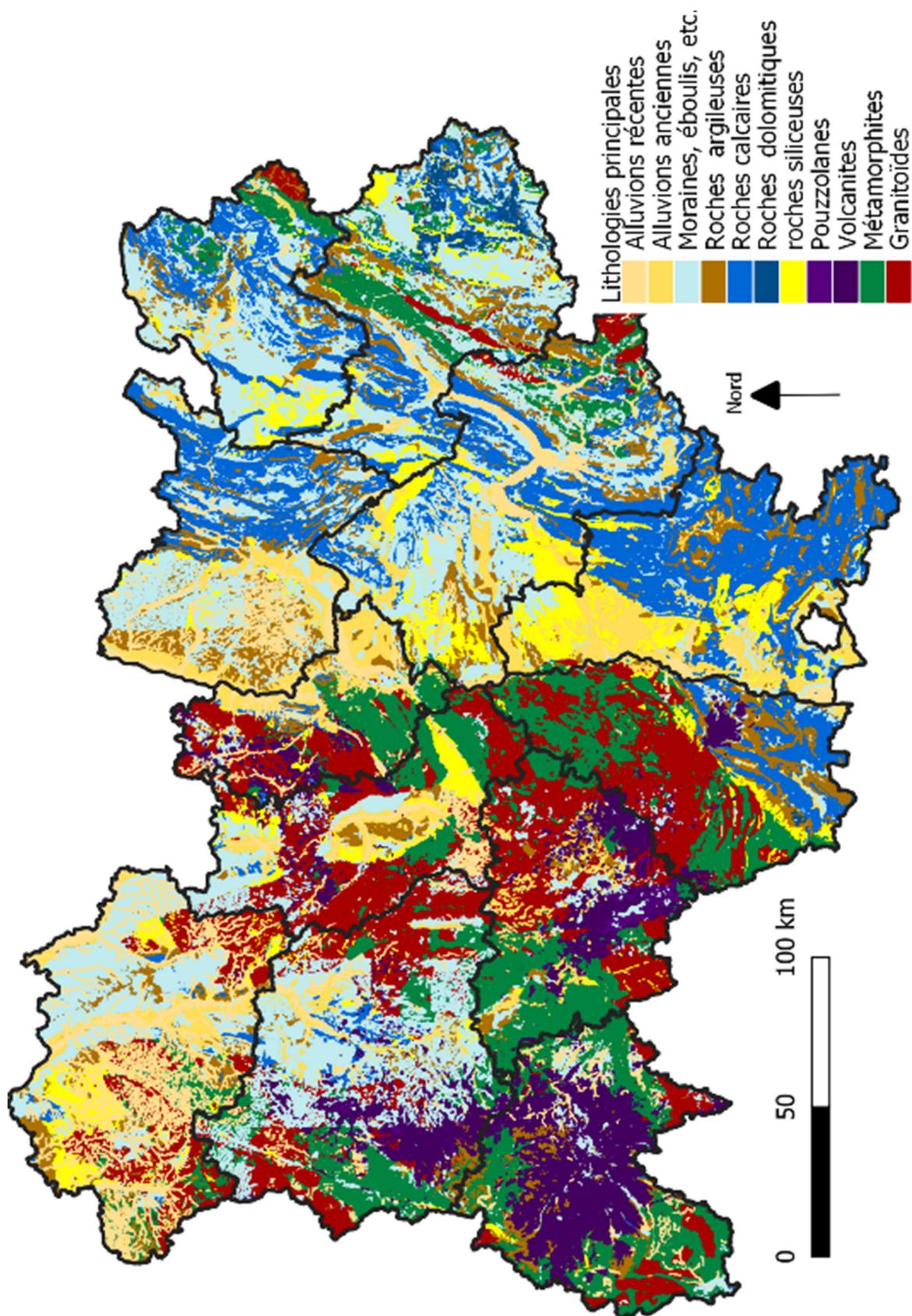


Figure 6 - Carte géologique de la région Auvergne-Rhône-Alpes suivant les lithologies principales.

Des aires ou bassins de consommation ont été définis (Figure 7). Chaque bassin de production, de par la diversité géologique recèle ses propres gisements géologiques.

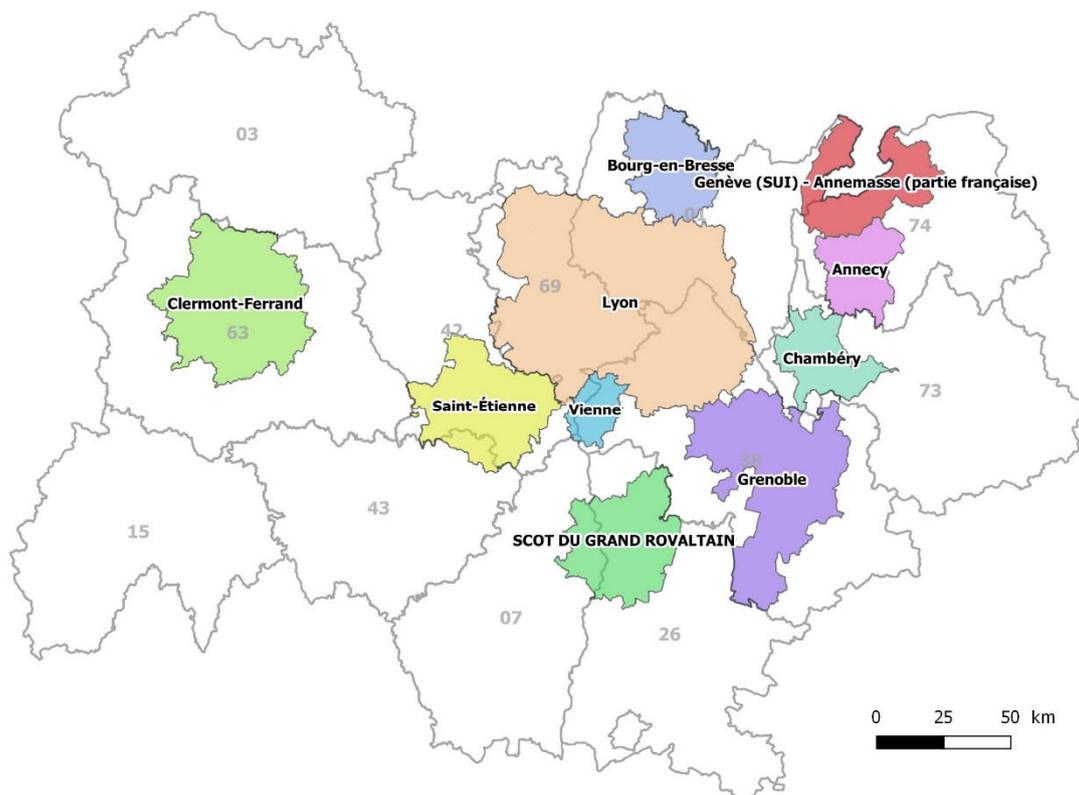


Figure 7 - Localisation des 10 bassins de consommation de la Région Auvergne-Rhône-Alpes.

1.5.1. Le bassin de consommation Genève/Annemasse

La géologie du bassin de consommation Genève/Annemasse est constitué principalement d'un bassin molassique, correspondant à la terminaison sud du « bassin molassique suisse ». Il est surtout formé de conglomérats, de grès ainsi que de dépôts marneux ou calcaires qui sont en grande partie couverts par des dépôts glaciaires quaternaires. Des chaînons jurassiens, notamment le chaînon du Salève, affleurent au sein du bassin molassique. Ces chaînons jurassiens consistent en réalité en de longs anticlinaux de matériel carbonaté d'âges jurassique et crétacé, séparés par des synclinaux molassiques, formant localement des vallées. Le bassin molassique est chevauché, dans le Nord, par un empilement de « nappes », appelées « Préalpes » par les géologues, correspondant au massif du Chablais. Au front de ces nappes préalpines apparaissent des lambeaux de molasse (molasse sub-alpine) et des zones plus ou moins discontinues de flysch sub-alpin (flysch para-autochtone). Le flysch est constitué par une alternance de bancs de grès (à base très nette) passant vers le haut à des schistes argileux.

Comme pour le bassin de consommation d'Annecy, les gisements qui ont été sélectionnés pour les minéraux industriels sont le gypse aquitain dans les grès molassiques de Haute-Savoie et de l'Ain (la quantité et la qualité reste quand même à être davantage précisées, le gypse triasique alpin se trouvent quant à lui à une cinquantaine/centaine de kilomètre à vol d'oiseau) et le calcaire kimméridgien pour le ciment qui affleure en de rares endroits sur le territoire car ce dernier se situe principalement à une dizaine de kilomètre à l'ouest du territoire.

Du point de vue utilisation des granulats, le territoire du bassin de consommation de Genève/Annemasse est principalement recouvert par les moraines et dépôts glacières quaternaires, des éboulis, des alluvions anciennes et fluvioglaciaires. Les calcaires urgoniens et les calcaires liasiques des chaînons jurassiens constituent des gisements de roches massives qui peuvent être valorisés comme substituts aux granulats en eau qui restent peu étendus sur ce bassin de consommation.

1.5.2. Le bassin de consommation d'Annecy

Au sud des Préalpes du Chablais (bassin de consommation Genève/Annemasse), sont situées les chaînes subalpines (zone dauphinoise). Elles constituent différents massifs montagneux tels que les massifs des Bauges et des Bornes. Ces chaînes sub-alpines sont surtout formées de dépôts calcaires plissés. Ces chaînes sub-alpines sont caractérisées par de grands plis dont les axes sont parallèles à la direction du front des massifs cristallins externes, situés plus à l'est du département de la Haute-Savoie. Ces grands plis sont bien marqués dans le paysage et se traduisent par l'existence de grandes barres calcaires d'âge Jurassique supérieur (Tithonien) ou Crétacé inférieur (Urgonien).

Comme pour le bassin de consommation de Genève / Annemasse, pour les minéraux industriels, seul le gisement du gypse aquitanien a été sélectionné dans les grès molassiques de Haute Savoie et de l'Ain. La quantité et la qualité de ce gypse reste quand même à être davantage précisées, le gypse triasique alpin se trouvent quant à lui à une cinquantaine/centaine de kilomètre à vol d'oiseau. Soulignons, que le gisement du gypse triasique alpin affleurement majoritairement en dehors des bassins de consommation.

Du point de vue des gisements des granulats, le bassin de consommation d'Annecy est plus riche avec notamment les moraines glacières qui affleurent majoritairement sur le territoire, ces dernières alimentent au moins un tiers des besoins en granulats béton de la ville d'Annecy. Les granulats en eau valorisables sont globalement peu étendus dans le bassin de consommation. Les gisements de calcaires urgoniens des chaînes subalpines, d'éboulis ou de molasses tertiaires peuvent également servir de granulats.

1.5.3. Le bassin de consommation de Chambéry

Le massif externe des Bauges, puis plus au sud, de la Chartreuse constituent la zone Dauphinoise en Savoie dans le bassin de consommation de Chambéry. Ces massifs sont surtout formés de dépôts calcaires plissés. Le gisement principal est constitué par les calcaires urgoniens, puissante formation de calcaires clairs à rudistes et polypiers intercalées dans les marnes crétacées, ces derniers sont localement aptes à produire de la chaux ou bien encore du granulats.

À l'ouest, la terminaison septentrionale de la chaîne du Jura constitue l'avant pays savoyard dominé par les couches calcaires plissées en anticlinal. On y retrouve le gisement de calcaires urgoniens. Au sein des massifs externes, la chaux peut également être extraite du gisement des calcaires valanginiens. À Montagnol, le gisement des marnes et marno-calcaires mal lités du Berriasien basal (appelé « Couches à ciment ») fournit le matériel d'une qualité propre à la fabrication de ciment. Les calcaires du Kimméridgien peuvent également être exploités pour du ciment. Le bassin de consommation de Chambéry est celui qui est le plus proche du gisement de gypse triasique alpin à environ une trentaine de kilomètre à vol d'oiseau.

Du point de vue des gisements des granulats, les moraines glacières en plaquage sur le substrat sont largement dominantes. Les gisements de granulats peuvent également être exploités dans les éboulis, les cônes torrentiels de déjection et les alluvions fluvi-glaciaires. Les gisements d'alluvions récentes en eau valorisables sont bien représentés au niveau de la

plaine du Grésivaudan (combe de Savoie) et au sud du lac d'Aix-les-Bains (Cluse de Savoie). Au moins trois gisements de calcaires en roches massives peuvent être exploités pour le granulats, il s'agit des calcaires urgoniens, kimméridgiens/tithoniens et berriasiens/valanginiens présents principalement dans les massifs externes.

1.5.4. Le bassin de consommation de Grenoble

Le bassin de consommation de Grenoble entièrement localisé dans le département de l'Isère est recoupé par deux domaines de l'arc alpin :

- la zone externe (ou dauphinoise), qui concerne la partie orientale du bassin de consommation. Le socle ancien y apparaît dans les « massifs cristallins externes » (massif des Belledonne, Sept-Laux). La couverture sédimentaire se développe surtout sur leur versant ouest, où elle donne les chaînes subalpines des massifs externes (Vercors et Chartreuse) ;
- le domaine périalpin, qui occupe sa moitié occidentale. La molasse tertiaire y est essentiellement représentée au niveau des terres froides au nord, tandis que d'étroits chaînons jurassiens viennent border les chaînes subalpines. Le plateau de Chambaran au sud est formé par les calcaires miocènes.

À Sassenage, dans le Vercors, une carrière exploite le gisement des calcaires de l'Urgonien inférieurs et supérieurs pour la fabrication de carbonates. Il s'agit de calcaires massifs clairs et très purs. Les calcaires intermédiaires (calcaires de la Vire à Orbitolines) sont utilisés pour la fabrication de granulats. La carrière de La Buisse exploite les calcaires valanginiens des contreforts du massif de la Chartreuse. Le gypse triasique au niveau de Vizille constitue un gisement pour la fabrication entre autre de plâtre. Les gisements de sables siliceux éocène de la Drôme (Sables siliceux bariolés blancs et rouges) s'étendent dans la partie orientale du bassin de consommation.

Du point de vue des gisements de granulats, les alluvions en eau sont bien représentées dans la plaine du Grésivaudan et du sud Grésivaudan dans le domaine périalpin. La formation meuble la plus représentée reste néanmoins les moraines glaciaires. Les autres gisements sont représentés par les alluvions fluvio-glaciaires, les cônes torrentiels de déjection, les éboulis et colluvions et la formation argilo-caillouteuse de Chambaran-Bonnevaux en plaquage sur les calcaires miocènes du plateau de Chambaran. Ces derniers calcaires constituent d'ailleurs un gisement de granulats en roches massives dans le domaine périalpin. Les autres gisements de calcaires sont situés dans les massifs externes de la zone dauphinoise (Vercors et Chartreuse) ; il s'agit des calcaires berriasiens/valanginiens, sénoniens et urgoniens.

1.5.5. Le bassin de consommation du Scot du Grand Rovaltain

La géologie du bassin de consommation du Scot du Grand Rovaltain se partage en trois domaines.

Le premier domaine à l'ouest, est une partie du Massif Central (Vivarais) composé de terrains cristallins et cristallophylliens. Les gisements de roches massives comme les granitoïdes hercyniens ou les métamorphites du Pilat et du Vivarais peuvent produire du granulats. Quelques pointements du gisement de calcaires kimméridgiens/tithoniens en roches massives pour granulats bordent la limite orientale du Massif Central.

Du point de vue minéraux industriels, à Larnage, une carrière exploite un gisement d'argile issue de l'altération du socle cristallophyllien et d'une qualité exceptionnelle, qui doit sa couleur blanche au kaolin présent en grande proportion dans sa composition (terre blanche) et

dépourvue d'oxyde de fer. Sa résistance pyroscopique supérieure à 1630°C en fait une terre particulièrement réfractaire.

Le second domaine est constitué par les formations de la plaine de Valence. Les alluvions en eau sont assez rares et affleurent davantage au sud du bassin de consommation. C'est surtout les alluvions anciennes, fluvio-glaciaires et celles correspondantes à des cônes de déjection qui sont abondantes sur le secteur. Au nord, la formation argilo-caillouteuse de Chambaran-Bonnevaux apparaît en plaquage sur le gisement de la molasse tertiaire et non sur les gisements des calcaires miocènes du plateau de Chambaran comme dans le bassin de consommation grenoblois.

Le troisième domaine est constitué par le massif du Vercors, massif des Préalpes, à cheval sur l'Isère et la Drôme et offre comme gisement de granulats en roches massives les calcaires urgoniens. Le gisement des éboulis y est forcément représenté à cause du relief en altitude de ce massif. Du point de vue minéraux industriels, les gisements de sables siliceux éocènes de la Drôme sont des dépôts fluviaux lenticulaires, piégés dans des poches karstiques (versant ouest du massif du Vercors), avec des épaisseurs de plusieurs dizaines de mètres. Le sable siliceux peut être de haute pureté, et en partie destiné à la verrerie (cas de la petite carrière Peysson d'Oriol-en-Royans, limitrophe au bassin de consommation), mais aussi mélangé avec du kaolin (10 - 12 %, qui est alors valorisé pour un usage en céramique, cas des gisements d'Hostun). Les réserves sont d'environ 10 Millions de tonnes.

1.5.6. Le bassin de consommation de Vienne

Le bassin de consommation de Vienne est constitué par la terminaison septentrional du massif cristallophyllien du Pilat à l'Ouest et la vallée du Rhône à l'Est.

Du point de vue des minéraux industriels, seul le gisement des Löss et limons majoritairement würmiens affleurent sur ce bassin. Ce gisement est exploité un peu à l'extérieur au niveau de Givors pour la fabrication de tuiles vernissées qui ont été utilisées notamment pour la couverture de l'Hôtel-Dieu, à Lyon. On lui doit également les fameuses tuiles vernissées qui ornent le toit du monastère royal de Brou à Bourg-en-Bresse ou encore celui des Hospices de Beaune.

Du point de vue des granulats, les alluvions en eau sont bien représentées au sud de Condrieu. Dans la catégorie des roches meubles, les alluvions fluvio-glaciaires et les moraines glaciaires constituent des gisements valorisables, tandis qu'en roches massives, il est possible d'utiliser les granitoïdes hercyniens et les métamorphites du Pilat pour fabriquer du granulats.

1.5.7. Le bassin de consommation de Lyon

Dans le bassin de consommation de Lyon, on distingue trois grandes unités géomorphologiques bien individualisées : la retombée orientale du Massif Central, la dépression médiane ou fossé et le Jura.

Le Massif Central est le témoin d'une ancienne chaîne de montagne qui s'est formée lors de l'orogénèse hercynienne à la fin de l'ère primaire. On observe du nord au sud deux unités tectoniques et métamorphiques différentes :

- l'unité de la Brévenne : vestige d'une ancienne croûte océanique apparue dans le socle gneissique anté-dévonien. Au sein de cette unité, le bassin sédimentaire de Sainte-Foy l'Argentière est un bassin daté du Stéphaniens supérieur. Il fait 11 km de long sur maximum 2 km de large et s'individualise au sein de la série volcano-sédimentaire de la Brévenne.

Les dépôts sont constitués d'alternances, d'argiles et d'arkoses sur plusieurs centaines de mètres qui constituent le gisement d'argile de Sainte-Foy ;

- La série des Monts du Lyonnais où affleure le socle cristallophyllien. Cette chaîne, dite varisque, a ensuite été presque totalement émergée durant l'ère secondaire. Le socle a été soumis à l'érosion le transformant en une vaste pénéplaine. La mer envahit les bassins, déposant des sédiments gréseux au Trias, puis des alternances de marnes et calcaires au Jurassique. Des buttes témoins de cette période sont visibles au nord-ouest de Lyon : Mont d'Or et Monts du Bas Beaujolais qui fournissent le gisement exploité pour le ciment dans le val d'Azergue. Ces gisements regroupent plusieurs séries lithostratigraphiques qui s'étalent du Sinémurien au Bathonien en passant par l'Aalénien et le Bajocien inférieur qui forment le faciès dit « Pierre dorée » constitué de calcaires bioclastiques jaune orange à entroques et silex blancs.

La dépression médiane ou fossé est rectiligne dans son ensemble, mais plus complexe dans le détail. En effet, la bordure ouest est limitée par une succession de failles en escalier (Figure 8), plus ou moins nombreuses et d'orientations mixtes (principalement rhodanienne, mais également hercynienne). C'est dans ce bassin d'effondrement que se déposent les gisements des argiles plio-quadernaires de la Bresse et des Dombes. Le début du Quaternaire est marqué par une phase d'érosion intense et par quatre grandes glaciations (Günz, Mindel, Riss et Würm). Les glaciers alpins se sont avancés jusqu'au Massif Central. L'épaisseur de ces glaces a alors atteint près de 90 mètres à Lyon. Ils ont laissé sur les reliefs préexistants des dépôts morainiques d'épaisseurs variables. A l'aval du front maximum glaciaire, et au cours des stades successifs de retrait, se sont mis en place des dépôts fluvio-glaciaires. Des dépôts argileux éoliens issus de ces glaciers ont formés le gisement de loess du Lyonnais et du Pilat exploité dans le bassin de consommation de Vienne.

La bordure orientale correspond au Jura et à l'île Crémieu, avec les gisements de calcaires bajociens, oxfordiens supérieurs et kimméridgiens autour de Montalieu-Vercieu qui servent à la fabrication du ciment.

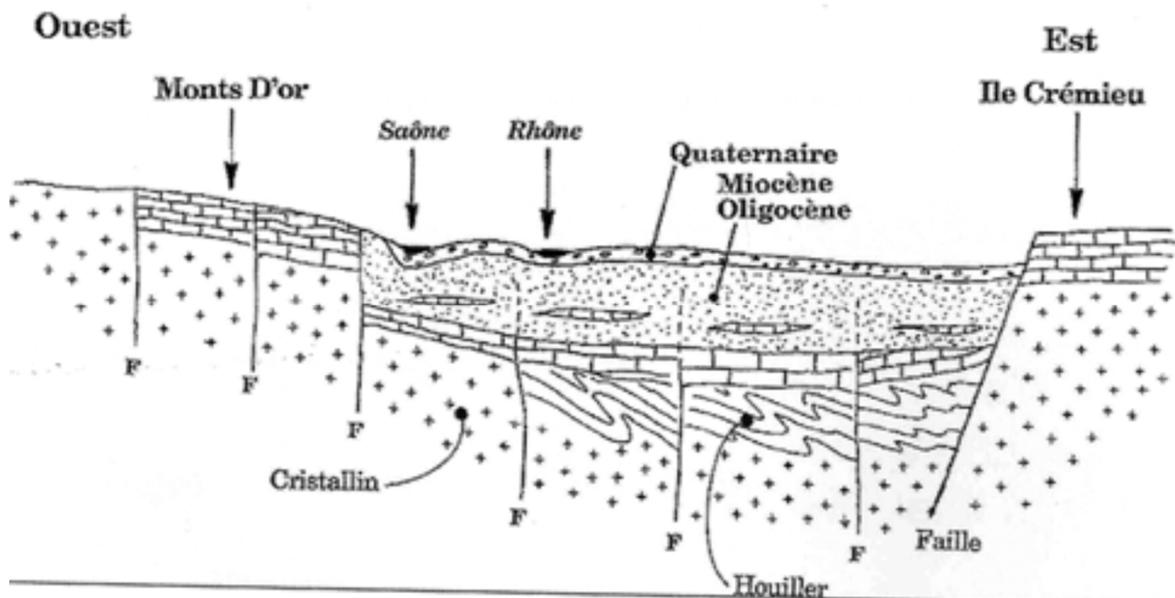


Figure 8 - Coupe schématique du fossé au niveau de Lyon. N. Mongereau (2001).

Du point de vue des gisements de granulats, les gisements d'alluvions en eau du Rhône et de la Saône sont principalement localisés en aval de Lyon. Les gisements de roches meubles du même type mais qui ne sont pas en eau sont les moraines glaciaires qui sont surtout centrées

au Sud et à l'Est du fleuve Rhône, le bassin argileux de la Bresse étant vierge de ces formations. Il en est de même pour les gisements valorisables liés aux alluvions anciennes, fluvio-glaciaires, dépôts glacio-lacustres et les cônes torrentiels de déjection. Les gisements d'éboulis sont plutôt localisés à l'Est sur le domaine jurassien. Pour les gisements en roches massives, c'est également dans le Jura que nous retrouvons les gisements de type carbonaté comme les calcaires du Dogger et ceux d'âge kimméridgien/tithonien. Au sud du Jura, dans les terres froides, affleure le gisement des calcaires miocènes. Le reste des gisements en roches massives pour la fabrication de granulats sont centrés sur les massifs de socle cristallophyllien comme le complexe volcano-sédimentaire dévono-viséen, les granitoïdes hercyniens, les métamorphites des Monts du Lyonnais, du Pilat, du Beaujolais avec notamment l'Unité du Ronzière et du Callet ainsi que l'unité de la Brévenne.

1.5.8. Le bassin de consommation de Bourg-en-Bresse

Les formations présentes sur le bassin de consommation de Bourg-en-Bresse sont toutes d'origine sédimentaire et s'étagent depuis le Mésozoïque jusqu'à la période récente à actuelle. On distingue à l'Est la chaîne jurassienne et à l'Ouest le domaine de la Bresse.

La chaîne du Jura est constituée essentiellement de terrains mésozoïques (surtout jurassiques) localement recouverts de formations superficielles quaternaires parfois bien développées (principalement dépôts glaciaires). Parmi l'ensemble et la diversité des roches carbonatées qui structurent le Jura, les calcaires kimméridgiens constituent un gisement pour la fabrication de ciment.

Les plaines de l'Ouest (domaine de la Bresse) sont quasi exclusivement constituées en surface de terrains pliocènes et quaternaires (glaciaires et périglaciaires). Les terrains pliocènes à quaternaires affleurent largement dans la partie bressane (au sens stricte géographique). Ce sont des sables, des argiles, des cailloutis, des marnes (« marnes de Bresse ») déposés en milieu continental fluvial à fluvio-lacustre. Les « marnes de Bresse » constitue un important gisement d'argile.

Du point de vue granulats, les alluvions récentes valorisables (en eau) semblent bien conservées au niveau de la plaine des Dombes et des affluents de la Saône. Elles présentent en tout cas une extension plus importante que les alluvions fluvio-glaciaires et les alluvions anciennes qui sont hors d'eau. Les gisements d'éboulis et les colluvions, d'extensions anecdotiques, sont centrés sur le domaine jurassien. Au sein de cette chaîne la série calcaire non subdivisée du Dogger ainsi que celle du Kimméridgien/Tithonien et du Berriasien/Valanginien constituent des gisements de granulats en roches massives qui peuvent être concassées pour une exploitation en granulats.

1.5.9. Le bassin de consommation de Saint-Étienne

Dans le bassin de consommation de Saint-Étienne, on distingue quatre grandes unités géomorphologiques bien individualisées : le Bassin houiller de Saint-Etienne intercalé entre le massif du Pilat et les Monts du Lyonnais et enfin la plaine du Forez au Nord.

Le Bassin houiller de Saint-Étienne est constitué de terrains sédimentaires de type grès, argile schiste et charbon. Les argiles constituent un gisement valorisable.

Le Massif du Pilat, séparé du bassin houiller par un grand accident tectonique (faille normale) est constitué de deux ensembles de natures lithologiques différentes. Le premier ensemble est constitué par une série de roches métamorphiques d'âge primaire allant de chloritoschistes à des gneiss à cordiérite, en passant par des micaschistes à biotite, à cordiérite, à sillimanite

et des gneiss à deux micas. Le second, séparé de la série métamorphique par un accident, est un complexe granitique également d'âge hercynien, avec des leptynites et des anatexites. Les roches magmatiques présentes dans cette zone sont toutes des granites. On trouve des granites à biotite, à muscovite, des granites monzonitiques et des leucogranites.

Les Monts du Lyonnais forment la bordure est des Bassins du Forez et peuvent se diviser en deux zones. Immédiatement au nord du bassin houiller stéphanois, la série métamorphique du Lyonnais chevauche les sédiments primaires du bassin : les roches présentes sont essentiellement des gneiss à deux micas, à cordiérite et sillimanite, ocellés ou migmatitiques, ainsi que des migmatites. Plus au nord, le deuxième ensemble est constitué de roches magmatiques. L'âge de ces roches, comme pour les Monts du Forez et le Massif du Pilat, est hercynien.

Le Bassin du Forez est un bassin extensif, caractérisé par la présence de grandes failles normales situées à sa bordure. Les terrains sont d'origine sédimentaire et correspondent à des dépôts fluviaux et lacustres. On trouve ainsi des argiles, des sables, des conglomérats en bordure de bassin, mais également des calcaires et marnes lacustres. Ces zones de dépression sont devenues la plaine de la Loire, et les dépôts alluviaux du fleuve, constitués de limons, de sables et de graviers, recouvrent donc une partie des sédiments tertiaires. D'âges Oligocène/Miocène, les marnes et argiles plastiques riches en illite constituent des gisements de choix pour les fabricants de briques et terre cuite.

Du point de vue des granulats, les alluvions récentes en eau sont bien développées dans la plaine du Forez tout comme les alluvions anciennes hors d'eau qui sont étroitement liées aux premières avec une extension plus importante. Les roches massives pour la fabrication de granulats peuvent être trouvées dans les gisements importants de granitoïdes hercyniens, des roches métamorphiques (unité inférieure des gneiss du Massif Central) et les grès localisés au bassin houiller de Saint-Etienne.

1.5.10. Le bassin de consommation de Clermont-Ferrand

Si l'on excepte les granites calco-alcalins à biotite et cordiérite du massif de Saint-Dier et les métamorphites du Livradois de la chaîne hercynienne qui affleurent pour une toute petite part au sud-est du bassin de consommation de Clermont-Ferrand, trois unités géologiques structurent le territoire du bassin de consommation.

La plaine de la Limagne occupe la partie centrale, le plateau des Dômes avec ses terrains hercyniens cristallophyllien et enfin les volcans quaternaires de la Chaîne des Puys. Plus précisément, la Chaîne des Puys s'est édifiée sur le horst granitique du plateau des Dômes culminant à environ 1 000 m d'altitude et dominant le fossé d'effondrement (demi-graben) de la Grande Limagne s'étalant vers 300 m d'altitude à l'est. La plaine de la Limagne correspond au remplissage sédimentaire oligocène du fossé d'effondrement.

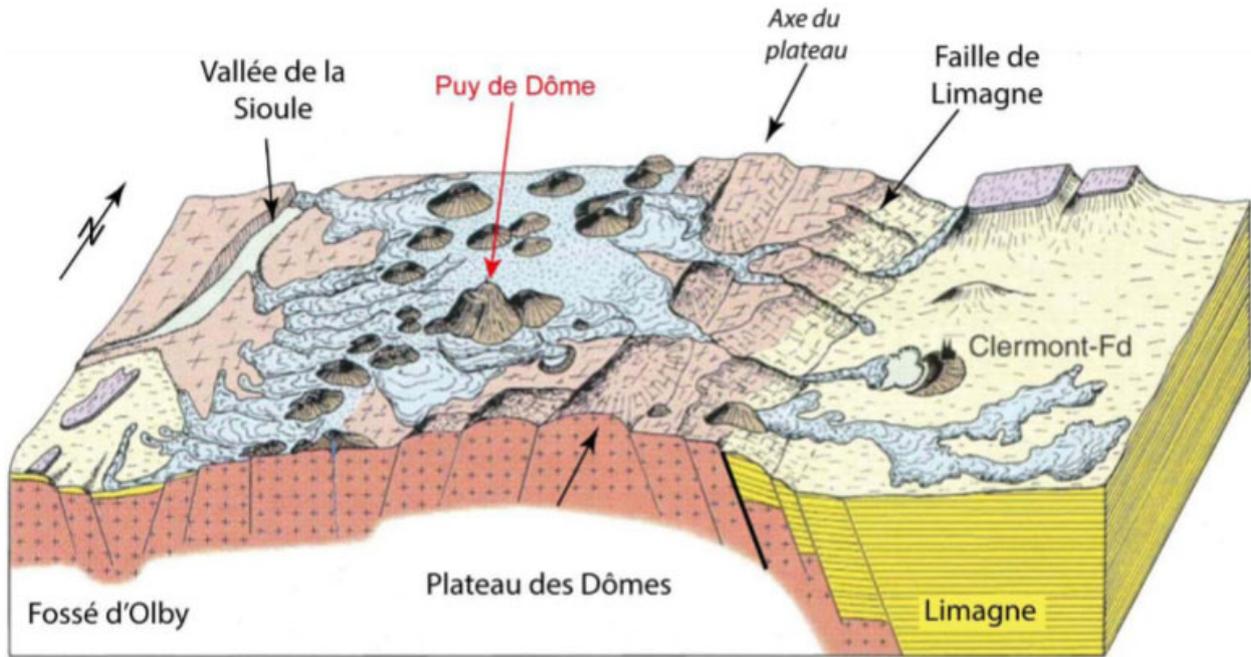


Figure 9 - Bloc diagramme montrant les trois unités géologiques (Horst cristallin hercynien (plateau des Dômes), Graben de la Limagne oligocène et Chaîne des Puy quaternaire) modifiée d'après Boivin et al., 2009.

Les gisements en minéraux industriels que l'on rencontre à l'intérieur du bassin de consommation sont :

- les gisements de pouzzolane quaternaire de la Chaîne des Puy sont actuellement exploités au Puy du Ténuzet et au Puy de la Toupe ;
- les gisements de calcaires oligo-miocènes des Limagnes pour la fabrication du ciment ;
- les laves de Volvic comme pierre ornementale ;
- un gisement de laves basanites mio-pliocènes pour laine de verre actuellement non exploité au sud du bassin ;
- quelques gisements de quartz pur en lien avec des filons de quartz non exploités.

Du point de vue des gisements de granulats, le gisement des alluvions récentes en eau est principalement localisé sur l'Allier, tout comme celui des alluvions anciennes hors d'eau qui est étroitement lié avec le premier. Les gisements d'éboulis et de colluvions sont centrés dans le Livradois au sud-est du bassin de consommation, tout comme les gisements de granulats en roches massives issus de l'unité supérieure des Gneiss et des granitoïdes hercyniens. La région des Combrailles fournit également d'excellents gisements de roches massives qui sont :

- métatexites (ou migmatites) ; (gisement : « *Métamorphite d'Ussel-Chavanon* » pour cette étude) ;
- monzogranites ; (gisement « *granitoïdes hercyniens* » pour cette étude) ;
- tufs rhyolitiques de Manzat ; (gisement « *Complexe volcano-sédimentaire dévonoviséen* » pour cette étude) ;
- métamorphites de la Sioule – Aigurande.

Le reste des gisements de granulats en roches massives sont représentés par les volcanites à savoir :

- volcanisme du Sancy ;
- volcanisme du plateau des Dômes ;
- pouzzolanes du Mont-Dore ;
- pouzzolanes de la Chaîne des Puys ;
- volcanisme de la Petite Chaîne des Puys ;
- volcanisme de la Chaîne de la Sioule ;
- volcanisme du Mont-Dore.

Ces gisements sont surtout localisés à l'ouest du bassin de consommation et se concentrent sur le horst cristallin et son flanc oriental vers la plaine de Limagne (Figure 9).

2. Les minéraux industriels

2.1. LES GISEMENTS

La recherche des gisements s'est effectuée à l'aide d'une revue bibliographique, et du croisement entre la géologie harmonisée à l'échelle départementale et les carrières ouvertes de la base CARMA du BRGM. Lorsque cela était possible et lorsque cela apportait un intérêt les carrières fermées ont également été exploitées. Lorsqu'il existait une incohérence entre le croisement géologique et les substances exploitées par la carrière, une étude plus détaillée sous SIG permettait de s'affranchir des formations superficielles afin de caractériser le gisement sous couverture qui est exploité. De même, de légères incohérences dues au placement peu précis des carrières ou aux tracés des contours géologiques obsolètes ont dû faire l'objet d'analyses plus poussées afin de bien caractériser le gisement exploité. Ce travail s'est avéré très chronophage, aussi, l'exhaustivité n'est pas assurée.

2.1.1. Les argiles (sens large)

Les argiles communes

Nous avons recherché majoritairement des argiles illitiques, plus faciles à façonner et à sécher que des kaolinites et smectites dans le cas de la fabrication des briques et céramiques. Les gisements d'argiles sont variés, nous avons les :

- argiles des formations stéphanien de Sainte-Foy-l'Argentière ;
- argiles oligocènes du bassin de la Loire ;
- argiles tertiaires de la Haute-Loire ;
- argiles oligo-miocènes de la Loire ;
- argiles et Löss du Lyonnais et du Pilat ;
- argiles plio-quadernaires de Bresse et des Dombes.

Argiles des formations stéphanien de Sainte-Foy-L'Argentière

Le Stéphanien supérieur (h5b du bassin de Sainte-Foy-l'Argentière) comprend des conglomérats, grès arkosiques, schistes micacés et couches des charbonneuses. Le bassin houiller de Sainte-Foy-l'Argentière est un fossé tectonique de 11 km de long sur une largeur de 1,5 à 2 km. L'épaisseur totale du Houiller du bassin de Sainte-Foy-l'Argentière est supérieure à 600 m et pourrait même, localement dépasser 1 000 m. L'argile alterne avec les grès.

Argiles autuniennes du bassin d'Aumance

Le gisement exploité est situé sur la bordure occidentale du bassin l'Aumance. Ce bassin sédimentaire commence à se former durant le Stéphanien par un rejeu en faille normale des accidents cisailant tardi-hercinien (faille de Sancerre-Sancoins, sillon houiller...).

Le bassin est donc coincé entre le horst de l'Aumance à l'Ouest et le massif de Montmarault au sud-est. Le substratum granitique a joué en un système de horst et graben, sur lequel viendront se déposer des sédiments carbonifères, permien et triasiques.

La coupe (Figure 10) schématise le contexte structural du bassin de l'Aumance avec le substratum granitique découpé et les dépôts stéphanien et permien déposés dessus.

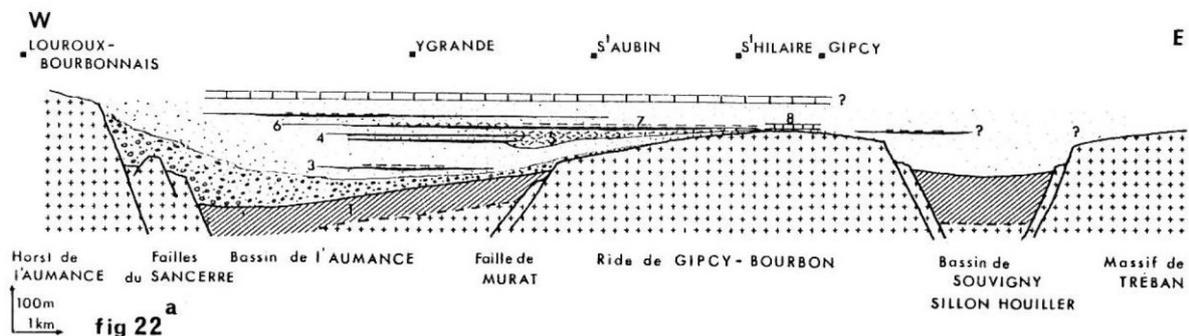


Figure 10 - Coupe géologique du bassin de l'Aumance.

Le gisement exploité se situe dans les dépôts Autunien du bassin, plus précisément sur la séquence nommée Assise de Reniere. D'après les données bibliographiques il s'agit d'une séquence grésopélitique de 200 à 300 m de puissance avec des passées d'argiles.

Argiles tertiaires de la Haute-Loire

Le bassin de Brioude, dit encore Limagne de Brioude constitue la terminaison méridionale du bassin des Limagnes qui est un ensemble de grabens d'orientation générale nord-sud.

La Limagne de Brioude, est un fossé d'effondrement remblayé par des sédiments détritiques dans lesquels s'intercalent quelques niveaux carbonatés. Le sondage de Cohade, implanté à l'altitude de 415 m, a traversé 358 m de sédiments avant de toucher le socle constitué de sédiments houillers. Le bassin de Brioude a fait l'objet d'une étude sédimentologique qui a montré l'existence de deux séquences. Le gisement se situe dans la première séquence qui se définit comme suit :

- à la base se trouvent les formations sidérolithiques d'âge Crétacé inférieur (140 Ma). Elles se situent en bordure du bassin, contre le socle cristallin, esquissant un paléorelief perturbé par les accidents cassants du Tertiaire. Enfouis sous les formations oligocènes, ces paléosols ont été exhumés par l'érosion ;
- sur le sidérolithique, reposent des argiles rouges plus ou moins sableuses, puis des argiles sableuses bariolées qui passent à une puissante formation sablo-argileuse jaunâtre ou grisâtre.

Argiles oligocènes du bassin de la Loire

Tous comme les « argiles tertiaires du bassin de la Haute-Loire », ces argiles se sont déposées dans les bassins d'effondrement tertiaires.

L'oligocène affleure dans le bassin sédimentaire de Roanne, il est constitué de dépôts fluviolacustres La répartition des faciès incite, dans l'état actuel des connaissances, à considérer la lithostratigraphie du bassin de Roanne de la manière suivante :

- sables grossiers, graviers et blocs : ces faciès sont surtout développés sur la bordure occidentale mais se retrouvent en fait tout autour du bassin ;

- argiles et sables : puissant ensemble représenté par les argiles de Perreux et de Mably traversées par le sondage de Roanne, ainsi que par des faciès de bordure comme les argiles sableuses du Mayolet et de Commelle ;
- argiles, marnes et calcaires : faciès argilo-calcaires situés vers le centre du bassin (angle nord-ouest de la feuille) ;
- sables et argiles : en équivalence probable avec les marnes, ce dernier épisode se traduit par certains faciès sablo-argileux de la rive droite.

Seules les formations argileuses ont été sélectionnées pour le contour du gisement.

Argiles oligo-miocènes de la Loire

À l'Oligo-Miocène, la montée du horst du Forez a entraîné la formation et l'approfondissement progressif de la plaine du forez (appelée par certains auteurs « bassin de Montbrison ») par subsidence et par le jeu des failles de bordure, contrecoup de mouvements alpins. Ce fossé se comble progressivement par le dépôt des formations continentales, torrentielles et lacustres.

On distingue 4 ensembles cartographiques en fonction de critères sédimentologiques et minéralogiques :

- les faciès de bordures, constitués de blocs, graviers, sables argileux et argiles rouges, disposés à la périphérie du bassin et auxquels sont associées les formations argilo-sableuses de la dépression de l'Onzon ;
- les sables et argiles de Sainte-Foy, ensemble médian qui se caractérise par des alternances de sables plus ou moins grossiers peu argileux et d'argiles grises, beiges ou verdâtres ;
- les sables de Poncins, plus évolués, moins feldspathiques, alternant eux aussi avec des lits argileux verdâtres ;
- les argiles et marnes vertes, nommées localement « lauzes », qui affleurent sur la rive droite de la Loire, près de Feurs.

Seules les formations argileuses ont été sélectionnées pour le contour du gisement.

Argiles plio-quadernaires de Bresse et des Dombes

Les terrains pliocènes à quadernaires affleurent largement dans la partie bressane (au sens stricte géographique) du département de l'Ain. Ce sont des sables, des argiles, des cailloutis, des marnes (« marnes de Bresse ») déposés en milieu continental fluvial à fluvio-lacustre. L'ensemble de ces formations est en partie recouvert par les sédiments glaciaires et périglaciaires quadernaires des périodes du Riss et du Würm. Ces dépôts sont parfois épais (plusieurs dizaines de mètres) et s'étendent sur des superficies importantes : ils recouvrent notamment l'essentiel du territoire des Dombes et du Sud de la Bresse. On observe principalement dans cette région des dépôts morainiques, fluvio-glaciaires et fluvio-lacustres surmontés de loess (limons). D'un point de vue lithologique, ces formations sont constituées de dépôts de granulométrie très variable (blocs, galets, graviers, sables, limons et argiles).

Les argiles sont néanmoins localement prépondérantes.

Les argiles nobles

L'Argile Verte du Velay est un minéral naturel de type silicate d'aluminium à structure feuilletées (phyllosilicates). C'est une argile unique car composée naturellement d'un mélange de 3 argiles aux propriétés et vertus complémentaires (majoritairement composée d'illite, de kaolinite et de montmorillonite). L'argile verte du Velay ne contient pas de quartz.

L'argile verte est issue de formations continentales tertiaires, les dépôts sont principalement composés de sable et de kaolinite à l'Éocène terminal – Ludien.

Le gisement d'argile verte, exploité depuis 20 ans est pérenne jusqu'en 2040.

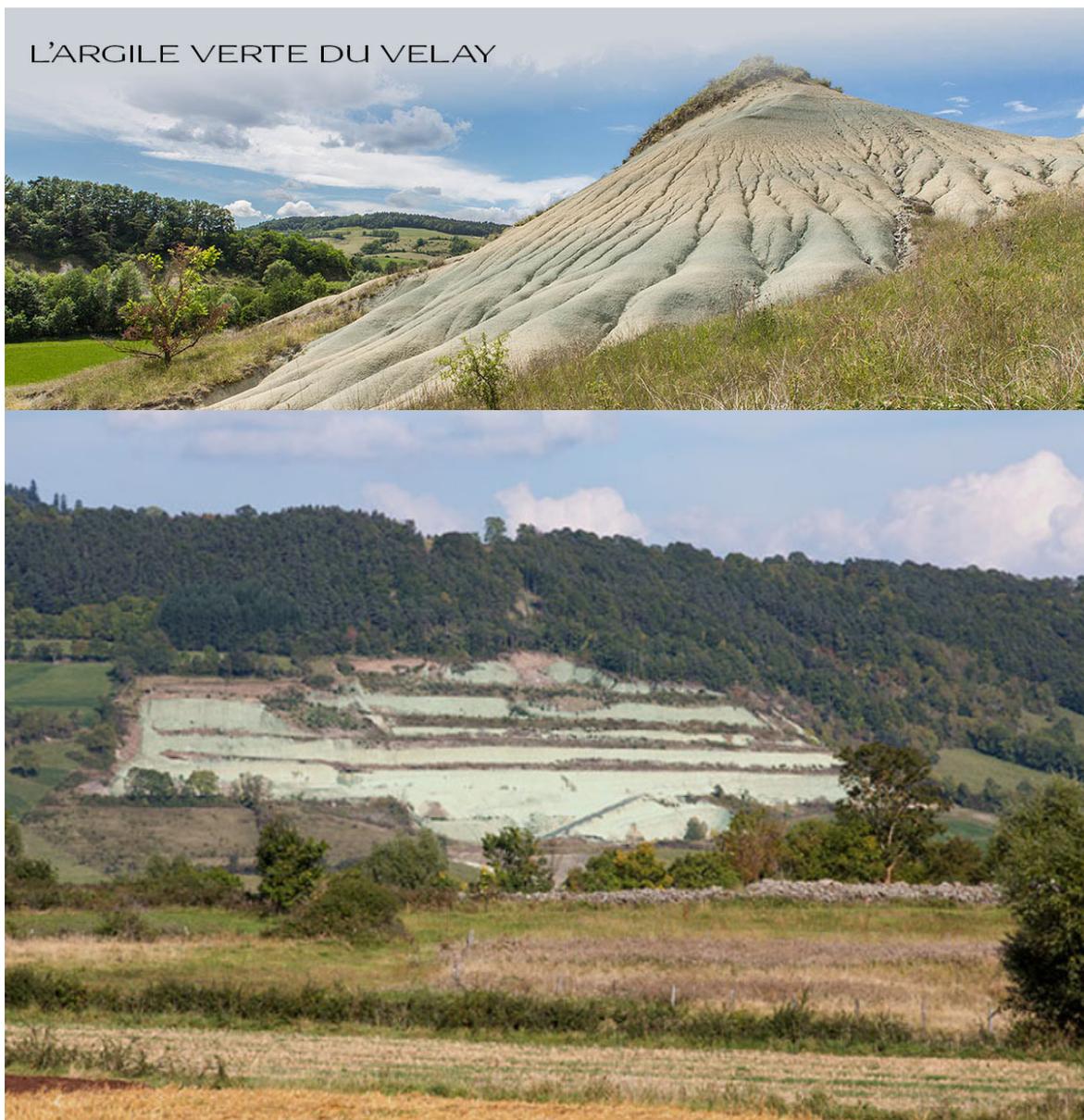


Figure 11 - Argile du Velay est le leader de la production d'argile verte en France.

Feldspath, Kaolin

À partir de 1982-1983, Coframines, filiale du BRGM, a pu développer un secteur « kaolin » de bonne qualité à partir du gisement d'Échassières, dans l'Allier, exploité en carrière. La Société des Kaolins de Beauvoir (SKB) s'est retrouvée majoritaire dans l'association avec les Kaolins d'Arvor (Morbihan) et la société SIKA dans la Drôme (Allier, France, 1982).

Les gisements sont constitués par des intrusions granitiques polyphasées au sein des micaschistes de la série de la Sioule. Il s'agit du granite des Colettes, massif de forme circulaire d'environ 7 km² de superficie constitué d'un granite porphyroïde à 2 micas et du granite de Beauvoir, sorte d'apophyse d'extension très limitée sur la bordure sud du massif des Colettes formée d'un granite blanc à albite (Figure 12) et lépidolite enrichi en Sn, Nb, Ta, Be et appauvri en K, Fe et Ti.

Les massifs granitiques sont constitués par de l'albite qui a subi un hydrothermalisme avec une kaolinisation de l'ensemble des faciès granitiques à proximité de la surface avec formation de kaolin de qualité distincte suivant la nature des formations altérées.

Le kaolin extrait à partir du granite des Colettes est principalement destiné au marché du sanitaire tandis que celui du granite de Beauvoir est destiné aux marchés du carrelage et de la porcelaine.



Figure 12 - Affleurement de Kaolin à d'Échassières, BRGM copyright .

Les argiles kaoliniques et sables feldspathiques du nord de la Drôme se situent à l'interface entre deux zones de nature géologique distincte : le socle cristallin Hercynien (380 – 290 Ma) du Massif Central et le bassin sédimentaire tertiaire du bas Dauphinois (Miocène-Pliocène).

Le granite porphyroïde de Tournon, est situé pour partie en rive Est du Rhône entre Saint-Barthélémy de Vals et Tain-l'Hermitage. Il a pour particularité de former en partie la bordure Est du socle cristallin du Massif Central et présente des phénocristaux pluri-centimétriques de feldspaths alcalins. Sous l'action de l'eau (d'origine météorique et/ou hydrothermale), ces feldspaths ont subi une hydrolyse formant de la kaolinite ainsi que de la silice ce qui confère une teinte très claire à la roche (Figure 13).

Il existe deux types de gisements : les gisements primaires (appelés kaolin) avec altération de la roche mère et formation in-situ de la kaolinite ; et les gisements secondaires (appelés argiles kaoliniques) issus de l'érosion, transport puis accumulation de la kaolinite primaire.

Selon la notice de la Carte Géologique de Tournon 1/50 000, les dépôts nord Drôme issus du granite de Tournon se seraient formés soit à l'Éocène soit à l'Oligocène.



Figure 13 - Carrière de kaolin sur la commune de Larnage, Drôme (photo Delmonico-Dorel).

2.1.2. Talc

Une seule carrière (commune de Saint-Colomban-des-Villards) qui semble t'il a pu exploiter du talc en souterrain est présente dans la base CARMA. Repéré sur la carte IGN, cette carrière est maintenant fermée. Elle est localisée dans les formations de la « Série verte » du Massif de Belledonne (Banc de cipolin avec talc et serpentine, Paléozoïque inférieur. Une autre carrière souterraine (absente de la base CARMA) est présente sur la commune d'Argentine au sein de la « Série verte » du Massif de Belledonne (Figure 14). La carrière souterraine a été ouverte en 1918. 2 000 tonnes par an auraient été extraites de l'exploitation, avec un pic à 2 800 tonnes en 1955. Jusqu'en 1925, ce sont de petits exploitants qui tireront les ressources. Elle sera ensuite exploitée par monsieur Durbet jusqu'en 1962, date de fermeture.

Seules ces deux carrières sont connues dans la région AURA. En Haute-Loire, des recherches de talc ont été réalisées dans un pointement de serpentine au sein des gneiss migmatitiques sur la commune de Blassac sans donner de résultat économiquement probant.

Ces gisements ne sont pas assez d'importance du point de vue économique. Ils n'ont donc pas fait l'objet de cartographie de gisement.



Figure 14 - Galerie de la carrière souterraine de talc sur la commune d'Argentine.
Source : <http://tchorski.morkitu.org/1/alpes/argentine.htm>.

2.1.3. Arkoses

L'arkose est une roche détritique riche en quartz (jusqu'à 60 % environ), avec une proportion d'au moins 25 % de feldspath accompagnée éventuellement de quelques micas et d'un ciment composé d'argile (environ 15 %). C'est un grès grossier, feldspathique.

Les arkoses éocènes sont présentes dans la région de Puy-en-Velay. Elles y sont encore exploitées de manière artisanal à Blavosy comme roche ornementale. Elles ne sont pas utilisées comme minéraux industriels (feldspath) et n'ont donc pas fait l'objet d'une cartographie de gisement valorisable d'intérêt régional ou national.

2.1.4. Pouzzolanes

Les gisements de pouzzolanes ont été délimités à partir des cartes harmonisées départementales et de la présence de carrières ouvertes.

Le terme de pouzzolane provient de Pouzzoles, nom d'une ville italienne de la région de Naples. Il y désigne un matériau volcanique cendreuse de composition trachytique, de couleur claire et friable, utilisé pour la fabrication de mortier et de ciment. Cette application en tant que ciment naturel remonte aux constructions romaines de l'Antiquité.

Au sens français, le terme de pouzzolane est beaucoup plus restrictif et se différencie nettement de son homonyme italien, d'où une certaine ambiguïté quand une comparaison est faite d'un pays à l'autre. Il s'agit de roches naturelles correspondant à des projections volcaniques scoriacées, essentiellement stromboliennes et basiques, c'est-à-dire de composition basaltique.

Plus précisément, les pouzzolanes sont des roches pyroclastiques formées de fragments de magma (pyroclastites) projetés dans l'atmosphère lors d'éruptions volcaniques et refroidis au cours de leur parcours aérien. La vitesse de refroidissement relativement importante, qui applique un effet de trempe au magma, explique que le verre volcanique (matière amorphe, non cristallisée) soit un des composants majeurs des matériaux pouzzolaniques. Les autres constituants sont les minéraux magmatiques (feldspaths, pyroxènes, olivine, amphibole, oxydes de fer...) et les xénolites, roches étrangères au milieu car arrachées aux formations géologiques antérieures au volcanisme.

Les éléments constitutifs présentent une texture scoriacée, vacuolaire. D'après leur taille, on distingue les cendres (< 2 mm), des lapilli (2 à 64 mm) et des blocs ou des bombes (> 64 mm). Leur couleur est généralement noire ou rouge (rouge brique à brun foncé) selon le degré d'oxydation du fer (Figure 15), présent respectivement sous forme de magnétite ou d'hématite.



Figure 15 - Carrière de Mazoire (Pouzzolane du Cezallier) dans le département du Puy-de-Dôme qui montre la couleur rouge brique des pouzzolane.

Le dynamisme à l'origine de la formation des matériaux pouzzolaniques, faiblement explosif, est qualifié de « strombolien » (Figure 17). Il permet l'édification, sur une aire réduite autour du point d'émission, d'un cône de projections scoriacées comprenant un cratère sommital. Ces édifices volcaniques quaternaires, peu érodés, présentent des morphologies typiques. En France, la Chaîne des Puys en est le meilleur exemple (Figure 18). Le territoire UNESCO de la Chaîne des Puys, va néanmoins grever ce gisement puisqu'il est interdit de renouveler ou d'ouvrir une carrière de pouzzolane sur le territoire inscrit.

De par leurs compositions chimiques et leurs âges de mise en place différents, nous avons distingué quatre gisements dans la région Auvergne-Rhône-Alpes (Figure 18). Les gisements sont surtout en Auvergne et pour ce qui concerne l'ex région Rhône-Alpes, seul le département de l'Ardèche présente des gisements de pouzzolane (Figure 16).



Figure 16 - Carrière de Pouzzolane au Thueyts dans l'Ardèche.

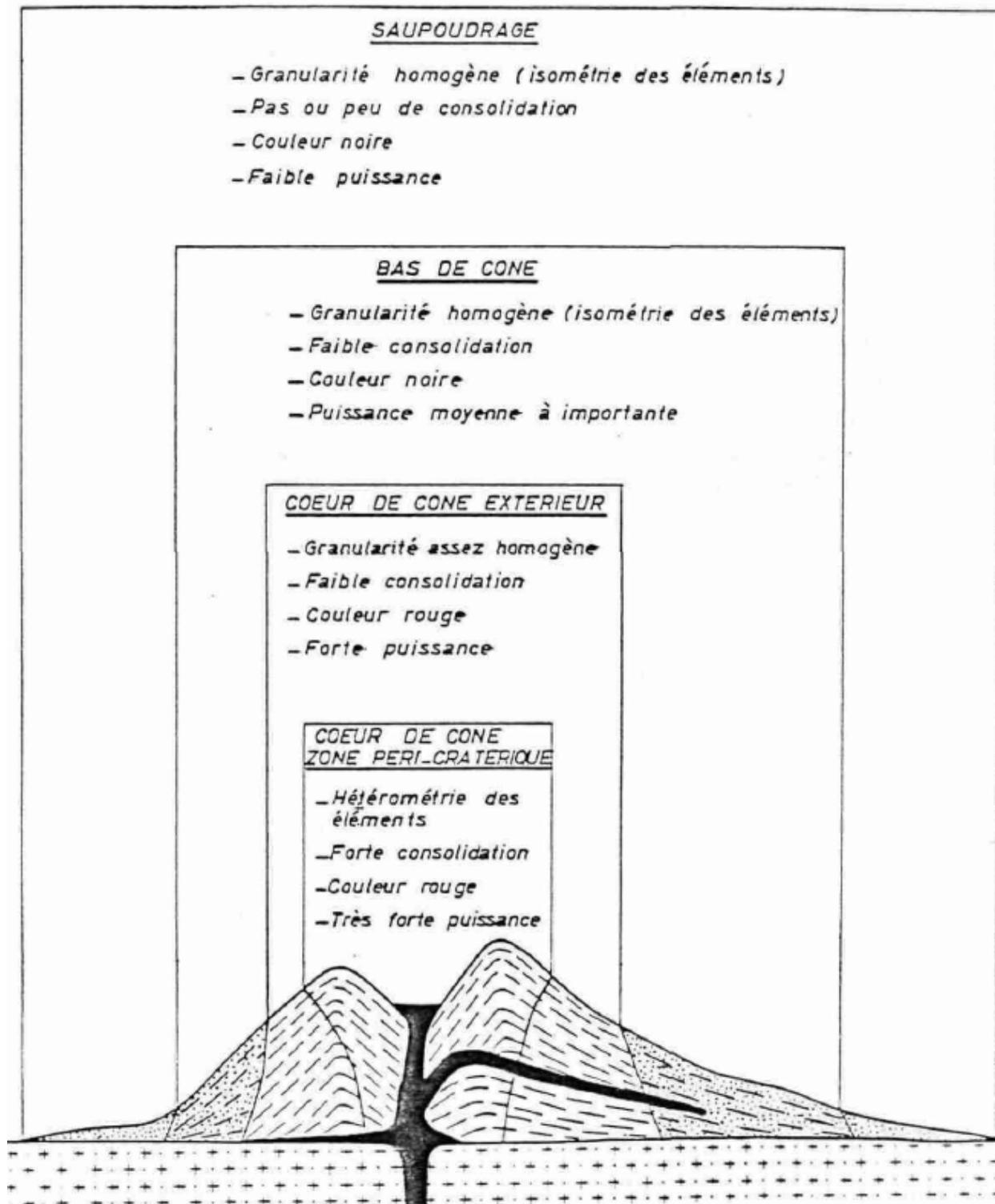


Figure 17 - Coupe schématique d'un cône strombolien montrant la répartition spatiale des différents faciès des matériaux pouzzolaniques (d'après BRGM et CETE, 1980).

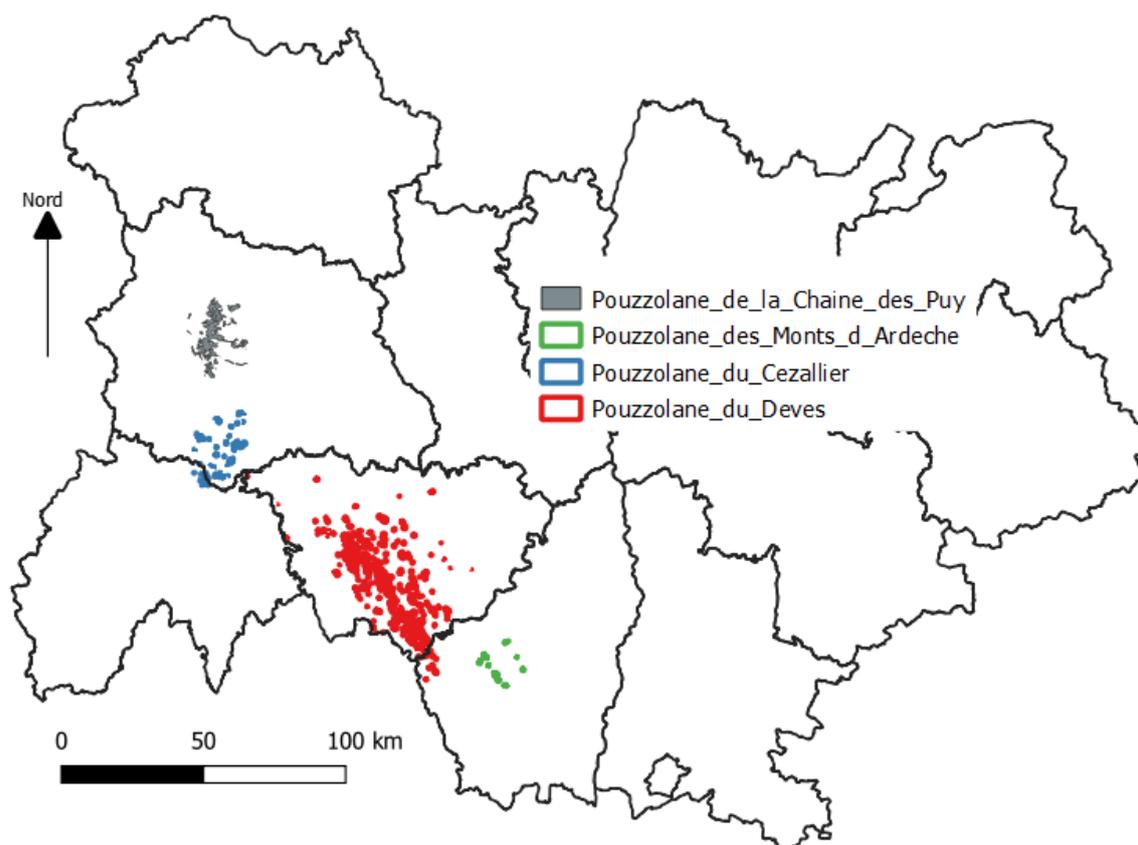


Figure 18 - Localisation des gisements de Pouzzolane en Auvergne-Rhône-Alpes.

2.1.5. Calcaire à Ciment

Le ciment est un produit issu de nombreux gisements en Auvergne-Rhône-Alpes.

Nous distinguerons les différents gisements suivants :

- lauzes campaniennes ;
- calcaires oxfordiens ;
- calcaires kimméridgiens ;
- calcaires oligo-miocènes des Limagnes ;
- calcaires berriasiens couches à ciment de la Porte de France (ciment Prompt) ;
- calcaires berriasiens couches à ciment de la Porte de France (ciment Prompt) sous couverture ;
- calcaires urgoniens ;
- calcaires aaléniens.

Lauzes campaniennes pour ciment

Le gisement exploité par la carrière des Côtes sur la commune de Sassenages en Isère, est une formation de lauzes marneuses, d'âge Campanien inférieur. La formation est composée de plusieurs niveaux aux caractéristiques chimiques complémentaires, alternativement sur et

sous saturés. Toute l'épaisseur de la formation est exploitée sur une centaine de mètre d'épaisseur au total environ.

Le gisement considéré apporte les 4 minéraux indispensables à la fabrication du ciment, en proportions différentes selon le niveau exploité : carbonate de calcium (CaCO_3), silice (SiO_2), oxyde de fer (FeO) et alumine (Al_2O_3), mais sa configuration, en couches successives plissées, oblige à exploiter le site sur plusieurs fronts simultanés pour disposer de zones complémentaires chimiquement. En outre, le gisement est particulièrement pauvre en soufre et en minéraux alcalins, ce qui permet d'obtenir des un ciment adapté aux milieux agressifs.

Calcaires oxfordiens pour ciment et Calcaires kimméridgiens pour ciment

Le gisement exploité par la carrière de Fétaise à Bouvesse-Quirieu dans le Bugey est un calcaire pseudolithographique d'âge Oxfordien supérieur dont l'intérêt réside dans la forte teneur en CaCO_3 . Les formations présentant la teneur en CaCO_3 adéquate comprennent aussi les niveaux supérieurs, d'âge Kimméridgien inférieur, et Kimméridgien supérieur, lesquels sont exploités à d'autres endroits, pour le même usage (carrière de calcaire de Mépieu, sur la commune de Creys-Mépieu).

La puissance totale de la formation exploitée à Fétaise est d'environ 30 m ; cette épaisseur exploitable est limitée par la côte du Rhône qui borde la carrière (environ 205 NGF).

La teneur en carbonate de calcium (CaCO_3) moyenne sur la carrière de Fétaise est de 92 %. Elle est aussi de 92 % sur la carrière de Mépieu.

Les calcaires Kimméridgiens sont probablement sous-estimé (Figure 19). On peut penser que plus de 80 % des calcaires sont exploitables au moins sur le critère qualité.

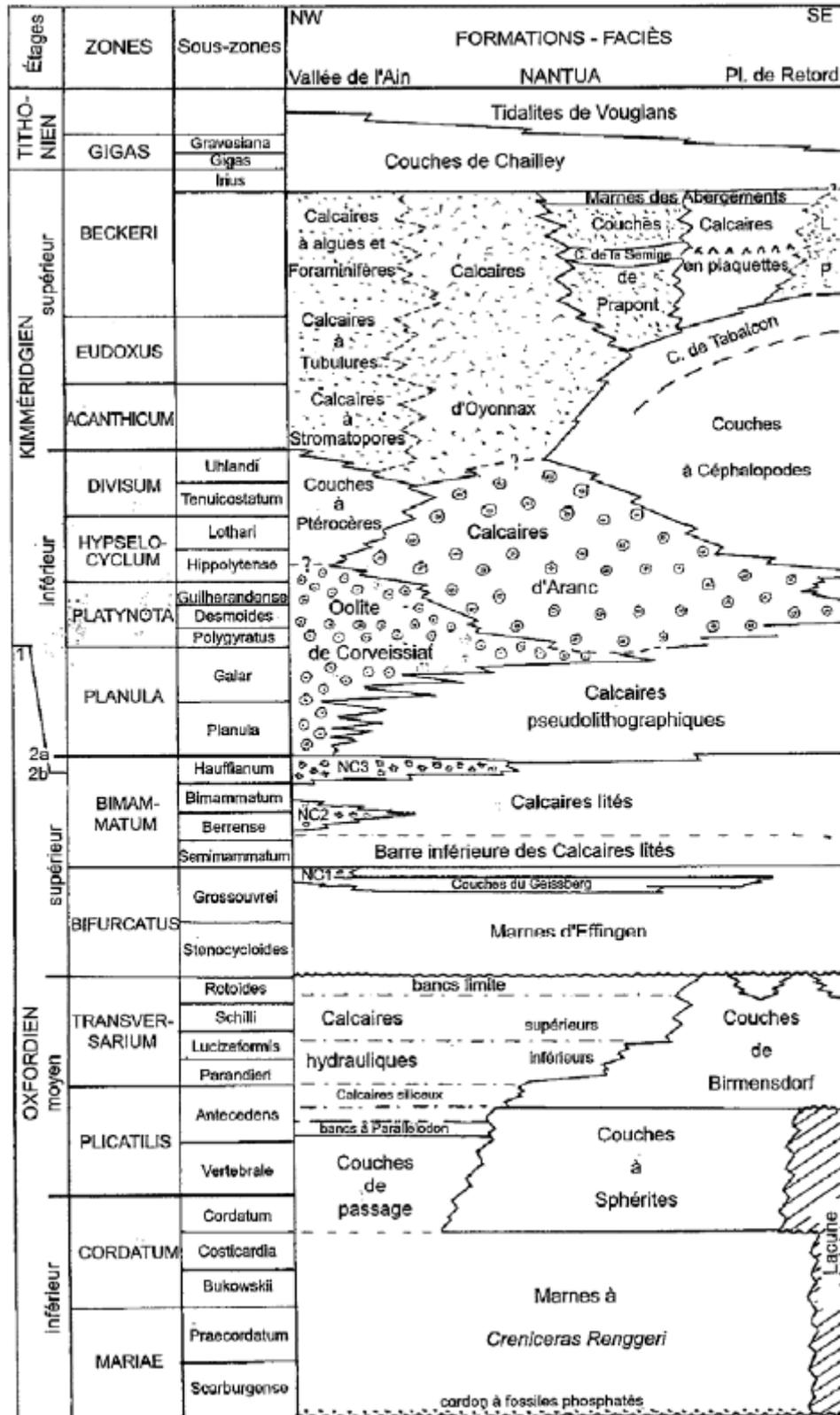


Figure 19 - Représentation schématique des relations entre les unités lithologiques (formations) des étages Oxfordien, Kimmeridgien et Tithonien de la feuille à 1/50 000 «Nantua » (in notice explicative par C.Mangold et R.Enay).

Calcaires oligo-miocènes des Limagnes

Le gisement exploité par la carrière de Créchy, et les carrières associées de Montaigu et Gondailly, est une formation marno-sableuse avec présence de calcaire d'origine récifale, d'âge Oligocène supérieur (g3C1 et g3M). La formation est hétérogène, ce qui contraint à exploiter plusieurs sites de façon simultanée pour réaliser des mélanges. Sur les carrières de Montaigu et de Gondailly qui exploitent un gisement similaire (g3m1a), d'âge Oligo-Miocène, composé de marnes et calcarénites avec ici encore des concrétions calcaires éparses (stromatolithes).



Figure 20 - Vue de l'un des fronts de taille de la carrière de Gondailly (Allier) © 2007 Pierre Thomas, Cette partie de la carrière exploitaient surtout des argiles et des marnes, qui, mélangées dans des proportions adéquates avec des calcaires font partie des ingrédients nécessaires à la fabrication du ciment. Deux niveaux à stromatolithes sont nettement visibles sous forme d'alignements de petites boules blanches.

Le gisement apporte les 4 minéraux indispensables à la fabrication du ciment : carbonate de calcium (CaCO_3), silice (SiO_2), oxyde de fer (FeO) et alumine (Al_2O_3), mais sa configuration, à savoir une formation marneuse ponctuée de massifs calcaires récifaux, oblige à exploiter plusieurs sites pour disposer de zones plus riches en CaCO_3 afin de corriger le mélange cru de base.

La puissance totale exploitée de la formation à Créchy est d'environ 30 m.

Calcaires berriasiens couches à ciment de la Porte de France (ciment Prompt)

Le ciment prompt est fabriqué à partir d'une formation géologique unique (« couche à ciment » Berriasien inf.) dont la composition permet, après cuisson, d'obtenir un ciment. La « couche à ciment » du Berriasien inférieur est localisée dans le bassin grenoblois et plus précisément dans le massif de la Chartreuse à Montagnole, la Pérelle et les Combes.

La couche à ciment est aujourd'hui exploitée en souterrain. La profondeur maximum des galeries est liée à la localisation du banc géologique et à leur pendage (Figure 21). Elles peuvent s'étendre à plusieurs centaines de mètres sous le niveau du sol.

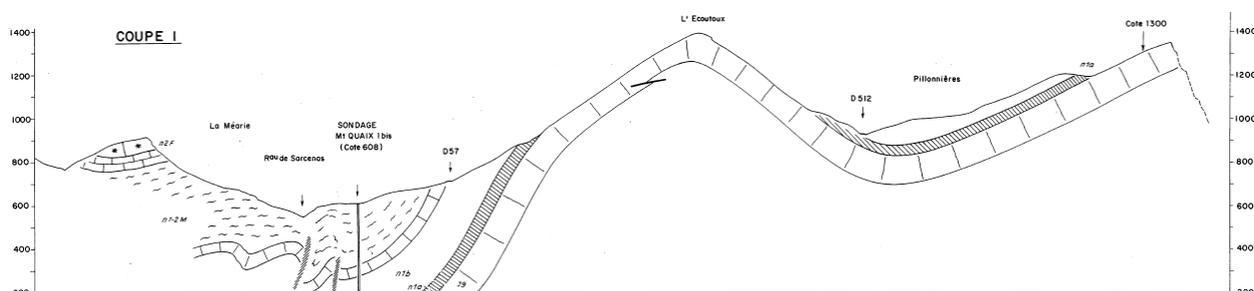


Figure 21 - Exemple de coupe géologique qui montre le gisement de calcaires berriasiens (couche hachurée).

Calcaires urgoniens pour ciment

Ce gisement est exploité depuis 1850 au Teil. Les étages géologiques exploités sont le Bédoulien- Barrémien : calcaire à spicules (calcaire à plus de 85 % de carbonate de calcium) et le Toarcien supérieur : marnes.

L'Urgonien constitue un gisement très important en extension. Si la quasi-totalité de l'Urgonien peut être exploité pour un usage granulat, seule une toute petite partie possède la qualité nécessaire pour être utilisé comme ciment.

La rareté de gisement est liée aux caractéristiques chimiques du calcaire nécessaire à la fabrication de ciment blanc. Le calcaire doit avoir une teneur en carbonate élevée, une teneur en silice de l'ordre de 15 à 17 % et une teneur en oxydes colorants très faible voire nulle. La teneur limite en Fe₂O₃ pour l'exploitation est de 0.3 %. Ce type de calcaire est très spécifique au niveau chimique et il n'y a pas de gisement similaire en France qui permette d'importer cette matière première d'une autre région pour la fabrication de ciments blanc en région Auvergne-Rhône-Alpes.

Calcaires aaléniens pour ciment

Exploité dans le Val d'Azergues, ce gisement, principalement formé par le faciès dit « Pierre dorée » couvre en réalité plusieurs étages géologiques. L'ensemble des couches ont été regroupé sous la dénomination Calcaires aaléniens et sont dans le détail représenté par :

- le Sinémurien : calcaire gris et beige à gryphées ;
- le Pliensbachien ou Domérien : marnes bleu noir à la base et violacées vers le haut de 80 m d'épaisseur ;
- le Toarcien, à la base, ce sont des calcaires rouges de 4 m d'épaisseur. Ils sont surmontés de marnes rouges et bleu noir, contenant de nombreuses bélemnites et ammonites ainsi que des oolithes ferrugineuses, dont l'épaisseur est de 9 m ;
- l'Aalénien et le Bajocien inférieur forment le faciès dit « Pierre dorée » constitué de calcaires bioclastiques jaune orange à entroques et silex blancs ;
- l'Aalénien inférieur est constitué de calcaire à entroques avec silex abondants dans les 10 m supérieurs, à silice diffuse dans les 10 m sous-jacents, marneux dans les 5 m inférieurs. Son épaisseur moyenne est de 25 m ;

- l'Aalénien moyen est un calcaire à entroques, sans silex d'une épaisseur moyenne de 15 m ;
- l'Aalénien supérieur et le Bajocien inférieur sont des calcaires à entroques de couleur ocre avec de nombreux silex dans les 20 m supérieurs, à silice diffuse dans les 10 m inférieurs. L'épaisseur moyenne de cet ensemble est de 30 m ;
- le Bathonien : calcaire blanc, oolithique, marneux à la base et contenant des silex au sommet.

2.1.6. Calcaires à chaux

8 carrières ouvertes exploitent les calcaires à chaux dans la région AURA. Un peu moins d'une vingtaine de carrières ont un jour exploité ces calcaires et sont maintenant fermées.

Les gisements qui sont actuellement exploités sont :

- les calcaires éocènes (déjà décrits dans la partie calcaire à ciment) ;
- les calcaires oligocènes (déjà décrits dans la partie calcaire à ciment) ;
- les calcaires urgoniens (déjà décrits dans la partie calcaire à ciment) ;
- les calcaires bajociens ;
- les calcaires valanginiens.

Les calcaires viséens ont été également exploités dans le temps et constituent également un gisement. Ils n'ont cependant pas fait l'objet de cartographie de gisement d'intérêt régional ou national car plus aucune carrière active n'exploite cette formation et les autres gisements suffisent largement à la production pour les 100 prochaines années.

Les calcaires bajociens

À Saint-Hilaire dans le département de l'Isère, la carrière de la Gagne exploite la partie supérieure de la formation des Calcaires oolithiques du Bajocien supérieur (Figure 22) dont l'épaisseur est de 80 à 100 m dans la région. Elle s'inscrit dans le long épisode de sédimentation carbonatée du Jurassique moyen (Dogger), connue régionalement pour avoir duré de l'Aalénien supérieur au Callovien supérieur.

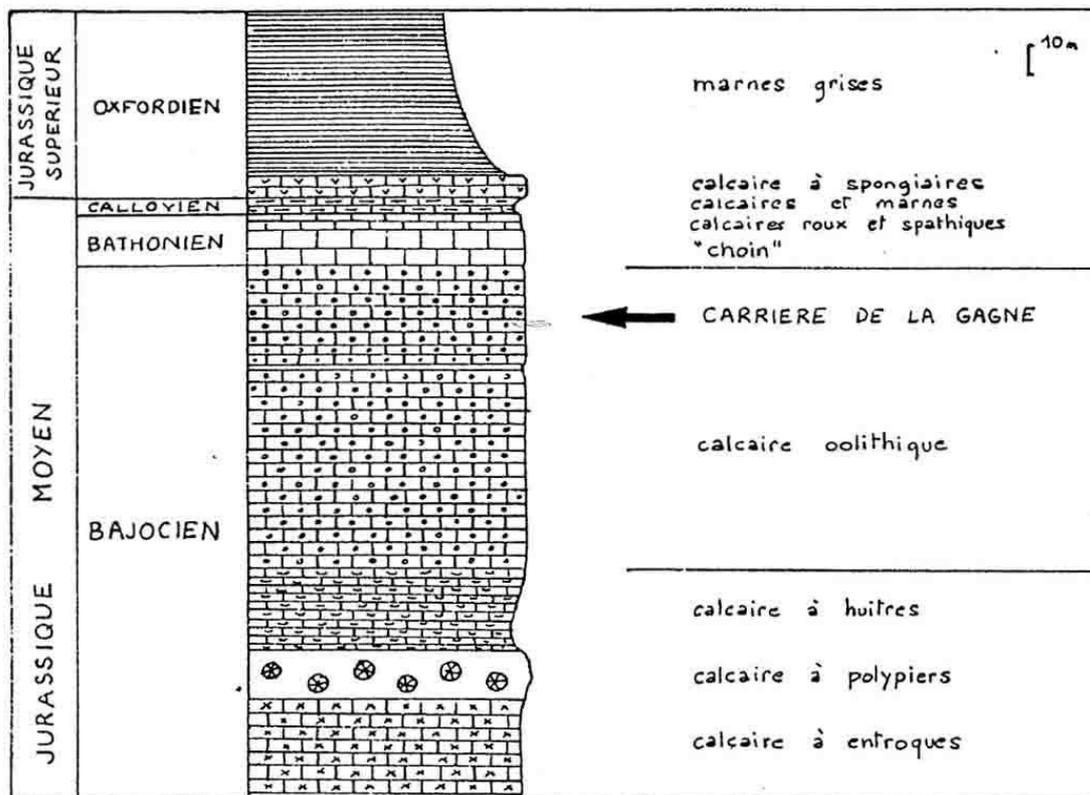


Figure 22 - Localisation des calcaires oolithiques exploités par CESH dans la série du Jurassique moyen.

Les calcaires valanginiens

C'est dans le massif de la Chartreuse que les calcaires valanginiens sont exploités avec la carrière de la Buisse. Le Valanginien montre des calcaires (calcaires Fontanil sens large) qui sont d'avantage développés au nord-ouest du massif (lieu de la carrière de la Buisse) et des marnes (Marnes de Narbonne) qui affleurent plus au sud-est du massif (Figure 23).

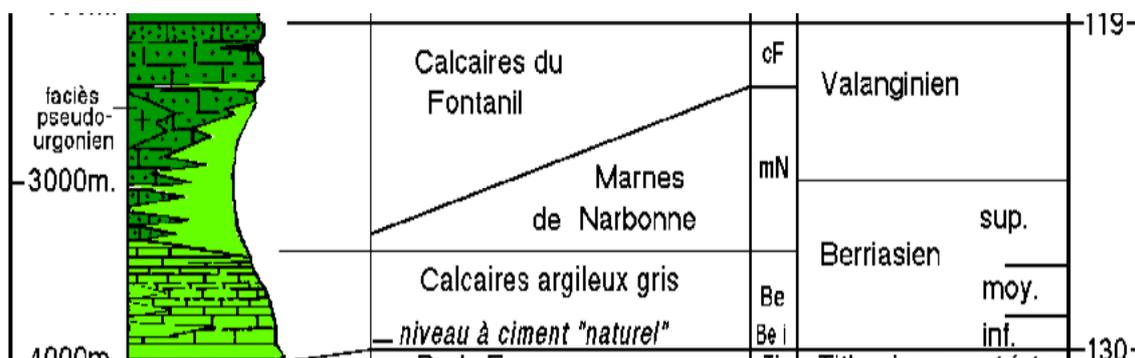


Figure 23 - Évolution des calcaires Valangiens vers les marnes valanginiennes.

Le glissement des zones de faciès est essentiellement dû aux alternances de progradation de la plate-forme jurassienne vers le sud-est (flèches de couleur) et de rétrogradation (flèches grises). Ces dernières sont en général dues à une remontée rapide du niveau marin, ce qui « noie » la plate-forme. Seule les calcaires valanginiens ont été sélectionnés comme gisement (Figure 24). Les marnes valanginiennes qui ont le même âge n'ont quand elles pas été sélectionnées.

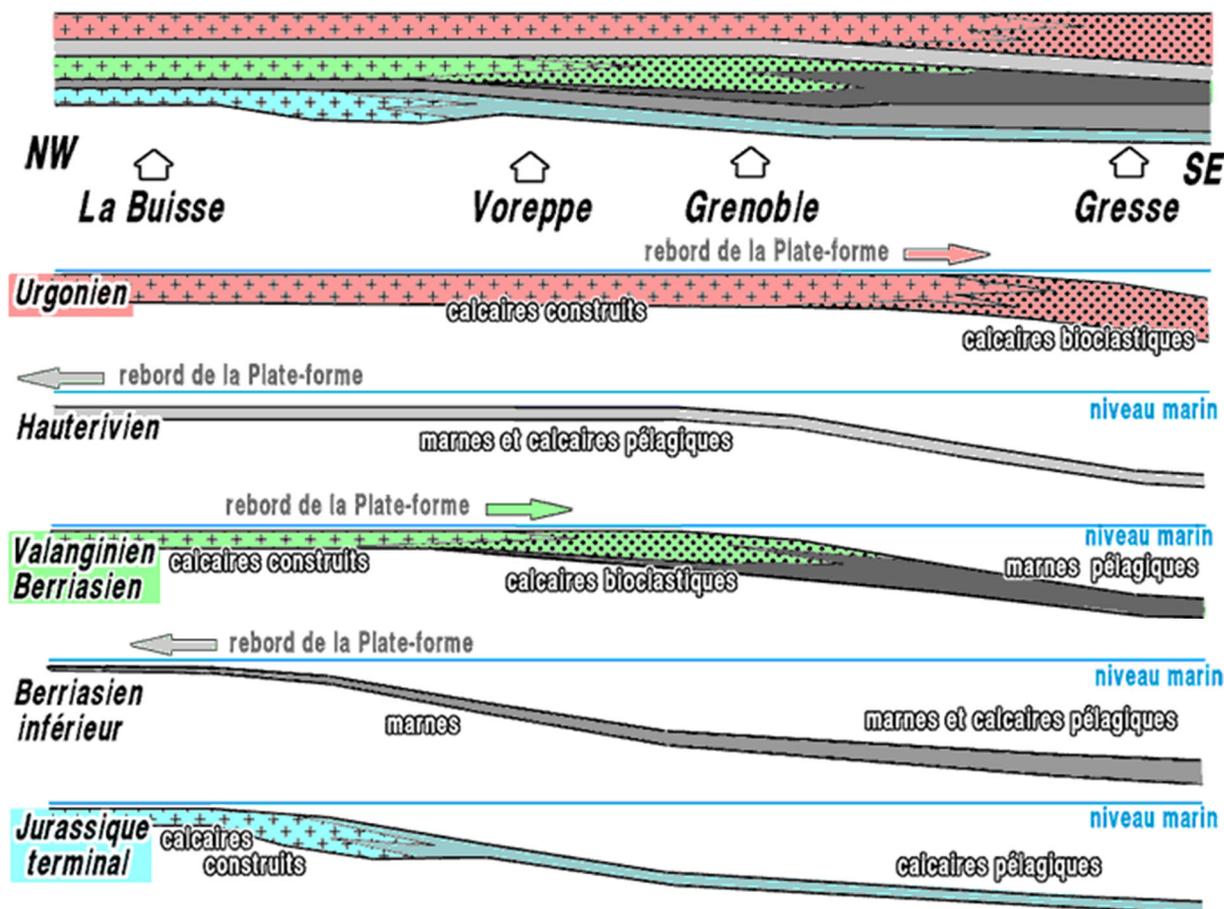


Figure 24 - Coupes très schématiques montrant l'environnement de dépôt expliquant les passages latéraux de faciès depuis le Jurassique terminal jusqu'à l'Aptien en passant par le valanginien, dans les chaînes subalpines aux alentours de Grenoble. Le schéma supérieur montre l'organisation finale des faciès (figurés noirs). Les coupes inférieures montrent l'allure des fonds marins et le type de sédimentation selon les tranches de temps (couleurs comme dans la coupe globale finale). D'après Gidon, geol-alp.com/chartreuse/2_roches_chartreuse/0_roches.html#coupes_varfacies

L'activité de fabrication de chaux sur le site de La Buisse a débutée en 1823 dans les calcaires des contreforts du massif de la Chartreuse. Les réserves et ressources sont suffisantes pour poursuivre l'activité encore plus de 100 ans.

Le gisement est formé par les calcaires inférieurs pour la fabrication de chaux, et les calcaires supérieurs pour la fabrication de granulats (Figure 25). Il s'agit de calcaires massifs clairs, devenant en partie supérieur plus argileux.

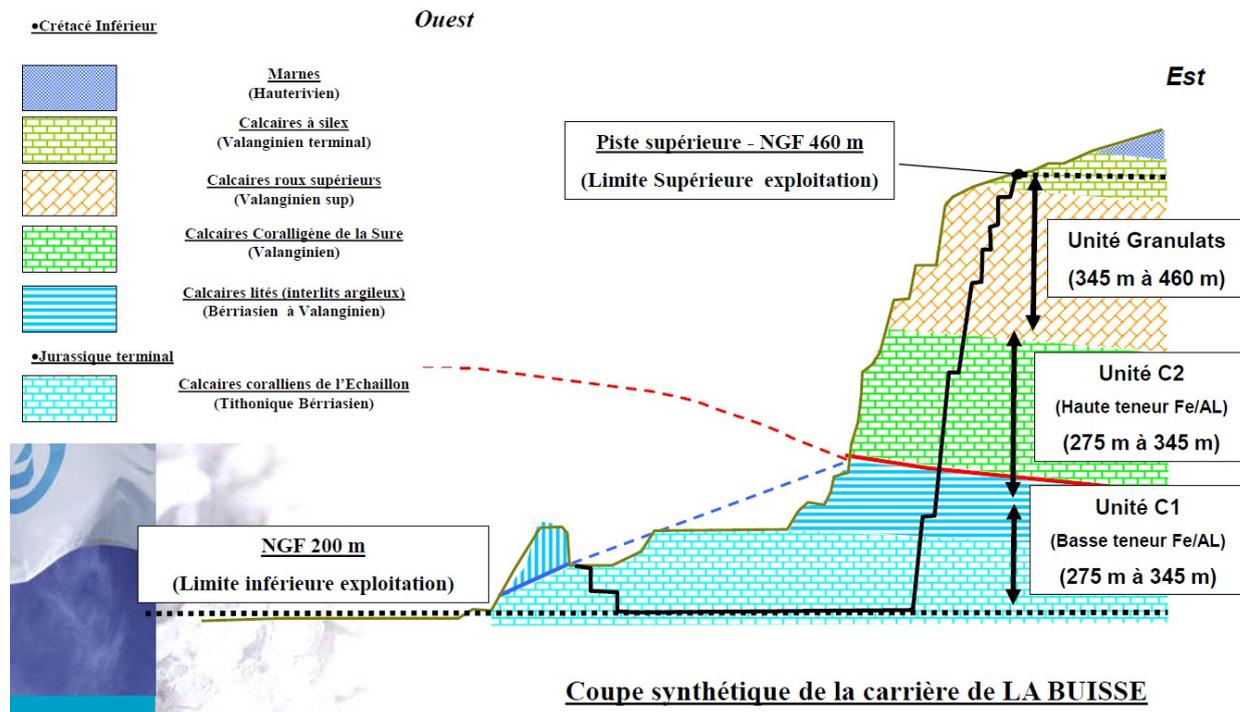


Figure 25 - Coupe géologique synthétique du gisement des calcaires valanginiens (de LOIST).

2.1.7. Diatomite

La diatomite est une roche issue de l'accumulation presque exclusive de tests (squelettes) de diatomées, algues unicellulaires de la famille des bacillariophycées se développant en milieux aquatiques, lacustres ou marins sous des formes qui peuvent être fixées au substrat benthiques ou flottantes « planctoniques ». Leur anatomie comporte notamment une carapace siliceuse ou « frustule », qui à la mort de l'algue se sédimente au fond des lacs. Présentes au Jurassique, leur développement semble s'être accru de la fin du Crétacé au Quaternaire. Les gisements d'intérêt économique datent pour la plupart du Tertiaire.

Tous les gisements identifiés à ce jour dans le Massif Central sont apparus dans des dépressions lacustres dont la forme circulaire et la structure profonde sont reconnus comme l'empreinte de cratères volcaniques de type « maar » (Figure 26).

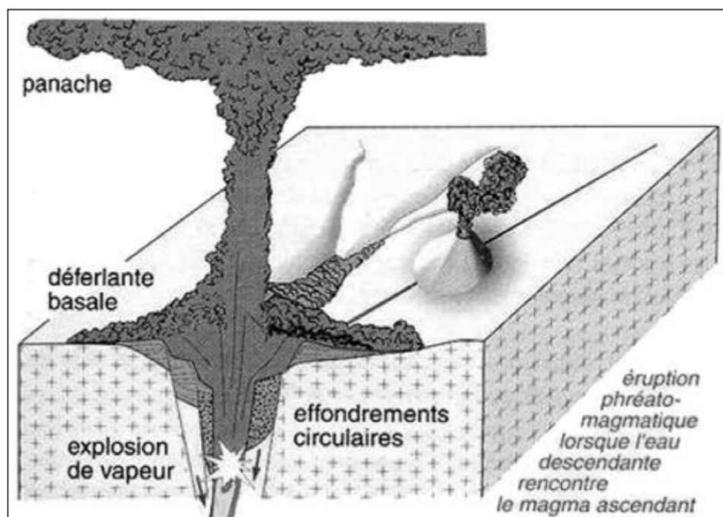


Figure 26 - Éruption phréato-magmatique à l'origine de la formation d'un maar. De tels cratères se créent lorsqu'une colonne magmatique rencontre une nappe phréatique. On a alors vaporisation de l'eau, augmentation brutale de la pression et explosion.

Les gisements de Saint Bazile en Ardèche, de Virargues et de Nouvialle dans le Cantal datent de la fin du Miocène (9 à 5 Ma). Le degré de pureté et l'épaisseur moyenne des dépôts varient d'un gisement à l'autre, celui de Nouvialle présente deux niveaux distincts séparés par une fine couche de cendres volcaniques. L'épaisseur totale fortement influencée par la structure volcanique varie d'une à plusieurs dizaines de mètres avec des recouvrements alluvionnaires de quelques mètres d'épaisseur, terme ultime du comblement sédimentaire de la structure.

Quatre départements sont concernés par la présence de diatomite :

Le Puy-de-Dôme

Il s'agit d'un ancien lac installé dans le maar paléocène de Menat (le plus vieux volcan du Massif Central), au fond duquel ont sédimenté des boues à diatomées, riches en matière organique. Cette diatomite bitumineuse a été exploitée au 19^e siècle (et début du 20^e), à la fois pour les hydrocarbures et pour la diatomite. Dans ces sédiments très fins et très réducteurs, se sont fossilisés de nombreux êtres vivants. Menat est l'un des plus riches gisements fossilifères français. Ce gisement n'a pas été sélectionné à cause de sa richesse en matière organique.

Le Cantal

D'après les données aujourd'hui disponibles, la **Narse de Nouvialle** abrite un gisement de diatomite de toute première importance aux plans européen et mondial, tant du point de vue quantitatif que qualitatif. Les travaux de reconnaissance du gisement, permettent néanmoins d'affirmer que les réserves sont très importantes, avoisinant 10 Mt (la structure a 1,5 km de diamètre et au moins 50 m de profondeur).

Un gisement important actuellement exploité en France est celui **d'Auxillac-Foufouilloux**, près de Murat. C'est le second gisement actuellement exploité en France après celui de l'Ardèche. L'origine de la dépression elliptique de 800 sur 1 300 mètres occupée par le lac à diatomées n'est pas connue avec précision. On suppose qu'il s'agit d'un cratère d'explosion qui se serait ouvert entre le Miocène et le Pliocène, dans des formations volcano-sédimentaires ponceuses antérieures à la mise en place des basaltes planéziens. Ces

derniers auraient été déviés par l'anneau de tufs entourant le maar, créant la « boutonnière » que l'on observe aujourd'hui à l'emplacement du lac fossile. Par la suite, l'érosion glaciaire aurait fait disparaître l'anneau de tufs.

La masse exploitable dont l'épaisseur est de l'ordre de 25 mètres est constituées de trois couches sensiblement égales se distinguant par leur flore : couche supérieure à cyclotella, couche moyenne à melosira, couche inférieure à synedra. À la base, on trouve une quatrième couche diatomifère très argileuse qui n'est pas valorisable. Le tréfonds du lac n'est pas connu. Les rares sondages qui ont traversé la dernière couche diatomifère ont rencontré des dépôts argilo-limoneux jusqu'à un niveau inférieur aux toit des formations sous-planéziennes, ce qui vient conforter l'hypothèse d'un maar. La protection a été assurée par une moraine glaciaire qui a du reste raboté une bonne partie de la zone superficielle du gisement. On trouve en effet de grands « radeaux » de diatomites inclus à l'intérieur même de la moraine et la couche supérieure a parfois été érodée jusqu'à ne plus présenter qu'une puissance métrique. L'épaisseur de cette couverture morainique dépasse parfois 30 m.

Le gisement de diatomite **de la Bade**, situé dans la vallée de la Véronne à une dizaine de kilomètres au nord de Riom-ès-Montagnes, sur la commune de Collandres a été exploité en carrière souterraine. C'était le second grand gisement du Cantal et il a été fermé en 1995. Le dépôt prend la forme d'une demi-poire allongée du nord au sud sur plus de 500 m, avec une largeur maximale de l'ordre de 300 m et une épaisseur maximale atteignant 40 m. Mais le lac a peut-être été beaucoup plus profond puisque, séparé de la grande masse par une vingtaine de mètres de matériaux brêchiques, on trouve un niveau supérieur à diatomées de puissance métrique qui n'a pas été exploité.

Il affleure sur le flanc « Est » d'un mamelon couronné de basaltes. Le mur du gisement est constitué par une brèche andésitique visible en affleurement et suivie dans les travaux au fond. La couche de diatomite dont l'épaisseur est de plusieurs dizaines de mètres au centre du gisement, est recouverte par un complexe très hétérogène comprenant essentiellement du basalte et du glaciaire. Le remaniement glaciaire a probablement affecté la partie supérieure de la diatomite.

La caractéristique la plus remarquable de ce gisement était l'extraordinaire homogénéité de sa florule : on n'y rencontre pratiquement qu'une seule espèce appartenant au genre cyclotella. Avec d'autre part une teneur en silice biogénique de près de 98 %, c'était l'une des diatomites industrielles les plus pures du monde. Le gisement de la Bade a maintenant été exploité, il n'est donc pas représenté sur la carte des gisements.

La synthèse des travaux de cartographie géologique, réalisés dans le Cantal et autour de la Narse de Nouvialle, et la prise en compte de certains guides de prospection permettent de mettre en évidence cinq cibles qui présentent des caractéristiques géologiques et géométriques a priori favorables pour en faire des sites d'intérêt potentiel. Il s'agit :

- sur la Planèze de Saint-Flour : de la Narse de Lascols et de la zone de Fond de la Prade, (aucune reconnaissance de connue à ce jour vient confirmer ou infirmer la présence de diatomite, d'où le choix de les représenter sur la carte des gisements) et ;
- dans le massif du Cézaillier : des maars du Chamaroux, des Huides et de Combalut. Cependant les campagnes de reconnaissance par sondages infirment apparemment la présence de diatomite dans ce massif. Ces zones n'ont pas été représentées sur la carte des gisements.

La Haute-Loire

Au niveau du marais de Ribains (Figure 27) : alors que les recherches effectuées sur deux autres maars de la commune de Landos, le marais de la Sauvetat et le site de Praclaux (Figure 28), n'ont trouvé qu'un simple remplissage de sédiments argilo-sableux, les deux sondages implantés dans le marais des Ribains ont rencontré une couche de diatomite intercalée dans ces sédiments, eux-mêmes recouverts d'une tourbière. La coupe (Figure 29) montrent le détail de la stratigraphie, la diatomite ayant 12 d'épaisseur à l'endroit du premier sondage, 7 m à l'endroit du second.

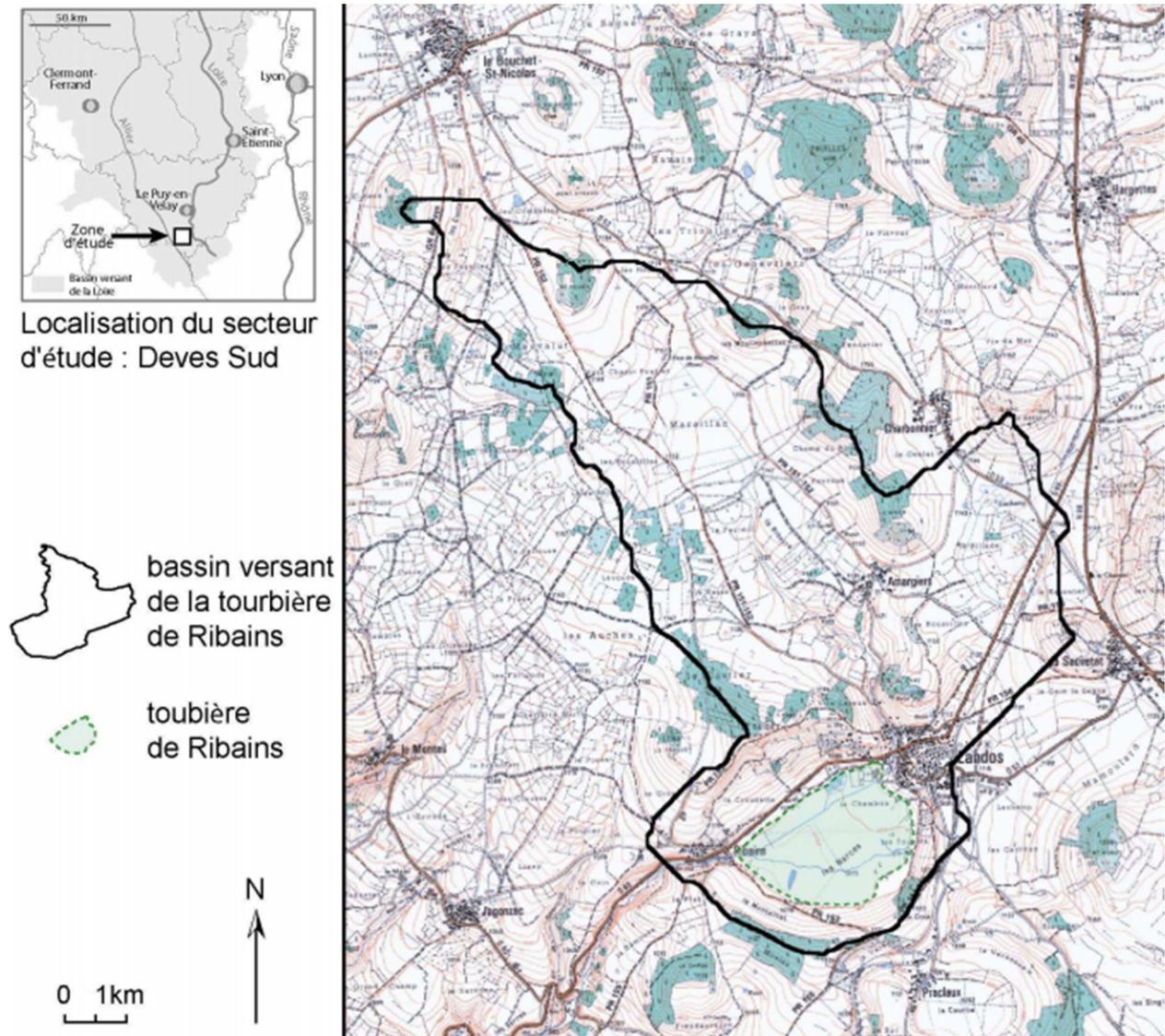


Figure 27 – Localisation de la tourbière de Ribains.

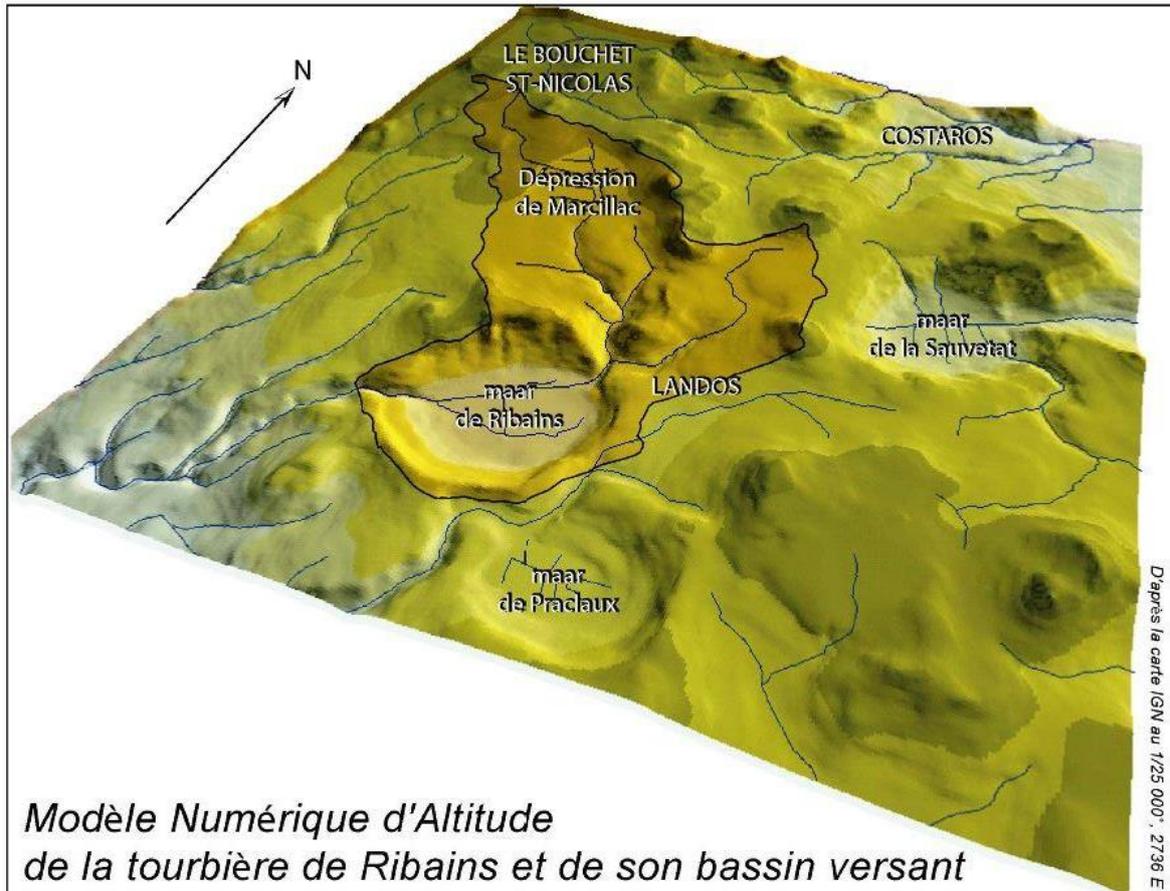
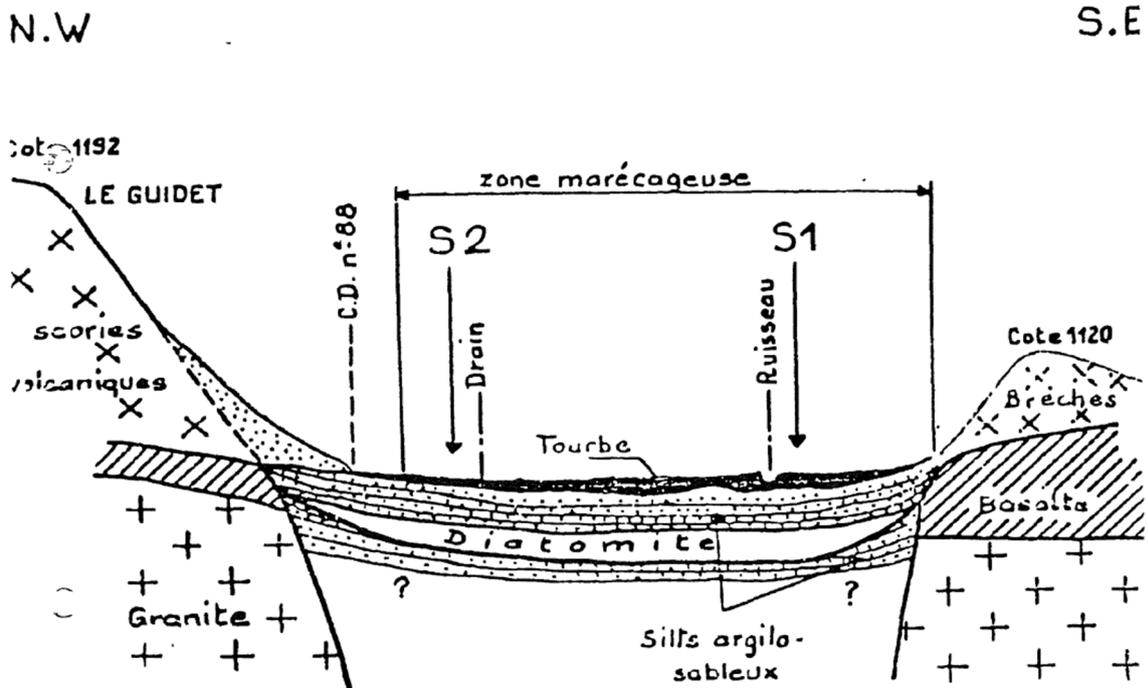


Figure 28 - Morphologie de la tourbière de Ribains Arnaud et Tourman, 2007.



La superficie probable du gisement est en première approximation celle de la dépression marécageuse de forme ovale (1 200 m sur 800 m, soit environ 80 ha) ce qui conduit à évaluer que les réserves en place de diatomite sont très certainement supérieures à 5 000 000 m³. En effet les deux forages réalisés ne montrent pas, malgré leur position périphérique défavorable (cf. annexe 2), de perturbation majeure sur les 7 à 12 mètres de puissance de diatomite et la couche ne devrait donc pas subir dans la zone centrale non prospectée de variation notable sinon dans le sens positif.

La substance est constituée d'un mélange de carapaces d'une cinquantaine d'espèces de diatomées, dont les dimensions varient de 10 à 30 microns. Un examen palynologique a conduit à rattacher à l'holocène la phase de sédimentation : le dépôt est relativement jeune (10 000 – 12 000 ans).

L'Ardèche

Le gisement de la montagne d'Andance à Saint-Bauzile est actuellement le plus important gisement lacustre qui soit exploité au monde pour la production de diatomites nobles.

Le maar de Saint-Bauzile s'est ouvert au Miocène supérieur dans les marnes du Valanginien. En raison de l'érosion, les dimensions initiales du lac ne sont pas connues. On le suppose d'au moins deux kilomètres de diamètre, ce qui correspondrait à une profondeur de l'ordre de 300 à 400 mètres. Le remplissage du maar débute par 80 mètres de matériaux volcaniques, probablement d'origine intra-cratérique. Puis la sédimentation diatomifère reprend pour constituer le dépôt principal actuellement exploité dont l'épaisseur atteint 60 mètres au centre de la structure. En phase terminale de l'activité volcanique régionale, des coulées basaltiques, probablement issues des Coirons proches, envahissent le lac et viennent protéger la diatomite. On dénombre au moins trois niveaux pour une épaisseur totale dépassant par endroits 50 mètres.

2.1.8. Gypse

Le gypse et l'anhydrite sont des sulfates de calcium de formule chimique, à l'état pur :

- Gypse : CaSO₄, 2H₂O (CaO : 32,6 %, SO₃ : 46,5 %, H₂O : 20,9 %);
- Anhydrite : CaSO₄ (CaO : 41,2 %, SO₃ : 58,8 %).

Le gypse et l'anhydrite d'origine sédimentaire sont des roches salines de la famille des évaporites. Ils se forment également en milieu hydrothermal, ou comme produits de l'oxydation de sulfures, mais en plus faibles quantités que dans les dépôts sédimentaires. Ces minéraux ont des présentations de formes, de structures, de cristallisations et de couleurs très variables, selon leurs conditions de genèse et les impuretés qu'ils contiennent.

Ce sont les niveaux du Trias supérieur ou Keuper (-220 Ma), qui constituent la formation gypsifère la plus considérable sur le plan géologique, car ils correspondent à des dépôts accumulés soit dans un vaste bassin de mer épicontinentale soit dans des lagunes/sebkhas très étendues de type continental.

En bordure des chaînes montagneuses ces dépôts sont basculés, plissés ou fracturés. Dans les zones montagneuses, ils ont été laminés par endroits, ou accumulés en bourrages tectoniques et injectés en masses diapiriques, car le gypse, comme le sel, a des propriétés rhéologiques qui provoquent son fluage sous des contraintes mécaniques. Ceci donne parfois localement d'énormes volumes accumulés dans les chaînes montagneuses.

En Auvergne-Rhône-Alpes, les autres formations géologiques renfermant du gypse sont plus restreintes géographiquement et en importance de gisement. Elles appartiennent à la transition Oligocène-Miocène, à l'Éocène supérieur, et au Malm avec pour cette époque des blocs de marbres blancs, calcaire et calcschiste de la zone briançonnaise emballés dans du gypse (au Front houiller).

Savoie

C'est le département le plus riche en gypse en Auvergne-Rhône-Alpes. Le gypse est présent à l'origine dans les formations du Trias de la chaîne, et a été injecté dans la couverture jurassique-crétacée lors des mouvements tectoniques de l'orogénèse alpine. Il a été exploité dans de nombreux secteurs (Figure 30) et l'est encore, à ciel ouvert (Figure 31) ou en galeries, dans la région de Saint-Jean-de-Maurienne ou toujours dans la vallée de la Maurienne à Montricher-Albanne. C'est un gypse blanc, de bonne qualité, avec des épaisseurs de plus de 10 mètres, et des réserves importantes.



Figure 30 - Ancienne exploitation de gypse en Maurienne (Savoie), zone du Sambuis vers Saint-Jean-de-Maurienne. BRGM copyright.



Figure 31 - Carrière active à ciel ouvert de Saint-Jean-de-Maurienne.

Tout près de Moutiers (vallée de Tarentaise) se trouvait une petite carrière de pierre à plâtre, exploitée sur quatre niveaux pour un développement total de 1390 mètres (Figure 32). Son exploitation depuis au moins 1872, fermera définitivement en 1960 faute de rentabilité. De même, la base CARMA montre deux carrières fermées au niveau de Moutiers sans préciser la nature de la lithologie exploitée, mais il y fort à parier que c'était du gypse, ainsi le gisement a été conservé autour de cette ville dans la vallée de la Tarentaise.



Figure 32 - Carrière de gypse souterraine au environ de Moutiers.
Source : <http://www.aventure-miniére.fr/piwigo/picture.php?/571/category/43>

Historiquement, le gypse a été traité pour la fabrication du plâtre, appelé localement grillaz, à Randens (73220) (lieudit les Durnières), puis, à partir de 1895, à Saint-Avre (73130), où un moulin à plâtre était alimenté par les carrières de l'Échapour ; la Rochette (73110) : Plusieurs moulins dont un à plâtre le long du Gelon dans les Gorges d'Ambin et Braman (73500) avec la présence de plaques dures de gypse ; au-dessus de Bramans-Sollières : Arc, plateau d'Érellaz, crêtes du Général Sarret et entre Termignon et l'Esseillon : une des plus grandes accumulations gypseuses des Alpes occidentales : Petit Mont Cenis, Verney, Aussois, le Bourget (73370), Bellecombe-Chavi, Chira, au-dessus de Termignon (73500). Ces occurrences ont été conservées dans la délimitation du gisement de gypse triasique.

Haute-Savoie

Dans la base de données de cavités souterraine, une carrière souterraine de Gypse a été recensé dans la commune de Desingy (Figure 33). Cette carrière, maintenant fermée, exploitait probablement les Grès molassique gris à verdâtre, grossier, à intercalations marneuses, molasse bariolée, parfois gypseuse, molasse gréseuse micacée, molasse rouge ou violette de l'Aquitarien.

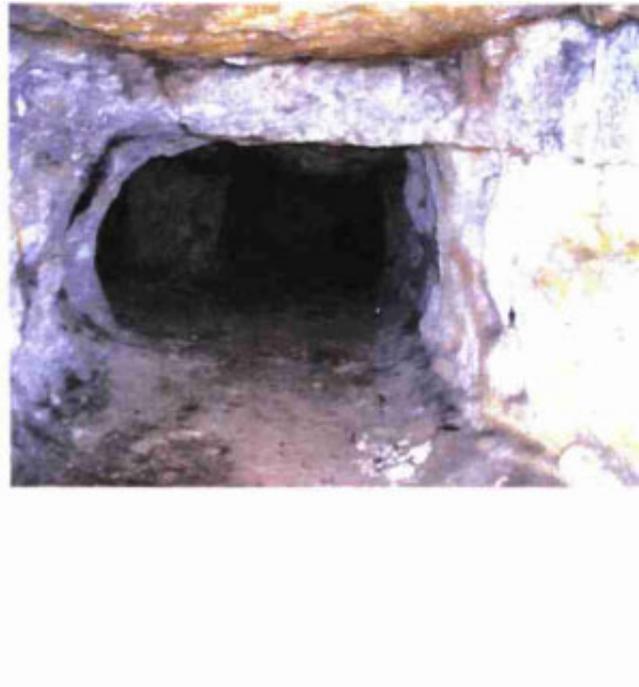
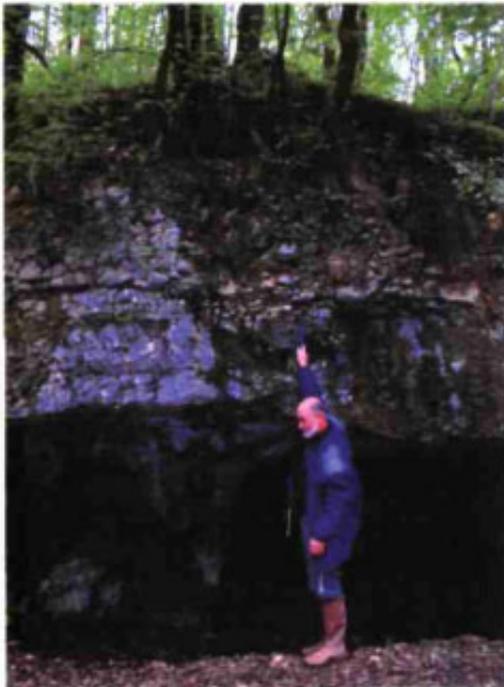


Figure 33 - Entrée et galerie de la carrière souterraine de gypse de Desingy

Sinon dans le département de Haute-Savoie, le gypse et la cargneule sont contenus dans certaines formations du Trias qui affleurent principalement dans les Préalpes du Chablais, suivant un arc s'étendant grossièrement du nord de Bonneville au sud de Thonon et d'Abondance.

De même, les couches du Trias qui contiennent le Gypse affleurent dans le massif du Beaufortin à la frontière entre la Savoie et la Haute-Savoie.

Ain et Drôme

L'Ain et la Drôme voient également affleurer sur une petite surface la formation géologique du Trias qui peut présenter localement du Gypse massif.

Isère

Le gypse a été exploité près de Vizille dans plusieurs carrières souvent souterraines (Cornage, La Commanderie, La Touche). De la même manière, le gypse a probablement été exploité à la Mure. La commune d'Alleverd présente également un gisement de gypse du Trias.

À Valbonnais, au lieu-dit les Sauvons du Trias comporte un petit dôme de gypse, sur lequel une très modeste carrière de gypse a été exploitée jusqu'en 1912. Les couches de gypse blanc sont peu abondantes, le gypse coloré en rouge par des oxydes de fer est majoritaire, ce qui donnera du plâtre rouge probablement moins apprécié que le blanc. Ce gisement de par sa petite taille et sa mauvaise qualité n'a pas été sélectionné.



Figure 34 - La carrière de gypse au lieu-dit les Sauvons (Valbonnais).

Puy de Dôme

À Montpensier (63260), près d'Aigueperse, une butte servit d'abord de carrière de matériaux pour la construction d'une forteresse puis une exploitation de gypse valut à la commune le nom de Montplâtre à la révolution. Il s'agit probablement de lentille ou niveau de gypse contenu dans les marnes et argiles beiges à vertes du Bassin des Limagnes d'âge Oligocène-Miocène (23 Ma). Cette formation n'a pas été sélectionnée comme gisement car les volumes sont probablement restreints.

Haute-Loire

Le gypse a été exploité autrefois à Cormail, à Estrouilhac et au mont Anis sur lequel s'étend la ville du Puy-en-Velay. Ces petites exploitations sont abandonnées depuis plus d'un siècle. Il n'en subsiste, outre le souvenir perpétué par la rue et la place de la Patrière du Puy-en-Velay, qu'une entrée de galerie d'exploitation encore visible actuellement à Cormail. A priori, aucun affleurement à l'air libre de gypse n'est connu actuellement. Il s'agit des formations continentales tertiaires formées de marnes et calcaires avec gypse accessoire de Ronzon d'âge Oligocène inférieur et moyen (Oligocène inférieur - Sannoisien). Cette formation a quand même été sélectionnée comme gisement car bien que les volumes soient non connus et probablement restreints, de nombreuses cavités souterraines abandonnées marquent le territoire (Figure 35).

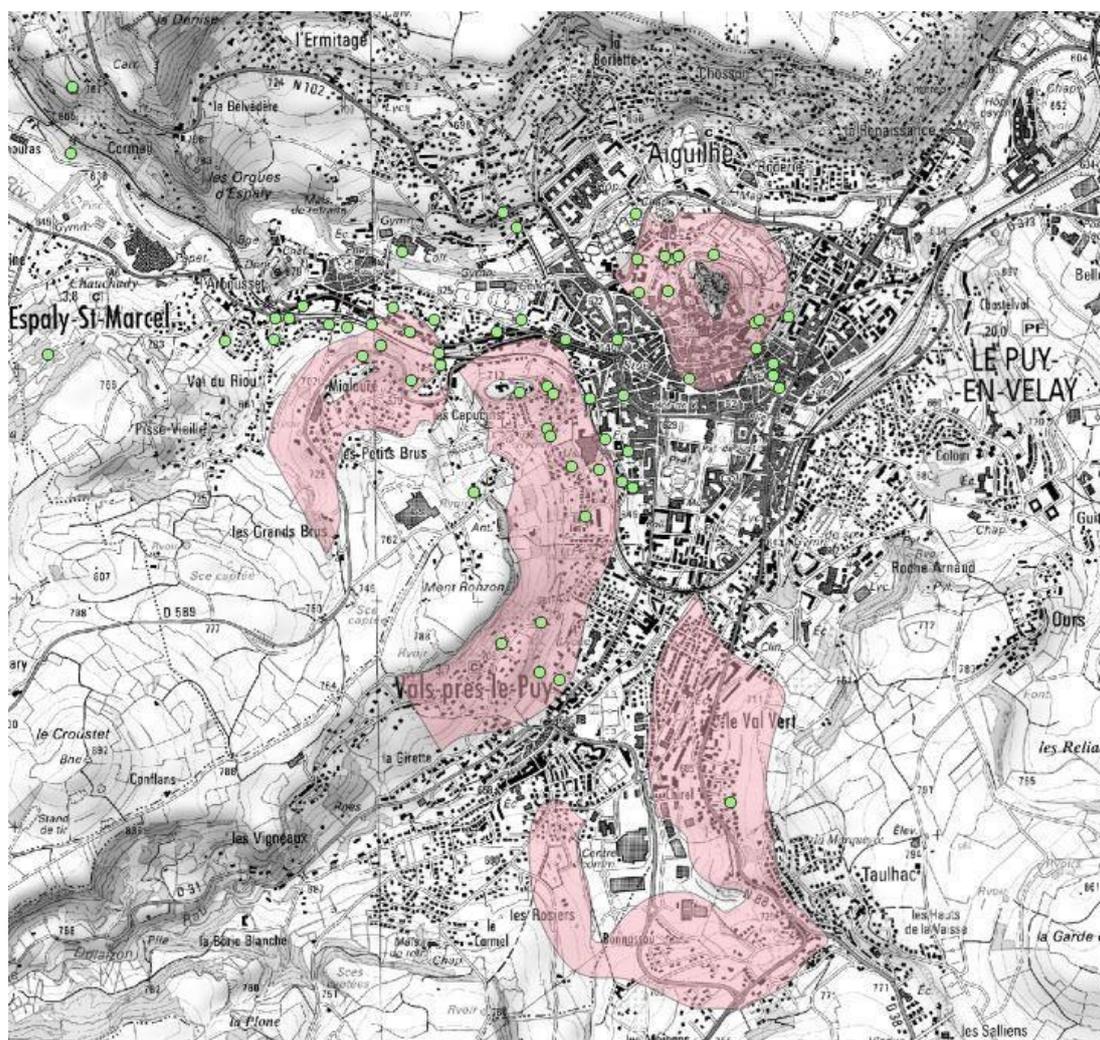


Figure 35 - Emplacement des carrières souterraines de gypse du Puy en Velay. Rouge transparent : Gisement contenant le gypse ; point vert : carrière souterraine.

Allier

Lurcy-Lévis (03320) a abrité une carrière de gypse et une usine de plâtre jusqu'au début du XX^e siècle. Le hameau se trouve à 4 km de Lurcy-Levy. Seule exploitation de gypse du département de l'Allier, son activité était très importante à la fin du XIX^e siècle et employait une centaine d'ouvriers. Le gisement était à faible profondeur (30 à 40 m) et composé de

bancs horizontaux d'épaisseur uniforme. La mine connut quelques années d'inactivité avant de s'arrêter définitivement après la deuxième guerre mondiale. Le gypse rosé d'excellente qualité était employée, entre autres, dans l'industrie dentaire pour sa pureté.

Du gypse a été découvert dans les formations du Trias en 1832, près du hameau des « Charmes » situé à 4,5 km à l'Ouest de Lurcy-Lévis. Sa mise en exploitation en souterrain (puits descendries et galeries) a suivi de près sa découverte. Dès 1840, la production atteignait 4 000 t/an. Après avoir été poursuivie pendant plus d'un siècle, l'exploitation a cessé en 1948. Durant les périodes d'activité les plus intenses, de 1880 à 1914 et de 1919 à 1924, les niveaux de production atteints étaient de l'ordre de 10 000 t/an. Une couche unique, sub-horizontale, de 2,5 m d'épaisseur, fut exploitée en souterrain, couvrant une superficie d'une vingtaine d'hectares d'un seul tenant. La production totale estimée est de l'ordre de 600 000 t.

Le gisement est au sein des Formation des Grès, sables et argiles de la forêt de Tronçais (« Trias gréseux ») et la formation des Argiles infra-kaoliniques (« Trias argileux »). La délimitation de ce gisement a été communiquée par la profession des carriers, aussi seulement une partie des Formation des Grès et des Argiles a été sélectionnée.

Cantal

La profession des carriers a communiqué les limites d'un gisement au sud de Mauriac et à l'Est d'Escorailles. Il englobe essentiellement des Formations sédimentaires tertiaires syn ou antévolcaniques et les Argiles sableuses parfois bariolées d'âge Oligocène.

2.1.9. Calcaire pour verrerie (utilisation comme fondant)

Le gisement de la Bief des Mares (commune de Saint-Germain-de-Joux dans l'Ain) dans le kimméridgien supérieur exploite la couche de Prapont inférieur (Bernier, 1984) juste en dessous du niveau repère des Couches de la Sémine (calcaires compacts) au sein des couches calcaires de Prapont. C'est un calcaire récifal présentant un faciès de dépôt et un faciès bioconstruit avec formation corallienne de coraux branchus et hémisphériques, nombreux gastéropodes et bivalves. Les deux faciès sont utilisables. La couche exploitée est encadrée par les calcaires de la Sémine et les couches de Prapont pré-récifal. Ces couches ont une teneur en fer élevée ce qui les rend inexploitable. La puissance de la couche exploitable est d'environ 40 m, avec un pendage nord-nord-est de 3-4°, ce qui en fait un gisement tabulaire. Le recouvrement au-dessus de la carrière souterraine (Figure 36) est de 50 m à 180 m. De plus, le calcaire de Tacon (01) est un minéral à très basse teneur en Fer très recherché pour la fabrication de verres extra-clairs (flacons de luxe et verres de prestige) car il joue le rôle de fondant dans la verrerie.



Figure 36 - Vue des galeries de la carrière souterraine qui exploite la couche de Prapont inférieur.

2.1.10. Phonolite pour verrerie

La phonolithe exploitée est une roche volcanique effusive à structure microlitique à verre abondant (50%) et débit en dalle sonore. Dans la classification des roches magmatiques elle fait partie des roches sous saturées en silice, riche en alcalin. C'est l'équivalent effusif de la syénite néphélinique. Il s'agit d'une lave visqueuse qui de fait, lors de son émission à la surface, donne lieu à une extrusion en boule ou en dôme sans coulées ni scories (Figure 37).

C'est la Phonolite du volcanisme du Velay qui est actuellement exploitée (deux carrières en activité). Néanmoins, les phonolites du Mont-Dore, ainsi que du stratovolcan du Cantal ont été jadis exploités et peuvent constituer des ressources. Le volcanisme du Cézalier, qui a produit des phonolites n'a, à priori, pas été exploité.

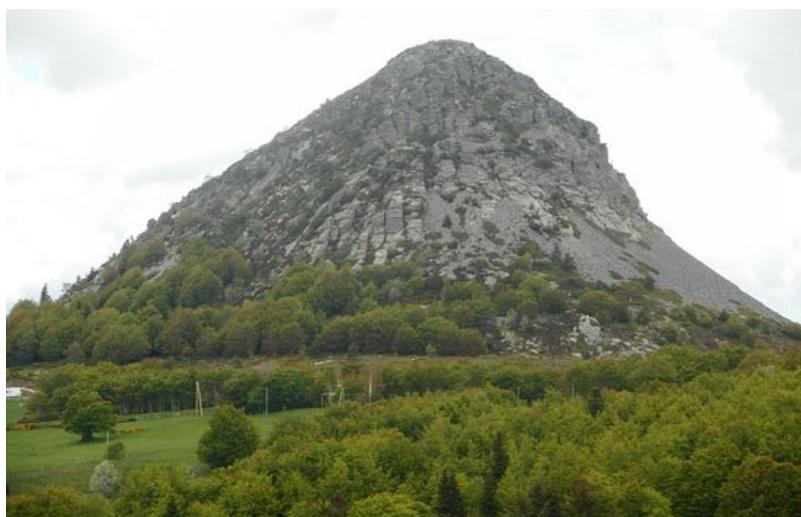


Figure 37 - Le Mont Gerbier de Jonc en Ardèche constitue un dôme de phonolite.

2.1.11. Laves pour laine de roche

La ressource basaltique a été identifiée par la carte géologique du BRGM au 1/80 000 n° 175 de Brioude comme étant un « basalte de plateau » β2-3.

Le plateau de Vichel résulte du volcanisme ayant affecté la région à l'époque quaternaire. Il est essentiellement composé d'un massif de basalte des plateaux (coulée issue du neck du Puy du Montcelet), donnant lieu à des matériaux (granulats) de grande qualité. Ce basalte exploité est une roche gris noir, compacte à grain fin et à cristaux d'olivine souvent bien visibles.

Ce plateau, encore appelé « mesa » résulte d'une coulée de lave ayant recouvert une surface plane, qui, suite à l'érosion, s'est retrouvée perchée (inversion de relief). À l'est du plateau, en relief, le contenu de la cheminée volcanique, issue d'une explosion, subsiste ; c'est le neck du Montcelet.

En plus de l'utilisation en laine de roche, la pureté de la coulée de basalte formant le plateau en fait un matériau de grande qualité pour les besoins en matière de viabilité et de béton. En effet, il ne contient pas du tout de quartz.

2.1.12. Dolomie

Aucun gisement de Dolomie n'est exploité en Auvergne-Rhône-Alpes. Bien que la dolomie soit présente en tant que ressource, nous ne possédons pas assez d'information pour savoir s'il existe des gisements de qualité dans la région.

2.1.13. Silice pure

Exploitations de quartzites et de grès quartzitiques

Les exploitations de quartzites et grès quartzitiques, de qualité réellement industrielle, sont situées dans l'Allier, où les quartzites massifs du gisement de Meillers (âge Autunien), ont été très fortement indurés et « épurés » par des processus hydrothermaux. La production comporte d'une part des matériaux pour granulats (Figure 38) de bonne qualité (environ 200 000 t/an), d'autre part des quartzites purs à 98-99 % de SiO₂ (50 000 à 55 000 t/an) qui sont destinés à la production de silicium métal et d'alliages.



Figure 38 - Carrière de quartzite de Meillers (03) et produits concassés destinés à l'industrie (Atlas DREAL 2014, La Montagne octobre 2010).

Ces quartzites, à très faibles taux de titane et d'alumine, sont traités pour la production de silicium métal et d'alliages à base de silicium dans l'une des deux usines Ferropem de Savoie (Château-Feuillet ou Montricher), où ils sont acheminés par voie ferrée.

Les quartzites et grès quartzitiques étant des roches dures, ils sont extraits par abattage à l'explosif ou au brise-roche. Dans le cas des quartzites de Meillers, la dynamite est introduite dans des forages de 15 m de profondeur. Les blocs destinés à la métallurgie du silicium sont concassés entre 40 mm et 130 mm, pour être acheminés par camion jusqu'à la ligne ferroviaire.

Filon de quartz

Le quartz pur en filon n'est plus exploité en France que sur un seul site, celui de la Chapelle-Agnon dans le Puy-de-Dôme, par la société Quartz et Minéraux. La production des deux filons est d'environ 25 kt/an, le quartz étant surtout utilisé dans l'industrie céramique haut-de-gamme, ainsi que pour la fabrication de bétons architectoniques. Une partie de cette production semble également être destinée à l'électrometallurgie pour la fabrication de silicium métal, mais la répartition entre ces trois débouchés industriels n'est pas connue.

Il se présente sous la forme d'une lentille de quartz encaissée dans les granites hercyniens à biotite et cordiérite du groupe Livradois. Le filon est long de 250 m pour une puissance de 50 à 60 m. Il a été reconnu sur une profondeur de 50 m. Au filon, sont associées des lentilles feldspathiques. La présence de ces lentilles, jointes à des contaminations par l'encaissant, impose une sélectivité importante dès l'abattage pour éviter des teneurs élevées en Al_2O_3 , K_2O voire Fe_2O_3 .

Sable siliceux kaolinique Éocène – Sables (extra) siliceux et kaolin pour la verrerie

Cette formation continentale est composée de sables kaoliniques dont la teneur en kaolin est de l'ordre de 12 %. Elle s'étend sur le versant ouest du Vercors sur près de 20 km, au sud de la vallée de l'Isère, et s'organise en une succession de « poches » adossées aux calcaires urgoniens très fortement redressés.

2.1.14. Autres gisements étudiés pour information

Disthène, andalousite, sillimanite

A priori, il n'y a aucun gisement qui a été exploité en Auvergne-Rhône-Alpes. Seule la région de Pinol en Haute-Loire a fait l'objet de recherche mais aucune suite n'a été donnée.

Olivine

Aucun gisement d'olivine en Auvergne-Rhône-Alpes n'est connu.

Silex

A priori, il n'y a pas de carrière connue en ARA pour ce type de substance. Il n'est pas impossible qu'il soit exploité comme produit dérivé.

2.2. IDENTIFICATION DES GISEMENTS D'INTÉRÊT NATIONAL OU RÉGIONAL POUR LES MINÉRAUX INDUSTRIELS

La notion de gisement d'intérêt national et de gisement d'intérêt régional est nouvelle. Elle n'existait pas dans les schémas départementaux des carrières, et a été définie dans la circulaire d'application du décret sortie au mois d'août 2017.

2.2.1. Instruction du gouvernement du 4 août 2017 relative à la mise en œuvre des schémas régionaux des carrières

Elle a pour objet d'accompagner l'élaboration des nouveaux schémas régionaux des carrières et articule les schémas régionaux des carrières avec les autres documents d'urbanisme et de planification. Il est introduit la notion de classification des gisements suivant leur intérêt national ou régional dont les critères de choix sont résumés ci-dessous (Figure 39) :

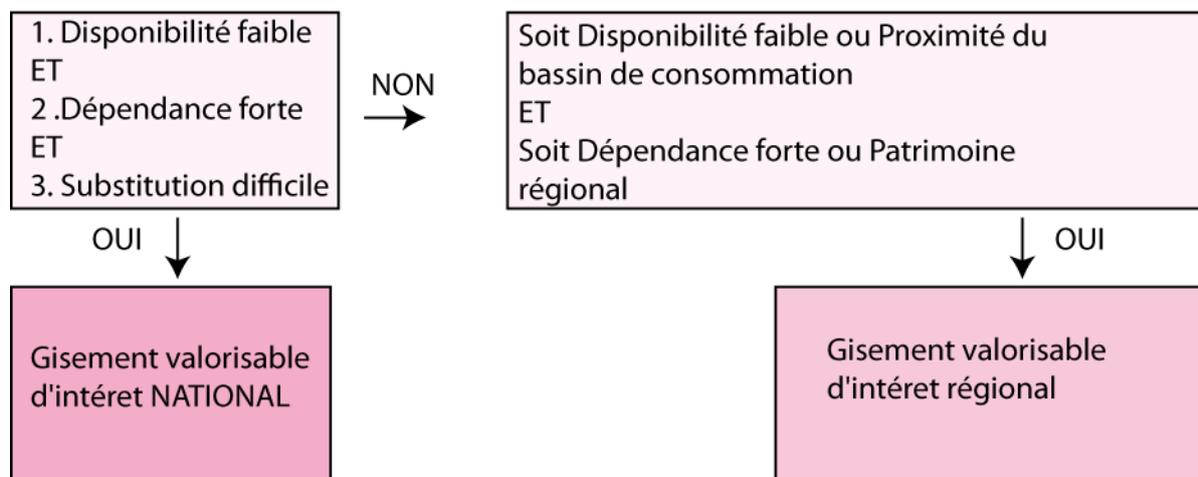


Figure 39 - Schéma de la méthodologie pour identifier l'intérêt national ou régional des gisements.

- gisement d'intérêt national : peut être qualifié d'intérêt national tout gisement présentant un intérêt particulier au regard des substances ou matériaux qui le composent à la fois du fait :
 - o de leur faible disponibilité nationale,
 - o de la dépendance forte à ceux-ci d'une activité répondant aux besoins peu évitables des consommateurs,
 - o et de la difficulté à leur substituer d'autres sources naturelles ou de synthèse produites en France dans des conditions soutenables.

À titre d'exemple sont cités les gisements de talc, de mica, de kaolin, de sables extra-siliceux, d'andalousite, d'argiles nobles, de diatomite, de feldspaths, de gypse, de quartz, de dolomies, de barytine ou encore de calcaires riches en carbonate de calcium (dont ceux > 85 %) ;

- gisement d'intérêt régional : gisement présentant à l'échelle régionale un intérêt particulier du fait de la faible disponibilité régionale d'une substance qu'il contient ou de sa proximité par rapport aux bassins de consommation. Il doit souscrire à au moins un des critères suivants :
 - o forte dépendance, aux substances ou matériaux du gisement, d'une activité répondant aux besoins peu évitables des consommateurs,
 - o intérêt patrimonial, qui se justifie par l'importance de la transformation ou de la mise en œuvre d'une substance ou d'un matériau du gisement pour la restauration du patrimoine architectural, culturel ou historique de la région.

À titre d'exemple sont cités les gisements d'argiles communes pour tuiles et briques, de calcaire pour le ciment, et de certaines roches ornementales et de construction comme les ardoises, les marbres, certaines pierres calcaires, grès, granits utilisés comme roches marbrières.

2.2.2. Choix sur la région Auvergne-Rhône-Alpes

L'identification et l'appréciation des gisements est basée sur le travail d'expertise du BRGM et complété par un avis de la profession. Les carriers et leurs représentants ont ainsi contribué par leurs propres connaissances à l'identification des gisements valorisables (délimitation) et apporté leurs arguments quant à la rareté, la dépendance et la substitution possible de ces

substances. Les carriers ont notamment été sollicité par courrier par la DREAL/BRGM selon les substances exploitées, leur transformation et les usages qu'ils avaient déclarés.

Nous avons identifié 47 gisements de minéraux industriels (Figure 40) au sein de la région Auvergne-Rhône-Alpes. Les seuils et les critères de décision n'étant pas normés à l'échelle nationale, il a été du ressort du BRGM par sa connaissance géologique des différents gisements à l'échelle nationale de proposer les différents intérêts des gisements.

Il en ressort les choix suivants :

	mi	Nom du gisement	intérêt
1	7	Argiles autuniennes du bassin d'Aumance	régional
2	7	Argiles d'altération des formations stéphaniennes de Sainte-Foy-L'Argentière	régional
3	7	Argiles et Loëss du Lyonnais et du Pilat	régional
4	7	Argiles oligocènes du bassin de la Loire	régional
5	7	Argiles oligo-miocènes de la Loire	régional
6	7	Argiles plio-quadernaires de Bresse et des Dombes	régional
7	7	Argiles tertiaires de la Haute-Loire	régional
8	7	Argiles vertes éocène de Haute-Loire	NATIONAL
9	1	Calcaires aaléniens pour ciment	régional
10	1	Calcaires bajociens pour chaux	régional
11	1	Calcaires berriasiens couches à ciment de la Porte de France (ciment Prompt)	NATIONAL
12	1	Calcaires berriasiens couches à ciment de la Porte de France (ciment Prompt) sous couverture	NATIONAL
13	1	Calcaires berriasien-valanginiens pour roche ornementale (calcaire de Rocheret)	régional
14	1	Calcaires du Fontanil valanginiens pour chaux	NATIONAL
15	1	Calcaires kimméridgiens "Prapont inférieur" pour industrie verrière	NATIONAL
16	1	Calcaires kimméridgiens pour ciment	NATIONAL
17	1	Calcaires oligo-miocènes des Limagnes	régional
18	1	Calcaires oxfordiens pour ciment	régional
19	1	Calcaires urgoniens pour chaux	régional
20	1	Calcaires urgoniens pour ciment	NATIONAL
21	1	Calcaires urgoniens pour roche ornementale (pierre de Grésy-sur-Aix)	régional
22	4	Diatomites éocènes sous tourbe de Landos	NATIONAL
23	4	Diatomites éocènes sous Lave d'Epezonne	NATIONAL
24	4	Diatomites éocènes sous tourbe du Plagnal	NATIONAL
25	4	Diatomites miocènes sous tourbe de Fond de la Prade	NATIONAL
26	4	Diatomites miocènes sous tourbe de la narse de la Nouvialle	NATIONAL
27	4	Diatomites miocènes sous tourbe de la narse de Lascol	NATIONAL
28	4	Diatomites miocènes sous volcanisme des Coirons (Montagne d'Andance)	NATIONAL
29	4	Diatomites mio-pliocènes de Fauouilloux-Ste-Reine	NATIONAL
30	10	Feldspaths, Kaolin de Beauvoir	NATIONAL
31	10	Feldspaths, Kaolin des Colettes	régional
32	10	Feldspaths, Sables feldspathiques et argiles kaolinitiques, altération tertiaire	NATIONAL
33	2	Gypse aquitain dans les grès molassique de Haute-Savoie et de l'Ain	NATIONAL
34	2	Gypse oligocène dans les argiles sableuses du Cantal	NATIONAL
35	2	Gypse oligocène dans les marnes et calcaires de Ronzon de Haute-Loire	NATIONAL
36	2	Gypse triasique de la Forêt de Tronçais de l'Allier	NATIONAL

37	2	Gypse triasique des Alpes	NATIONAL
38	1	Lauzes campaniennes pour ciment	régional
39	11	Laves basanites mio-pliocènes pour laine de verre	NATIONAL
40	11	Phonolites miocènes pour verre et céramique	NATIONAL
41	9	Pouzzolane de la Chaîne des Puy	NATIONAL
42	9	Pouzzolane des Monts d'Ardèche	NATIONAL
43	9	Pouzzolane du Cézallier	NATIONAL
44	9	Pouzzolane du Devès	NATIONAL
45	8	Quartz filonien	NATIONAL
46	8	Silice, Quartzites de Meillers autuniennes hydrothermalisées	NATIONAL
47	8	Silice, Sables siliceux ou kaoliniques (Paléocène - Eocène indifférencié) pour industrie verrière	NATIONAL

Figure 40 - Liste des 47 gisements de minéraux industriels sélectionnés pour le classement en intérêt régional ou national.

Intérêt des argiles

À l'échelle de la France, les gisements d'argiles communes ne sont pas rares, aussi ce premier critère nécessaire pour avoir un intérêt national n'est pas rempli. Ces gisements offrent un potentiel important d'approvisionnement des filières de fabrication des tuiles et briques, proche des bassins de consommation. En outre certaines carrières ont un intérêt patrimonial fort car elles produisent des tuiles vernissées qui s'exportent dans le monde entier comme c'est le cas du gisement « Argiles et Löss du Lyonnais et du Pilat ». Ces gisements ont donc un intérêt régional fort.

Le seul gisement d'argiles qui peut prétendre à un intérêt national sont les « Argiles vertes éocène de Haute-Loire » car il est probablement unique en France. La demande en produit cosmétique est bien présente et il est impossible de remplacer ce produit sur le marché.

Intérêt des calcaires

Certains calcaires ont été également classés en intérêt national. Il s'agit d'une part des « Calcaires berriasiens couches à ciment de la Porte-de-France (ciment Prompt) » car il s'agit d'un gisement unique de par son histoire et de par les caractéristiques du ciment produit (ciment imperméable à prise rapide). D'autre part, il s'agit des « Calcaires kimméridgiens « Prapont inférieur » pour l'industrie verrière » car les caractéristiques de ce type de calcaire (pauvreté en fer) qui entre dans un processus de fabrication verrière sont rarement retrouvées dans d'autres gisements de calcaires.

Il en est de même pour les calcaires kimméridgiens qui ont une forte teneur en carbonate de calcium (>90 %), et qui d'après la profession montre une substitution par une ressource secondaire de qualité et de quantité équivalentes impossible dans des conditions économiquement raisonnables pour la cimenterie.

Le gisement de calcaires urgoniens est également classé d'intérêt national car la rareté de gisement est liée aux caractéristiques chimiques du calcaire nécessaire à la fabrication de ciment blanc. Le calcaire doit avoir une teneur en carbonate élevée, une teneur en silice de l'ordre de 15 à 17 % et une teneur en oxydes colorants très faible voire nulle. La teneur limite maximale en Fe₂O₃ pour l'exploitation est de 0,3 %. Ce type de calcaire est très spécifique au niveau chimique et il n'y a pas de gisement similaire en France qui permette d'importer cette matière première d'une autre région pour la fabrication de ciments blanc en région Auvergne-Rhône-Alpes.

Certains calcaires sont utilisés pour la production de chaux, comme les calcaires du Fontanil valanginiens. Ce gisement a des teneurs en CaCO_3 très largement supérieures aux 85 % nécessaires à une bonne qualité de chaux. La pureté de ces calcaires permet d'envisager la fabrication de produits industriels pointus comme des aciers inoxydables de très haute qualité pour l'automobile, ou des pièces pour l'industrie nucléaire et l'aéronautique. Leur intérêt est national.

Les autres gisements de calcaires (dont les lauzes campaniennes pour ciment) ont été classés en intérêt régional de par une forte disponibilité à l'échelle de la France (bassins sédimentaires carbonatés qui couvrent une grande partie du territoire) et leur présence proche d'un bassin de consommation et des filières de transformation.

Intérêt des diatomites

Les gisements en France sont rares et localisés en Auvergne-Rhône-Alpes. Les consommateurs ont besoin de ce type de substances car elles leur apportent des spécificités (filtration par exemple) propres à la diatomite qui sont difficilement substituables par d'autres substances. La diatomite est en effet une roche remarquable et unique du point de vue géologique. Même à l'échelle mondiale les gisements ne sont pas légion.

L'intérêt que présentent les produits diatomitiques pour différentes applications est lié à deux caractéristiques intrinsèques et fondamentales : la composition chimique et la structure physique, et aux autres propriétés qui en découlent (inertie chimique, réfractarité, porosité, densité, capacité d'absorption, surface spécifique). Globalement, cette structure confère aux produits diatomitiques les propriétés suivantes :

- densité apparente faible (liée au nombre de frustules par unité de volume) : généralement comprise entre 0,08 et 0,50 à l'état sec, et de 1,3 pour les matériaux bruts de carrière contenant 60 % d'eau ;
- porosité élevée (volume des pores -espaces inter- et interstices intrafrustules- de l'ordre de 85- 95 %), le contact entre les éléments constitutifs (frustules) se faisant principalement en des points isolés de leur surface, d'où des propriétés isolantes (faible conductivité thermique : 0,07 à 0,2 kcal/m-h-°C) ;
- grande surface spécifique, pouvant varier de 3 à 38 m²/g selon les types de produits;
- forte capacité d'absorption des liquides : jusqu'à 3 à 4,5 fois son propre poids (par exemple 100 à 300 cm³ d'huile/100 mg);
- dureté (échelle de Mohs) : 4,5 à 6,0 en particules et 1,5 en masse, d'où un pouvoir faiblement abrasif.

Les propriétés physiques et chimiques particulières des produits diatomitiques, naturels, calcinés et activés, permettent des applications dans une large gamme de secteurs industriels. Les premières utilisations des blocs et des poudres de diatomite ont concerné les produits absorbants, abrasifs et isolants.

Du point de vue de la substitution, pour les secteurs des adjuvants de filtration, des engrais ou pour l'alimentation animale il existe une croissance des besoins à court et moyen termes avec une certaine difficulté pour trouver des produits de substitut. Pour d'autres usages, comme les charges minérales pour l'industrie du papier et des peintures, la diatomite peut être remplacée par des substituts moins coûteux (i.e. carbonates de calcium).

Pour ces raisons les gisements de diatomites sont classés en intérêt national.

Intérêt du Gypse

Les gisements français les plus exploités sont ceux du Bassin Parisien, d'âge tertiaire, et qui fournissent plus des deux tiers de la production nationale. Bien que très importants, leur accès est grevé par l'urbanisation de l'agglomération parisienne. Les gisements de l'Est (dont Auvergne-Rhône-Alpes) et du Sud de la France, d'âge triasique et tertiaire principalement, fournissent le reste de la production. Les réserves techniquement exploitables sont très élevées. (200 ans de réserve au rythme de consommation actuel). Là aussi, l'accès à ces gisements est limité dans l'espace par la prise en compte des différents enjeux, notamment environnementaux. Les massifs hercyniens comme la Bretagne ou le Massif Central sont quant à eux des déserts géologiques du point de vue présence de Gypse qui n'est pas disponible partout à l'échelle de la France.

Le gypse peut être utilisé comme adjuvant aux ciments, en agriculture pour l'amendement, et quand il est pur comme charge minérale et comme matière première pour la chimie. Ces secteurs représentent une petite part de la consommation totale. La plus grande partie de la production est destinée à l'élaboration des différentes sortes de plâtre. Il existe une forte dépendance pour cette substance et elle est difficilement substituable sauf à se passer entre autre de plâtre. Les produits de substitution ou le recyclage, comme le gypse résiduaire ou de synthèse, ne semble pas être actuellement compétitifs en France sur le plan économique, et leur utilisation pour la production de plâtre pose de nombreux problèmes techniques.

Pour ces raisons les différents gisements de gypse sont classés d'intérêt national.

Intérêt des Pouzzolanes

Les gisements français de pouzzolanes actuellement exploités s'inscrivent dans sept provinces volcaniques différentes d'âge récent, pliocène supérieur et le plus souvent quaternaire : la Chaîne des Puys, le Mont-Dore, le Cézallier, le Devès, le bassin du Puy-en-Velay, l'Ardèche et le Bas-Languedoc. Il n'existe pas d'autres gisements ailleurs en France. Compte tenu des contraintes géologiques, la production nationale est très sectorisée, ne concernant que quatre départements métropolitains : Ardèche, Haute-Loire, Hérault et Puy-de-Dôme. La majeure partie de cette production, soit 85 % en 1991, est assurée par l'ex région Auvergne. Ce qui en fait une substance peu disponible à l'échelle de la France. La pouzzolane est ainsi amenée à parcourir des kilomètres pour approvisionner le marché national voir international qu'elle touche. Les gisements de l'Auvergne-Rhône-Alpes avec leur position centrale constitue en soi une chance pour rayonner sur l'ensemble de la France de manière optimale quant à la distanciation kilométrique.

Les pouzzolanes sont des granulats légers utilisés dans différents secteurs industriels du fait de leurs propriétés liées à leur composition essentiellement vitreuse, à leur faible densité et leur forte porosité que leur confère leur structure alvéolaire. Il n'existe pas d'autres substances présentant les mêmes caractéristiques que la pouzzolane, roche unique dans le domaine de la géologie. De par leur pouzzolanité, c'est-à-dire leur capacité à se lier à la chaux en présence d'eau, ces matériaux contribuent à la formation d'un liant, mélange à prise lente (liant pouzzolane chaux). De ce fait, ils sont naturellement les mieux adaptés à l'utilisation en construction routière, contrairement aux ciments classiques à forte teneur en clinker. Par ailleurs, les pouzzolanes sont utilisées comme adjuvants dans les bétons de masse dont elles améliorent considérablement la qualité : meilleure ouvrabilité, augmentation de la résistance au gel, résistance à l'action des eaux agressives, diminution de la solubilité de la chaux. Enfin, la couleur des pouzzolanes peut être un paramètre essentiel pour certaines utilisations, la couleur rouge étant particulièrement recherchée. Les pouzzolanes sont aussi connues du grand public pour leur utilisation en aménagement paysager et en substitution du salage des routes l'hiver.

Les produits de substitutions (diatomite, perlite, vermiculite, bentonite, zéolites, laine de roche et schistes expansés, laitiers de hauts fourneaux, cendres volantes de centrales thermiques, fumées de silice, vermiculite, polystyrène, etc.) sont des substances également rares, peu disponibles et avec une forte dépendance qui ne présente toujours pas un rapport coût/qualité avantageux

Pour ces raisons les gisements de Pouzzolanes sont classés d'intérêt national.

Intérêt des feldspaths

La France possède assez peu de gisement de feldspath. En dehors de la région Auvergne-Rhône-Alpes, les Feldspaths sont présents dans le Midi et le Morvan.

Les industries du verre et de la céramique utilisent les plus importantes quantités de feldspaths et de roches feldspathoïdes, à la fois pour leurs propriétés de fondant et pour leurs apports en alumine et en éléments alcalins (potassium et sodium). Feldspaths et feldspathoïdes sont également utilisés dans d'autres industries, jouant le rôle de produits de charge, d'abrasifs, de minerai d'aluminium, etc.

Compte-tenu du prix de revient relativement bas des feldspaths et des syénites néphéliniques, il n'existe pas de matériau de substitution économiquement comparable pour les produits utilisés en verrerie et céramique.

Aussi, pour ces raisons les gisements de feldspath sont classés en intérêt national, excepté le gisement des Colettes dont la qualité est moindre par rapport au gisement de Beauvoir.

Intérêt de la Silice (quartz, calcédoine, etc.)

La silice ou dioxyde de silicium est essentiellement présente dans la nature sous forme de quartz ou de calcédoine. Elle est utilisée en raison de sa dureté (7 sur l'échelle de Mohs), de son inertie chimique, de ses propriétés optiques ou piézo-électriques mais surtout en raison de ses propriétés vitrifiantes. C'est enfin la première source naturelle de silicium. En France, sous forme de sables siliceux, elle est principalement destinée à l'industrie du verre, une petite part à celle de la fonderie, au bâtiment et dans une moindre mesure, à la céramique, la chimie et la filtration ou comme charge dans de nombreux domaines comme les peintures, les plastiques ou l'alimentation animale.

La part accrue du recyclage des matières utilisées dans le domaine du verre creux et de la fonderie, devraient restreindre la demande en ressource siliceuse naturelle. À l'exception notable du domaine de l'électro-métallurgie où le recyclage restera probablement limité à moyen terme. Dans ce secteur, du fait des spécifications tant granulométriques que chimiques imposées aux matières premières, de nouvelles sources d'approvisionnement devraient être développées pour faire face à la demande en matière première de haute pureté.

En France, seule une vingtaine de départements est producteur de silice.

La silice reste une matière première à faible coût unitaire dans ses principales utilisations de masse : verre creux, verre plat, fibre de verre, sables de fonderie, source de silicium en électrométallurgie. Il pourrait donc sembler difficile de trouver une alternative à cette ressource qui nécessite des spécifications bien précises.

Pour ces raisons, les gisements de Silice sont classés en intérêt national.

Intérêt des laves basanites mio-pliocènes pour laine de verre

Ce gisement est proposé d'intérêt national car les laves basanites exploités pour la fabrication de laine de verre ont des propriétés adaptées qui se retrouve rarement dans la nature. Il est donc difficile de trouver d'autres gisements aux propriétés similaires. D'après les essais chimiques réalisés, le basalte exploité possède des caractéristiques chimiques intrinsèques uniques et irremplaçables à ce jour par d'autres matériaux ou d'autres gisements basaltiques : en termes de composition chimique (paramètres mesurés : Taux de SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, TiO₂, MnO, P₂O₅, SO₃, ...) et en termes de taux d'humidité et de perte de masse à 1 050 °C. Par ailleurs, la coupure granulométrique (80/150) réalisée s'adapte parfaitement au process de l'usine qui fabrique la laine de verre. De plus, l'emplacement stratégique du site permet de réduire les coûts lié transports.

2.3. CORRESPONDANCE AVEC LA RÉGION PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR

La région PACA, pilote dans la mise en œuvre des Schémas Régionaux des Carrières, a établi une liste de 6 substances d'intérêt national et de 2 d'intérêt régional. Afin d'assurer et de vérifier une homogénéité cartographique avec PACA, chacun de ces 8 gisements est mis en correspondance avec ceux d'AURA.

Argiles (Éocène – Oligocène) : la correspondance avec les « Argiles oligocènes du bassin de la Loire » pourrait être faite. Néanmoins, il n'y a pas de continuité géographique entre les deux régions. Le problème de contact cartographique ne se pose donc pas.

Calcaires bioclastiques (faciès « craie d'Orgon ») de l'Urgonien : les « Calcaires urgoniens pour ciment » ont été sélectionné en AURA mais le faciès « Craie d'Orgon » n'apparait pas en AURA. En PACA ce faciès spécifique est utilisé comme charge minérale, ce qui demande des caractéristiques différentes par rapport à la réalisation de ciment blanc que nous avons en Auvergne-Rhône-Alpes.

Dolomies du Jurassique : il n'y a pas de gisement dolomitique en AURA. Le gisement en PACA est localisé au nord de Marseille.

Sables ocreux du Crétacé inférieur : il s'agit des ocres du Vaucluse qui n'ont pas d'équivalent en AURA.

Sables siliceux de l'Albo-Cénomanién : il n'y a pas de correspondance cartographique en AURA. En AURA, les sables siliceux exploités étant d'âge tertiaire « Silice, Sables siliceux ou kaoliniques (Paléocène - Éocène indifférencié) pour industrie verrière ».

Gypse : aucune distinction entre les différents gisements de gypse n'a été opérée en PACA car le gisement s'avère de grande extension. Aussi, pour le classement en intérêt national, seul l'emprise des gisements potentiels identifiés par les exploitants des carrières en activité ont été prise en compte. Le choix en AURA a été de prendre l'ensemble des gisements de gypse et seul le gypse triasique et oligocène peut être corrélé avec le gisement de PACA sans qu'il y ait pour autant un contact cartographique entre les deux régions car en PACA la délimitation est restreinte au gisement connu par les carriers.

Calcaire pour ciment : aucune distinction n'est opérée en PACA. Afin de préciser le contour de ces gisements, les exploitants des carrières actives ont transmis l'emprise des gisements potentiels. Il est par conséquent difficile en l'état de faire une corrélation avec AURA.

Argiles utilisées pour la fabrication de tuiles / briques : faute de données sur l'emprise du gisement potentiel, aucun gisement n'a pu être délimité en PACA.

3. Les granulats

3.1. RAPPEL

L'objectif est d'identifier les gisements potentiellement exploitables de roches massives et d'alluvionnaires hors d'eau qui pourraient se substituer à l'approvisionnement par des gravières (granulats issus des alluvions en eau).

Contrairement à ce qui était prévu au cahier de charge, qui indiquait que les travaux d'identification des gisements se concentreraient dans les zones proches des bassins de consommation (Figure 41), le travail s'est effectué sur l'ensemble du territoire AURA. En effet, la condition de la proximité du bassin de consommation servait essentiellement comme condition pour le classement en intérêt régional du gisement, or la profession n'a pas souhaité que la distinction entre régional et national soit réalisée pour les granulats.

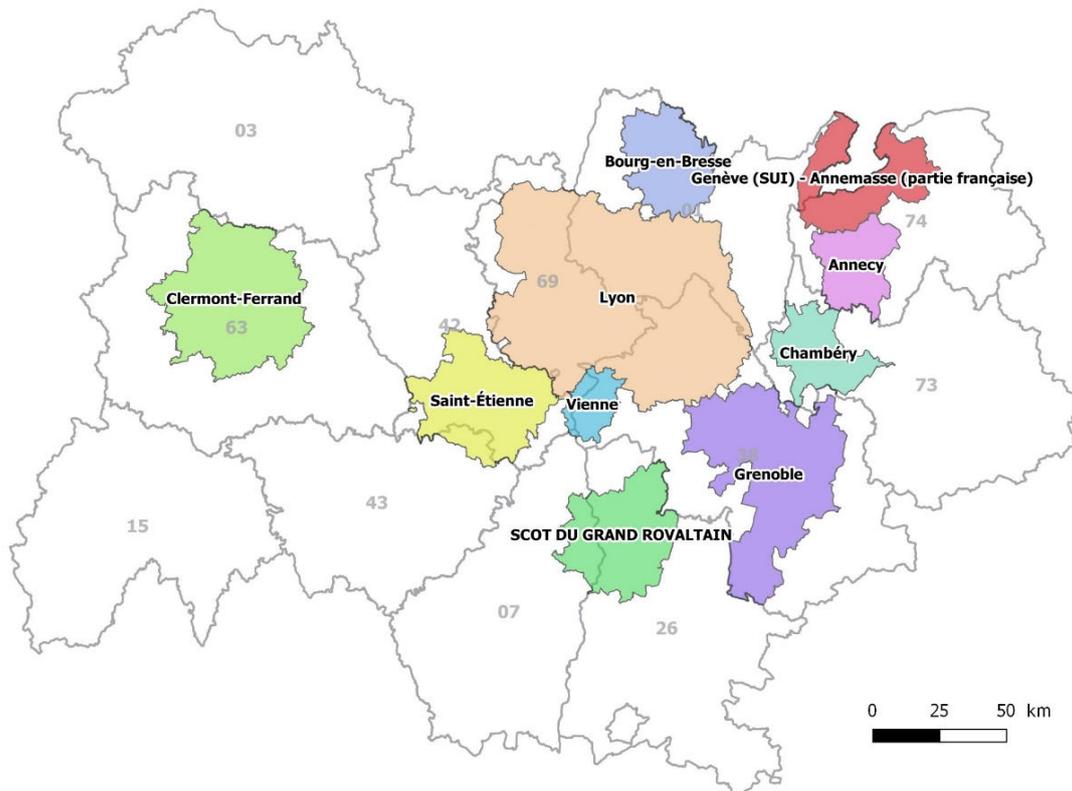


Figure 41 - Bassin de consommation majeurs (aires urbaines 2010) pour la région Auvergne-Rhône-Alpes.

3.2. CHOIX DES GISEMENT DE SUBSTITUTION

Le travail est identique à celui des minéraux industriels pour l'identification et la cartographie des gisements. Pour cela une étude bibliographique plus poussée a été effectuée sur les meilleurs substances choisies afin de correctement les cartographier en terme de gisement. L'étude BRGM (RP-52706-FR) sur les substitutions aux granulats dans la zone des Combrailles a été également prise en compte car elle comporte des informations sur la qualité des matériaux et leur cartographie.

3.2.1. Zone des Combrailles

En 2003, dans la zone des Combrailles, une étude BRGM (BRGM RP-52706-FR) a proposé les roches cristallophylliennes (granite, gneiss, migmatite, etc.) comme gisements de substitution.

Les étapes et les tâches de ce travail ont été les suivantes :

- une étude détaillée, sur la base des cartes géologiques, a permis plusieurs approches préliminaires en vue d'identifier les faciès candidats à la substitution ;
- cartographie à l'échelle du 1/25 000 de la surface de base des altérites du socle plutonique et métamorphique issu du terrain et de la Banque de données du Sous-Sol afin de déterminer l'épaisseur des morts-terrains qui doit être minimale et assuré un taux de découverte faible. Cette cartographie de la surface de base des altérites (contact avec les roches fissurées sous-jacentes) et de la fracturation (failles décalant cette surface) à l'échelle 1/25 000, réalisée à partir d'un grand nombre d'observations de terrain (environ 3 500 points), a permis d'aboutir à une cartographie de l'épaisseur des altérites sur l'ensemble de la zone des Combrailles ;
- compilation de données géotechnique, à partir des données bibliographiques, et de nouveaux essais de caractérisation mécanique (Los Angeles (LA) et Microdeval (MDE)) d'échantillons représentatifs.

La combinaison des paramètres géologiques et géotechniques les plus favorables (absence ou faible épaisseur des altérites, meilleures qualités géomécaniques des roches) et des valeurs environnementales et contraintes réglementaires les plus drastiques, conduit à identifier plusieurs secteurs d'intérêt et d'une grande extension géographique au sein de la zone des Combrailles.

Hormis les deux types de roches encore exploitées en 2003 (tufs rhyolitiques de Châteauneuf et basaltes), qui couvrent 100 % des besoins qualitatifs mais dont l'extension géographique est très limitée, cette étude met en évidence, au niveau géotechnique, trois faciès qui présentent un réel intérêt pour la substitution des granulats alluvionnaires. Il s'agit des :

- métatexites (ou migmatites) ; (gisement : « *Métamorphite d'Ussel-Chavanon* » pour cette étude) ;
- monzogranites ; (gisement « *granitoïdes hercyniens* » pour cette étude) ;
- tufs rhyolitiques de Manzat ; (gisement « *Complexe volcano-sédimentaire dévono-viséen* » pour cette étude).

Ces nouveaux gisements sont susceptibles de satisfaire la quasi-totalité (90 à 95 %) des besoins qualitatifs en granulats du département du Puy-de-Dôme, et de plus couvrent une surface importante de la zone d'étude des Combraille (environ 30 %).

3.2.2. Gisements en cours d'exploitation

L'étude précédente de 2017 sur la cartographie des ressources primaires (BRGM/RP-67368-FR) a caractérisé 10 classes de matériaux (g1 à g10) selon les discussions et les décisions prises lors des réunions du groupe de travail. Le travail a également été complété sur l'ex-région Rhône-Alpes (Figure 42). C'est à partir de cette carte que les gisements de substitution ont été sélectionnés.

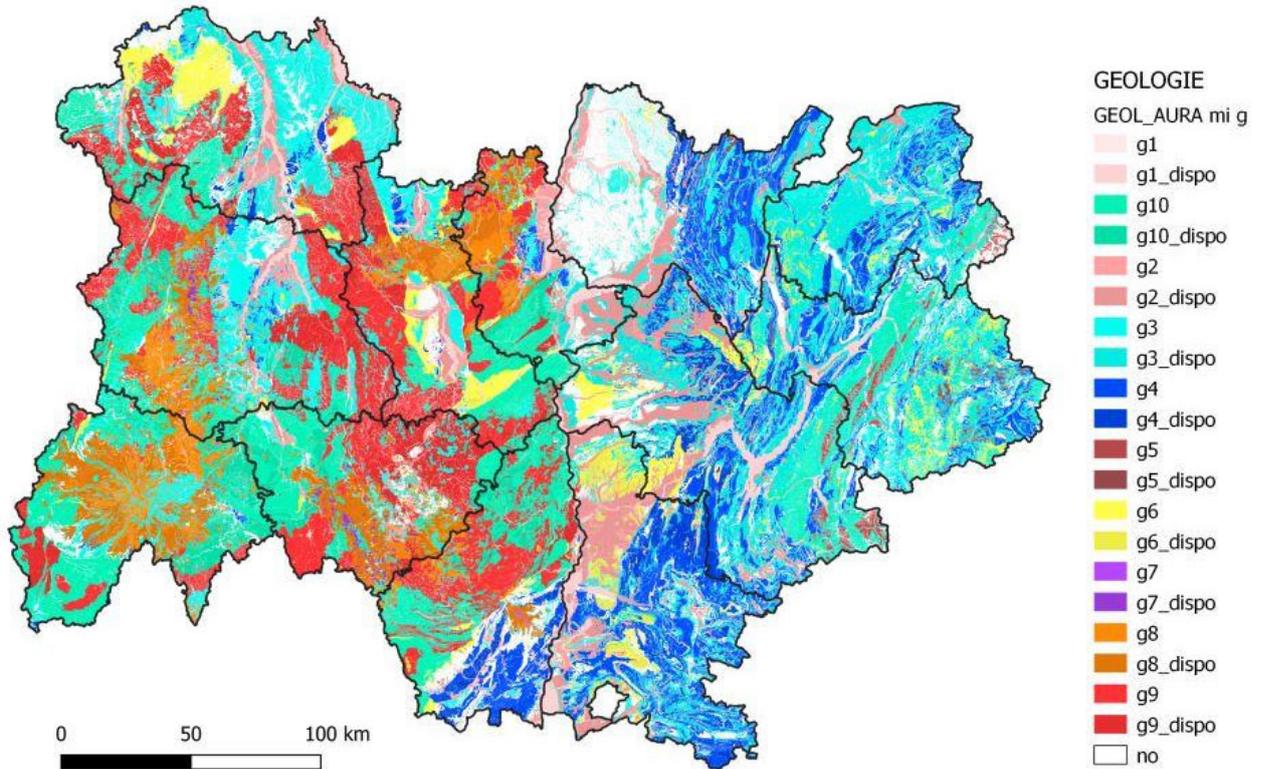


Figure 42 - Carte des ressources en granulat sur la région Auvergne-Rhône-Alpes.

Une étude bibliographique et surtout la base de données des carrières actives a permis de sélectionner les gisements de bonne qualité parmi la ressource. Par exemple, la carrière de la Borée a permis d'identifier le gisement des « sables volcanique des Monts d'Ardèche » (Figure 43).



Figure 43 - Gisement des sables volcaniques des Monts d'Ardèche (carrière de la Borée).

C'est au total 55 gisements qui ont été individualisés et qui peuvent servir de report aux alluvions récentes (exploitation en eau). Le tableau suivant résume les gisements ainsi que leur correspondance avec les ressources définies lors de la première phase.

Gisements de granulats exploités en Auvergne-Rhône-Alpes en 2019	Alluvions récentes (g1)	Alluvions anciennes (g2)	Meubles non alluvionnaires (g3)	Calcaires (g4)	Dolomies (g5)	Quartz (g6)	Pouzzolanes (g7)	Volcanites (g8)	Plutonites (g9)	Métamorphites (g10)	nombre de carrières en activités
Alluvions récentes (Exploitation en eau)	51										51
Alluvions anciennes		51									51
Alluvions correspondantes des cônes de déjection		3									3
Alluvions fluvio-glaciaires		83									83
Cônes torrentiels de déjection			9								9
Dépôts anthropiques			3								3
Dépôts glacio-lacustres			10								10
Eboulis et colluvions			27								27
Formation argilo-caillouteuse de Chambaran-Bonnevaux			1								1
Moraines glaciaires			19								19
Formation des Sables et argiles du Bourbonnais			9								9
Calcaires berriasiens/valanginiens				4							4
Calcaires du Dogger				7							7
Calcaires kimméridgiens/lithoniens				17							17
Calcaires liasiques				2							2
Calcaires miocènes				2							2
Calcaires oligocènes des Limagnes				1							1
Calcaires oxfordiens				3							3

Calcaires sénoniens				2							2
Calcaires urgoniens				13							13
Calcaires viséens				1							1
Dolomies du Dogger					1						1
Dolomies tithoniennes					1						1
Quartzites triasiques						2					2
Sables siliceux tertiaires						6					6
Grès houillers						3					3
Grès turoniens						1					1
Molasses tertiaires						8					8
Pouzzolanes de la Chaîne des Puys							3				3
Pouzzolanes du Cantal							3				3
Pouzzolanes du Cézallier							1				1
Pouzzolanes du Devès							5				5
Pouzzolanes du Mont-Dore							1				1
Pouzzolanes du Velay							2				2
Sables volcaniques des Monts d'Ardèche								1			1
Complexe volcano-sédimentaire dévono-viséen								17			17
Volcanisme de la Chaîne des Puys								2			2
Volcanisme de la Haute-Loire								16			16
Volcanisme de la Petite Chaîne des Puys								2			2
Volcanisme des Monts d'Ardèche								2			2
Volcanisme du Cantal								12			12
Volcanisme du Cézallier								6			6
Volcanisme du Mont-Dore								5			5
Volcanisme du plateau des Dômes								6			6
Volcanisme du Sancy								1			1
Unité de la Brévenne								1			1
Unité de Ronzière et du Callet								1			1
Granitoïdes hercyniens									43		43
Roches filoniennes									6		6
Métamorphite d'Ussel-Chavanon										4	4
Métamorphites de la Sioule - Aigurande										6	6
Métamorphites des Monts du Lyonnais et du Beaujolais										1	1
Métamorphites du Pilat et du Vivarais										6	6
Schistes verts dinantien viséen										1	1
Unité Inférieure des Gneiss										7	7
Unité Supérieure des Gneiss										4	4
nombre de carrières en activités	51	##	78	52	2	20	15	72	49	29	505

Figure 44 - Liste des différents gisements associés à la ressource et aux carrières en activité en AURA.

4. Les roches ornementales

4.1. RAPPEL

Toutes les ressources identifiées comme pierres ornementales dans l'étude de 2017 (cartographie des ressources primaires) seront a priori classées en gisement d'intérêt régional.

La cartographie du gisement autour de chaque site identifié ne sera pas réalisée compte-tenu de la petitesse probable de ces gisements et de l'échelle de rendu au 1/100 000.

4.2. L'ENQUÊTE AUPRÈS DES CARRIERS

Seule deux carriers ont répondu sur l'aspect pierre ornementale car leur gisement sert également à la production de granulats. Il s'agit des :

- calcaires urgoniens pour roche ornementale (pierre de Grésy-sur-Aix) ;
- calcaires berriasien-valanginiens pour roche ornementale (calcaire de Rocheret).

Comme il a été défini avec le COPIL, ces gisements sont classés en intérêt régional.

4.3. INDICATION GÉOGRAPHIQUE

L'association RHÔNAPI est chargée de la défense et la gestion de l'indication géographique (IG) « pierres marbrières de Rhône-Alpes ». Cette nouvelle indication géographique est homologuée par l'Institut national de la propriété industrielle (INPI) le vendredi 29 novembre 2019, date de publication de la décision au bulletin officiel de la propriété industrielle : les « pierres marbrières Rhône-Alpes ».

L'IG est la reconnaissance du « made in local » des produits manufacturés à l'instar des AOC pour les produits agricoles. L'objectif est de garantir aux consommateurs et aux acheteurs la provenance des produits et l'authenticité des savoir-faire mis en œuvre, protéger les industriels et artisans des contrefaçons et de la concurrence déloyale, renforcer la valeur ajoutée de leurs produits, protéger les savoir-faire, redynamiser les territoires et développer l'emploi « <https://rhonapi.org/indication-geographique-pierres-marbrieres-de-rhone-alpes/> ».

La liste des pierres de Auvergne-Rhône-Alpes présentée dans la Figure 45 n'est pas exhaustive. Les informations techniques proviennent du Lithoscope du Centre Technique de Matériaux Naturelles de Construction (CTMNC). Il a pour objectif de recenser l'ensemble des roches ornementales et de construction extraites aujourd'hui en France.

Le recensement ayant débuté en 2009, la base est régulièrement enrichie de nouvelles pierres.

L'ensemble des sites recensées sont inclus dans un gisement de type granulats.



Figure 45 - Roches ornementales d'Auvergne-Rhône-Alpes suivant Rhônapi.

5. Conclusion

La première phase de l'évaluation des matériaux et substances primaires du schéma régional des carrières a consisté en 2017 à définir les ressources en granulats et minéraux industriels sur l'ensemble de la région Auvergne-Rhône-Alpes. En 2017, seule l'ex-Région d'Auvergne a fait l'objet d'un travail détaillé à partir des cartes géologiques harmonisées départementales. L'ex-région Rhône-Alpes ayant été mise de côté car il existait au préalable une cartographie des ressources réalisées en 2010 par le BRGM. Afin d'assurer une homogénéité, le même travail a été réalisé sur l'ex-région Rhône-Alpes à partir des cartes géologiques harmonisées départementales. C'est au total, 10 ressources en granulat (noté de g1 à g10), 12 ressources en minéraux industriels (noté de mi1 à mi12), et 11 ressources en pierre ornementale (noté de po1 à po11) qui ont été définies lors des COPILs et distinguées ensuite de manière cartographique au 1/100 000.

À partir de ses ressources, de la base GEREP (base déclarative des carrières de la DREAL), de la base CARMA (base carrières et matériaux du BRGM), de la bibliographie, cette étude a permis d'évaluer les gisements d'intérêt sur la région Auvergne-Rhône-Alpes.

C'est au total 47 gisements de minéraux industriels qui ont été sélectionnés pour un intérêt et 55 gisements de granulats (alluvions en eau compris).

Chacun de ses gisements a fait l'objet d'une cartographie particulière qui prend en compte la lithologie, la qualité des matériaux et substances (sans pour autant prendre en compte les analyses chimiques, mécaniques et les données de la BSS, mais plutôt sur la base des notices géologiques et de la bibliographie et des réponses de la profession). Les emprises de gisements communiqués par les carriers ont également été incorporées dans la cartographie.

Les « contraintes fortes » ou « zones réhabilitables » ont été soustraites des gisements et des critères techniques comme des surfaces minimale (10 ha pour les granulats, 3 ha pour certains minéraux industriels), des fortes pentes (supérieurs à 66° pour un MNT au pas de 25 m), des altitudes supérieures à 3000 m ont permis de prendre en compte quelques une des contraintes techniques et économiques que rencontrent la profession. Le résultat constitue les gisements valorisables.

Chaque gisement valorisable des minéraux industriels ainsi obtenue a été classé en intérêt régional ou national suivant la méthodologie explicitée dans la circulaire d'application du décret sortie au mois d'août 2017. Les gisements de granulats n'ont pas fait l'objet d'une distinction entre une intérêt régional ou national. La cartographie de ces derniers avait pour but d'examiner et de trouver des gisements qui servent de remplacement aux granulats issues des alluvions en eau (classé g1 dans l'étude des ressources de 2017). C'est au total 54 gisements de granulats qui peuvent servir au report des granulats issus des alluvions en eau.

Le résultat est une cartographie au 1/100 000, qui n'a qu'une valeur statistique au regard de la validité des connaissances géologiques actuelles et ne peut en aucun se soustraire à une étude plus fine au 1/50 000, 1/25 000 ou cadastrale qui est du ressort du carrier. Cette cartographie des gisements valorisables doit être considérée seulement comme un document d'orientation.

Faute de temps et de moyen, il n'a pas été possible de cartographier de manière identique les gisements de roches ornementales. Il serait pourtant nécessaire de compléter ce panorama avec la cartographie ces gisements non d'une manière ponctuelle mais de manière surfacique avec la

prise en compte de la qualité, des critères techniques, des contraintes fortes pour apporter une connaissance cartographique plus précise (Lave de Volvic par exemple).

Il serait également intéressant d'évaluer les volumes des gisements suivant les grandes catégories de matériaux (granulats) et substances (minéraux industriels), ne serait-ce que de mettre en lumière de possible tension sur certains gisements, notamment sur les granulats alluvionnaires en eau ou une conséquente bibliographie (dossier parafiscaux) existe et qui n'a pas pu être exploitée dans cette étude.

7. Bibliographie

AMAT.CHANTOUX. R. Mars 1986 Caractérisation du gisement de pierre à chaux de la carrière de sassenge (38) BRGM/86-SGN-139-RHA 64 p. 4 pht., 3 cartes. Usage interne uniquement

AMAT.CHANTOUX.R., BOBILLON.G. Octobre 1981 Étude des ressources en granulats de la région d'Annecy (Savoie). BRGM/81-SGN-612-RHA 13 fasc.

AMAT.CHANTOUX.R., SIONNEAU.J.M. Janvier 1980 Évaluation des ressources de sables et graviers de la plaine de Passy (74) et étude de réaménagement des exploitations de granulats. BRGM/80-SGN-043-RHA 26 p. 5 pht., 5 cartes

ARNAUD TOURMAN. 2007 Fonctionnement, dynamique et intérêt paléoenvironnemental des tourbières du plateau volcanique du Devès (Velay, Massif Central français). Géologie appliquée. Université Jean Monnet - Saint-Etienne, Thèse

ASTE.J.P., MESSIN.M. Septembre 1974 Étude des ressources en sables et graviers sur le territoire du SDAU de vienne, Givors, Péage de Roussillon (Isère, Rhône, Drome, Loire, Ardèche). BRGM/74-SGN-303-JAL 65 p. 2 cartes

BADINIER.G., ISSAUTIER.B., LASSEUR.E., SERRANO.O. Juillet 2012 Étude géologique des calcaires oolithiques bajociens de la carrière de la Gagne (Trept, Isère). Rapport final BRGM/RC-61384-FR41 p., 1 ann. Confidentiel

BAMBIER A., BORNAND M., CHENEVOY M., COMBIER J., DEBROMEZ J-F, MANDIER P., MONJUVENT G., (1979), Notice et carte géologique au 1/50000 de Tournon, BRGM.CHARLES N., COLIN S., GUTIERREZ T., LEFEBVRE G., (2018), Kaolin et argiles kaoliniques, Mémento Rapport final BRGM/RP-67334-FR, BRGM.

BERNIER, P. (1984) : « Les formations carbonatées du Kimméridgien et du Portlandien dans le Jura méridional. Stratigraphie, micropaléontologie, sédimentologie. » -Doc. Lab. géol. Fac. Sc. Lyon 92/1-2, 803 p, Lyon

BILLET.C. Avril 1977 Inventaire des carrières dans le département de la Haute-Loire. Actualisation 1975-1976. BRGM/77-SGN-209-MCE. 34 p. 1 carte

BOBILLON.G., VILLAIN.J., AMAT.CHANTOUX.R. Mars 1977 Étude préliminaire des ressources en matériaux alluvionnaires du département de la drome. BRGM/77-SGN-256-JAL 55 p. 17 cartes

BOIS.J., MICHAELY.B., FARIGOULE.Y., MISHHELLANY.A. Janvier 1981 Inventaire des ressources en matériaux meubles dans la région du Puy-en-Velay BRGM/81-SGN-256-AUV 69 p. 30 pht., 2 cartes

BOIVIN, P., BESSON, J.-C., BRIOT, D., CAMUS, G., de GOËR de HERVE, A., GOURGAUD, A., LABAZUY, P., LANGLOIS, E., de LAROUZIERE, F.-D., LIVET, M., MERGOIL, J., MIALLIER, D., MOREL, J.-M., VERNET, G., VINCENT, P.M. - 2009 - Volcanologie de la Chaîne des Puys. Parc Nat. Régional la Chaîne des Puys (Ed.), Cart. Fasc. 5e édition 200pp.

BRGM et LRPC (2003) – Identification et caractérisation des ressources en matériaux de substitution aux granulats alluvionnaires dans le département du Puy-de-Dôme : la zone des Combrailles – Rapport BRGM RP-52706-FR et LRPC 63/01/14525, 98 pages, 9 tableaux, 21 figures, 6 planches hors texte.

BRGM 1981 INVENTAIRE DES RESSOURCES EN MATERIAUX MEUBLES DANS LA REGION DU PUY-EN-VELAY 81 SNG 256 AUV

BRGM Mars 1975 Inventaire des ressources naturelles du département du cantal. 1- matériaux de carrières. -2- sources minérales et thermales. -3- ressources minières. BRGM/75-SGN-096-MCE214 p. 2 cartes

BRGM Janvier 1977 VAL D'ALLIER. Synthèse des ressources en eau et en granulats dans le département de la Haute-Loire. BRGM/77-SGN-011-MCE20 p. 8 cartes.

BRGM Décembre 1970 Synthèse des données sur les ressources en eau et en granulats des alluvions de l'allier entre Vic-le-Comte (Puy-de-Dôme) et Saint-Yorre (allier). BRGM/70-SGN-317-MCE 28 p. 4 cartes

BRGM et CETE (1980) - Étude des réserves en matériaux pouzzolaniques à la périphérie nord est de la Chaîne des Puys. Rap. BRGM 80 SGN 168 AUV et CETE PD 78/316, 103 p.+ cartes h.t. BRGM MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT ET DU CADRE DE VIE, MINISTERE DE L'INDUSTRIE, CETE Novembre 1980 Ressources en sables et graviers alluvionnaires de la région d'Aurillac BRGM/80-SGN-710-AUV 46 p. 1 pht., 2 cartes

Cartannaz C., Vanoudheusden E. (2017) – Cartographie des ressources primaires pour le schéma régional des carrières – Région Auvergne-Rhône-Alpes. Rapport final. BRGM/RP-67368-FR, 27 p., 9 fig., 3 ann., 1 CD

CETEL, BRGM Janvier 1985 Taxe parafiscale sur les granulats (Ref. TPGF 39-03-08 Val d'allier). Interaction des ressources en granulats et en eaux souterraines entre moulins et le confluent avec la Loire (bec d'allier) (départements : Allier-Cher-Nièvre) - définition des zones d'exploitabilité des granulats et de la nappe alluviale. BRGM/85-AGI-007-AUV 130 p. 2cart.ht

DELFAU.M. Décembre 1979 Memento substances utiles (matériaux de carrière). Diatomite. BRGM/79-SGN-158-MTX 22 p MATHON.C., CETE LYON, DDE HAUTE-LOIRE, MINISTERE DE LE.BERRE.P., PASQUET.J.F. 1991 Gisement d'argile absorbante de Couleuvre - les Dumys ; reconnaissance complémentaire par sondage carottes et tranchées, Note technique, NOTE/91-N-152

ENAY, R. (1965) : « Les formations coralliennes de Saint Germain-de-Joux (Ain). » - Bull. Soc. Géol. Fr., 7/VII, 23-31, Paris -- (1981) : Carte géologique de la France au 1/50.000, Saint-Rambert-en-Bugey -B.R.G.M., no. 676, Orléans.

L'ECONOMIE DES FINANCES ET DE L'INDUSTRIE 1998 Inventaire des cavités souterraines liées à l'extraction de calcaire à chaux et de gypse du district du Puy-en-Velay (43). Analyse chronoséquentielle des photographies aériennes. BRGM/RR-39744-FR 2 vol., (Texte + Annexes) [pag. mult.], 5 cartes HT

MESSIN.M. Septembre 1976 Étude complémentaire des ressources en sables et graviers de quelques secteurs situés sur le territoire du SDAU de Givors-Vienne-Péage de Roussillon (Isère-Drome). BRGM/76-SGN-356-JAL 35 p. 9 pht.

MALATRAIT.A.M. (1988) - ÉVALUATION DES RÉSERVES POUR 3 SITES EN CHARTREUSE : MONTAGNOLE, LA PERELLE, LES COMBES. BRGM/88-SGN-518-RHA, 28 p. 8 pht., 6 cartes

MALATRAIT A.-M., (1981), Inventaire des ressources en sables industriels de la région Rhône-Alpes, BRGM.

MESSIN.M., MOIMEAUX.L. Octobre 1989 Vallée de la Maurienne. Inventaire des ressources en matériaux exploitables en carrières d'éboulis BRGM/RR-30050-FR 42 p. 7 cartes

PACHOUD.A., AMAT.CHANTOUX.R., VILAIN.J.P., BOBILLON.G. Septembre 1975 Inventaire préliminaire des ressources en sables et graviers du département de Haute-Savoie. Rapport d'étude. BRGM/75-SGN-044-JAL 92 p. 14 cartes

ROCHER.P., JOURDIN.COCHET.B., MALON.J.F., BRETON.J.Y. Janvier 2003 Valorisation des matériaux et sous-produits de carrières pour la poterie et la céramique en région Auvergne - Bilan de la phase 2. BRGM/RP-52046-FR104 p.

ROCHER.P., BRETTEVILLE.V., THIBAUT.P.M. Avril 2001 Valorisation des matériaux et sous-produits de carrières pour la poterie et la céramique en région Auvergne - Bilan de l'année 1. BRGM/RP-50832-FR. 48 p.

ROIGNOT.R., BEAUDUC.P. Juin 1974 Étude des ressources en sables et graviers de la plaine de l'Ain dans le périmètre du S.D.A.U. du Haut-Rhône. BRGM/74-SGN-193-JAL 10 p. 1 carte

ROIGNOT.R. Juillet 1970 Étude des ressources en sables et graviers dans les périmètres des zones d'aménagement de la région lyonnaise. BRGM/70-SGN-199-JAL 23 p. 1 carte.

SAINT.MARTIN.M. Janvier 2010 Carte des ressources en matériaux de carrières de la Région Rhône-Alpes. Rapport final. BRGM/RP-58002-FR 17 p. 1 CD

Annexe 1

liste des gisements de minéraux industriels et cartographie des gisements de minéraux industriels (planche hors texte)

Schéma Régional des carrières Auvergne-Rhône-Alpes, évaluation des gisements

	mi	nom_du_gisement	intérêt
1	7	Argiles autuniennes du bassin d'Aumance	régional
2	7	Argiles d'altération des formations stéphaniennes de Sainte-Foy-L'Argentière	régional
3	7	Argiles et Löss du Lyonnais et du Pilat	régional
4	7	Argiles oligocènes du bassin de la Loire	régional
5	7	Argiles oligo-miocènes de la Loire	régional
6	7	Argiles plio-quadernaires de Bresse et des Dombes	régional
7	7	Argiles tertiaires de la Haute-Loire	régional
8	7	Argiles vertes éocène de Haute-Loire	NATIONAL
9	1	Calcaires aaléniens pour ciment	régional
10	1	Calcaires bajociens pour chaux	régional
11	1	Calcaires berriasiens couches à ciment de la Porte de France (ciment Prompt)	NATIONAL
12	1	Calcaires berriasiens couches à ciment de la Porte de France (ciment Prompt) sous couverture	NATIONAL
13	1	Calcaires berriasiens-valanginiens pour roche ornementale (calcaire de Rocheret)	régional
14	1	Calcaires du Fontanil valanginiens pour chaux	NATIONAL
15	1	Calcaires kimméridgiens "Prapont inférieur" pour industrie verrière	NATIONAL
16	1	Calcaires kimméridgiens pour ciment	NATIONAL
17	1	Calcaires oligo-miocènes des Limagnes	régional
18	1	Calcaires oxfordiens pour ciment	régional
19	1	Calcaires urgoniens pour chaux	régional
20	1	Calcaires urgoniens pour ciment	régional
21	1	Calcaires urgoniens pour roche ornementale (pierre de Grésy-sur-Aix)	régional
22	4	Diatomites éocènes sous tourbe de Landos	NATIONAL
23	4	Diatomites éocènes sous Lave d'Epezonne	NATIONAL
24	4	Diatomites éocènes sous tourbe du Plagnal	NATIONAL
25	4	Diatomites miocènes sous tourbe de Fond de la Prade	NATIONAL
26	4	Diatomites miocènes sous tourbe de la narse de la Nouvialle	NATIONAL
27	4	Diatomites miocènes sous tourbe de la narse de Lascol	NATIONAL
28	4	Diatomites miocènes sous volcanisme des Coirons (Montagne d'Andance)	NATIONAL
29	4	Diatomites mio-pliocènes de Fauouilloux-Ste-Reine	NATIONAL
30	10	Feldspaths, Kaolin de Beauvoir	NATIONAL
31	10	Feldspaths, Kaolin des Colettes	régional
32	10	Feldspaths, Sables feldspathiques et kaolinitiques, altération tertiaire	régional
33	2	Gypse aquitain dans les grès molassique de Haute-Savoie et de l'Ain	NATIONAL
34	2	Gypse oligocène dans les argiles sableuses du Cantal	NATIONAL
35	2	Gypse oligocène dans les marnes et calcaires de Ronzon de Haute-Loire	NATIONAL
36	2	Gypse triasique de la Forêt de Tronçais de l'Allier	NATIONAL
37	2	Gypse triasique des Alpes	NATIONAL
38	1	Lauzes campaniennes pour ciment	régional
39	11	Laves basanites mio-pliocènes pour laine de verre	NATIONAL
40	11	Phonolites miocènes pour verre et céramique	NATIONAL
41	9	Pouzzolane de la Chaîne des Puy	NATIONAL
42	9	Pouzzolane des Monts d'Ardèche	NATIONAL
43	9	Pouzzolane du Cézallier	NATIONAL
44	9	Pouzzolane du Devès	NATIONAL

Schéma Régional des carrières Auvergne-Rhône-Alpes, évaluation des gisements

45	8	Quartz filonien	NATIONAL
46	8	Silice, Quartzites de Meillers autuniennes hydrothermalisées	NATIONAL
47	8	Silice, Sables siliceux ou kaoliniques (Paléocène - Eocène indifférencié) pour industrie verrière	NATIONAL

Annexe 2

Liste des gisements de granulats

et cartographie des gisements de granulats (planche hors texte)

Schéma Régional des carrières Auvergne-Rhône-Alpes, évaluation des gisements

Gisements de granulats exploités en Auvergne-Rhône-Alpes en 2019	Alluvions récentes (g1)	Alluvions anciennes (g2)	Meubles non alluvionnaires (g3)	Calcaires (g4)	Dolomies (g5)	Quartz (g6)	Pouzzolanes (g7)	Volcanites (g8)	Plutonites (g9)	Métamorphites (g10)	nombre de carrières en activités
Alluvions récentes (Exploitation en eau)	51										51
Alluvions anciennes		51									51
Alluvions correspondantes des cônes de déjection		3									3
Alluvions fluvio-glaciaires		83									83
Cônes torrentiels de déjection			9								9
Dépôts anthropiques			3								3
Dépôts glacio-lacustres			10								10
Eboulis et colluvions			27								27
Formation argilo-caillouteuse de Chambaran-Bonnevaux			1								1
Moraines glaciaires			19								19
Formation des Sables et argiles du Bourbonnais			9								9
Calcaires berriasiens/valanginiens				4							4
Calcaires du Dogger				7							7
Calcaires kimméridgiens/tithoniens				17							17
Calcaires liasiques				2							2
Calcaires miocènes				2							2
Calcaires oligocènes des Limagnes				1							1
Calcaires oxfordiens				3							3
Calcaires sénoniens				2							2
Calcaires urgoniens				13							13
Calcaires viséens				1							1
Dolomies du Dogger					1						1
Dolomies tithoniennes					1						1
Quartzites triasiques						2					2
Sables siliceux tertiaires						6					6
Grès houillers						3					3
Grès turoniens						1					1
Molasses tertiaires						8					8
Pouzzolanes de la Chaîne des Puys							3				3
Pouzzolanes du Cantal							3				3
Pouzzolanes du Cézallier							1				1
Pouzzolanes du Devès							5				5
Pouzzolanes du Mont-Dore							1				1
Pouzzolanes du Velay							2				2
Sables volcaniques des Monts d'Ardèche								1			1
Complexe volcano-sédimentaire dévono-viséen								17			17
Volcanisme de la Chaîne des Puys								2			2
Volcanisme de la Haute-Loire								16			16
Volcanisme de la Petite Chaîne des Puys								2			2
Volcanisme des Monts d'Ardèche								2			2
Volcanisme du Cantal								12			12
Volcanisme du Cézallier								6			6

Schéma Régional des carrières Auvergne-Rhône-Alpes, évaluation des gisements

Volcanisme du Mont-Dore								5			5
Volcanisme du plateau des Dômes								6			6
Volcanisme du Sancy								1			1
Unité de la Brévenne								1			1
Unité de Ronzière et du Callet								1			1
Granitoïdes hercyniens									43		43
Roches filoniennes									6		6
Métamorphite d'Ussel-Chavanon										4	4
Métamorphites de la Sioule - Aigurande										6	6
Métamorphites des Monts du Lyonnais et du Beaujolais										1	1
Métamorphites du Pilat et du Vivarais										6	6
Schistes verts dinantien viséen										1	1
Unité Inférieure des Gneiss										7	7
Unité Supérieure des Gneiss										4	4
nombre de carrières en activités	51	##	78	52	2	20	15	72	49	29	505



Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34 - www.brgm.fr

Direction régionale Auvergne-Rhône-Alpes
151 boulevard Stalingrad
69100 Villeurbanne France
Tél. 02 38 64 34 34 :