

PIERRESUD

Système d'Information sur les pierres & carrières
du patrimoine bâti du Languedoc-Roussillon

NB : Tout au long du présent cahier des charges, sont présentées des « captures d'écran » du site internet <http://pierbourgogne.brgm.fr> développé dans le cadre du projet voisin « PIERBOURGOGNE », et dont l'architecture servira de base au développement du site internet de PIERRESUD (<http://pierresud.brgm.fr>).

Page de présentation inspirée du site Internet PierBourgogne (<http://pierbourgogne.brgm.fr>)

Sommaire

| | |
|--|----|
| 1. Objectif du projet | 2 |
| 2. Structuration générale du projet..... | 3 |
| 3. Mémento & base de donnée des pierres & carrières du patrimoine bâti protégé régional .. | 3 |
| 4. Cartes thématiques du patrimoine bati Régional | 7 |
| 5. Guide de sélection des pierres à mettre en œuvre pour la restauration & l'entretien du patrimoine bâti régional | 9 |
| 6. Memento sur les altérations & les méthodes de conservation de la pierre / étude de cas régionaux..... | 11 |
| 7. site internet..... | 12 |
| 8. Chronogramme | 15 |
| 9. Conditions de réalisation | 18 |

1. OBJECTIF DU PROJET

L'objectif final du projet est de développer un **système d'information géoréférencé - site Internet** <http://pierresud.brgm.fr> - relatif aux pierres & carrières du patrimoine bâti de la région Languedoc-Roussillon.

Baptisé **PIERRESUD**, il doit constituer à terme un **outil de référence en matière de connaissance & de gestion des pierres du patrimoine bâti régional**, en fournissant une information détaillée sur :

- les **pierres de construction** utilisées, les **édifices de mise en œuvre (protégés et non-protégés)**, et les **carrières d'extraction d'origine**,
- la **délimitation des ressources en pierres** dont la préservation est indispensable à l'entretien et à la restauration des constructions régionales,
- la **qualité des pierres d'origine & de substitution** disponibles pour la restauration du bâti régional, en termes de **durabilité & compatibilité**.
- Les **pathologies d'altération des pierres en œuvre** et les **méthodes de conservation adaptées** aux pierres régionales.

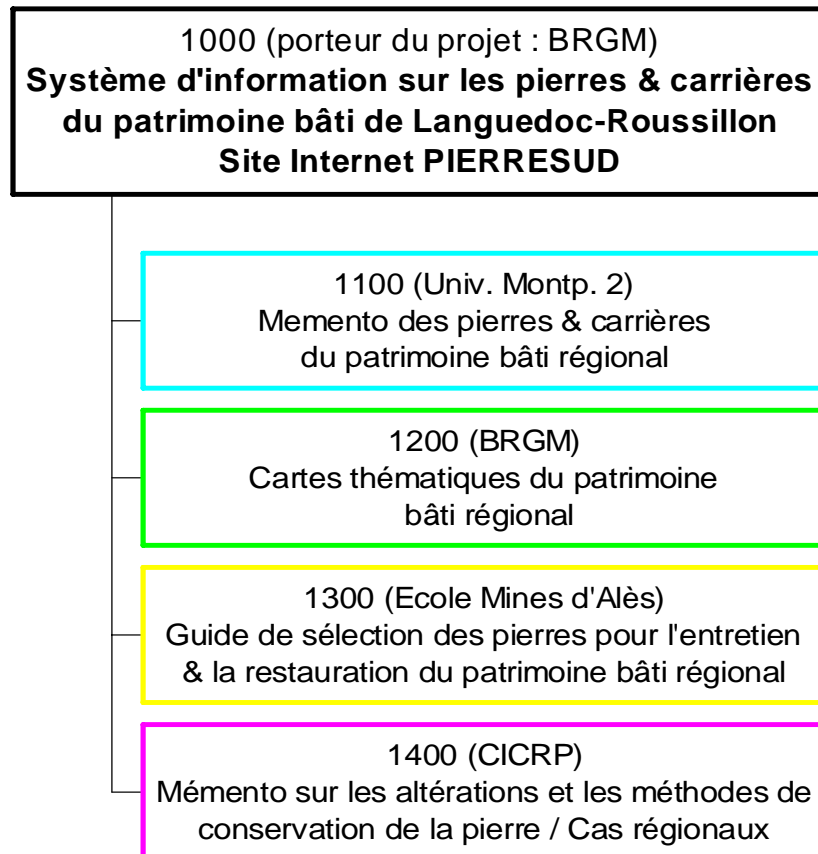
PIERRESUD est destiné à deux principales catégories d'utilisateurs :

- les **professionnels opérant dans le domaine de la pierre et de sa conservation** (maîtres d'ouvrages, maîtres d'œuvre, architectes, entreprises de restauration, exploitants actuels et futurs de carrières, laboratoires...), et nécessaires d'accéder facilement à des données croisées précises relatives aux pierres, aux édifices et aux carrières de la région Languedoc-Roussillon.
- un **large public composé d'enseignants, chercheurs, étudiants et toute autre personne** désireuse d'améliorer sa connaissance du patrimoine bâti de Languedoc-Roussillon et de ses liens avec le "patrimoine géologique" (pierres, carrières...), par l'accès à un site Internet dédié pédagogique et mis à jour régulièrement.

2. STRUCTURATION GÉNÉRALE DU PROJET

Le projet a pour objectif final de développer un **système d'information** (**site Internet <http://pierresud.brqm.fr>**) sur les pierres & carrières du patrimoine bâti de la région Languedoc-Roussillon.

Son développement s'appuiera sur la réalisation et l'intégration de plusieurs modules (cf. organigramme ci-dessous), détaillés dans les paragraphes suivants.



Organigramme technique du projet PIERRESUD

3. MÉMENTO & BASE DE DONNÉE DES PIERRES & CARRIÈRES DU PATRIMOINE BÂTI PROTÉGÉ RÉGIONAL

Le leader de ce module est l'université de Montpellier 2. L'organigramme ci-après en liste les tâches et les acteurs principaux.

1100 (Univ. Montp. 2)
Memento des pierres du patrimoine bâti
protégé & non-protégé régional

- 1101 - Recensement données géol. (BRGM)
- 1102 - Recensement données patrimoine bâti + archéo. (UM2 + DRAC)
- 1103 - Inventaire carrières anciennes + récupération éch. LRMH + 1889 (BRGM)
- 1104 - Inventaire carrières autorisées + récupération échantillons représentatifs (BRGM)
- 1105 - Acquisition données complémentaires (descriptions macro + micro) (BRGM+UM2)
- 1106 - Elaboration & renseignement base de données
- 1107 - Etablissement listes pierres régionales + élaboration fiches pierres (BRGM+UM2)
- 1108 - Réalisation lithothèque correspondante (CICRP)
- 1109 - Classement pierres recensées (BRGM+UM2+CICRP+DRAC)
- 1110 - Rédaction memento (BRGM+UM2+CICRP)

TACHE 1101 - RECENSEMENT DES DONNEES GEOLOGIQUES DISPONIBLES :

Ce recensement s'appuiera notamment sur la consultation de la banque de données du sous-sol (BSS) gérée par le BRGM, de la bibliographie relative aux pierres ornementales et de construction régionales (ouvrages et articles divers, rapports BRGM, thèses de doctorat et diplômes d'étude approfondie) et sur l'examen des cartes géologiques à l'échelle 1/50 000^{ème} couvrant la région et de leurs notices.

TACHE 1102 - RECENSEMENT DES DONNEES RELATIVES AU PATRIMOINE BATI + ARCHEOLOGIQUES :

Ce recensement relatif aux patrimoines protégés (classé et inscrit) s'appuiera notamment sur la consultation des dossiers archivés à la DRAC, des dossiers "Monuments" du Laboratoire de Recherches des Monuments Historiques (LRMH, Ministère de la Culture), et de la bibliographie relative aux pierres et monuments et aux recherches archéologiques traitant des pierres ornementales et de construction régionales (ouvrages et articles divers, thèses de doctorat et diplômes d'étude approfondie). Une liste des édifices protégés et non protégés régionaux sera établie.

TACHE 1103 – INVENTAIRE DES CARRIERES ANCIENNES & ECHANTILLONNAGE COLLECTIONS :

Cet inventaire s'appuiera notamment sur la consultation de la banque de données du sous-sol (BSS) gérée par le BRGM, sur l'examen des cartes géologiques à l'échelle 1/50 000^{ème} couvrant la région et de leurs notices, et sur la consultation des dossiers d'anciennes exploitations en possession de la DRIRE. Chaque carrière sera géoréférencée (c'est à dire que ces coordonnées géographiques seront déterminées en vue d'un positionnement précis sur carte).

Parallèlement, un certain nombre d'échantillons représentatifs seront collectés dans les collections existantes (collection du LRMH et collection des pierres de taille de 1889, autres collections accessibles ?) en vue de la réalisation d'essais d'identifications complémentaires (cf. tâche 1106 - Acquisition de données techniques complémentaires). Le nombre prévisionnel d'échantillons collectés est estimé à 200.

TACHE 1104 – INVENTAIRE DES CARRIERES AUTORISEES & ECHANTILLONNAGE :

Cet inventaire s'appuiera sur la consultation des dossiers de carrières autorisées (au titre du régime des ICPE) pour l'extraction de pierres ornementales et de construction. Chaque carrière sera géoréférencée précisément.

Ensuite, les exploitants correspondants seront sollicités pour la fourniture d'échantillons représentatifs de leur(s) exploitation(s), sur lesquels seront réalisés des essais

d'identifications complémentaires (cf. tâche 1106 - Acquisition de données techniques complémentaires). Un questionnaire relatif aux données techniques disponibles concernant leurs pierres sera établi et leur sera également adressé. Le nombre prévisionnel d'échantillons collectés est estimé à 300.

TACHE 1105 – ACQUISITION DE DONNEES TECHNIQUES COMPLEMENTAIRES :

Les 500 échantillons collectés (provenant des collections existantes et des carrières en activité) feront l'objet d'une description d'aspect, texture et pétrographie, macroscopique et microscopique d'où la réalisation d'une lame mince pour chaque échantillon.

TACHE 1106 – ELABORATION ET RENSEIGNEMENT DE LA BASE DE DONNEE :

Préalablement aux phases de collecte des données (tâches 1101 à 1105), sera développée sous classeur Excel ®, la structure d'une base de données destinées à accueillir les données relatives aux pierres, carrières et monuments de Languedoc-Roussillon. Le renseignement de la base se fera simultanément à la collecte des données.

Les types d'informations destinées à être insérées dans la base de données sont présentés dans la liste indicative suivante, laquelle devra être validée par le comité de pilotage du projet :

- Données relatives aux pierres :

| | | |
|--|------------------------------------|---|
| <i>Appellation régionale</i> | <i>Bioclastes (microscope)</i> | <i>Porosité</i> |
| <i>Noms</i> | <i>Lithoclastes (microscope)</i> | <i>Coefficient d'absorption</i> |
| <i>Stratigraphie</i> | <i>Matrice (microscope)</i> | <i>Résistance à la compression</i> |
| <i>Famille</i> | <i>Ciment (microscope)</i> | <i>Indice de Durabilité & Compatibilité</i> |
| <i>Lithologie</i> | <i>Porosité (microscope)</i> | <i>Code couleur « Munsell »</i> |
| <i>Pétrographie</i> | <i>Structures (microscope)</i> | <i>Echantillons</i> |
| <i>Texture microscopique</i> | <i>Particularités (microscope)</i> | <i>Lames</i> |
| <i>Minéraux observés au microscope</i> | <i>Masse Volumique Apparente</i> | <i>Photos macroscopiques</i> |
| <i>Éléments détritiques (microscope)</i> | <i>Masse Volumique Réelle</i> | <i>Photos microscopiques</i> |

- Données relatives aux carrières d'origine :

| | |
|-------------------------|------------------------------------|
| <i>Nom</i> | <i>N° Carte géologique</i> |
| <i>Commune</i> | <i>Volume disponible de pierre</i> |
| <i>Type de carrière</i> | <i>Coordonnées géographiques</i> |
| <i>Etat de carrière</i> | <i>Photos de carrières</i> |

- Données relatives aux monuments

| |
|---|
| <i>Nom</i> |
| <i>Commune</i> |
| <i>Type de monument</i> |
| <i>Coordonnées géographiques</i> |
| <i>Parties du monument renfermant chaque pierre (cartographie pétrographique si disponible)</i> |
| <i>Photos de monuments</i> |

TACHE 1107 – ETABLISSEMENT D'UNE LISTE DES PIERRES & ELABORATION DES FICHES PIERRES :

L'ensemble des données collectées seront synthétisées afin d'aboutir à une liste des pierres ornementales et de construction régionale. Chaque pierre fera l'objet d'une fiche descriptive synthétique (cf. exemple de fiche ci-après, tiré du projet PIERCENTRE), reprenant un certain nombre d'informations la concernant telles que :

- les dénominations usuelles de la pierre ainsi que son appellation géologique régionale lorsqu'il en existe une ;
- les informations générales sur l'aire d'extraction ;
- la description de la pierre (macroscopique et microscopique) ;
- les résultats des tests réalisés sur la pierre (issus d'études disponibles et accessibles) ;
- des illustrations photographiques de la pierre (macroscopique & au microscope optique polarisant) ;
- les références avérées d'utilisation dans le patrimoine bâti historique régional avec des illustrations photographiques de ces édifices.

Dénomination(s) usuelle(s) : **PIERRE DE BERCHÈRES** Département : **EURE-ET-LOIR (28)**
 Appellation géologique régionale : **Calcaires de Berchères**
Calcaires de Beauce s.l.

1 - Informations générales sur l'aire d'extraction
 Commune(s) : BERCHÈRES-LES-PIÈRES, ROZAY-AU-VAL
 Carrière(s) d'origine identifiée(s) : Carrières à ciel ouvert - Abandonnées sauf une exploitée pour la restauration M. H. (Ets Quélin)
 N° Identifiant BD de la (des) carrière(s) : -

2 - Description de la pierre
 Carte(s) Géologique(s) de localisation (à 1/50000) : Feuille 291 - VOIVES
 Stratigraphie : Aquitainien inférieur
 Dénomination lithologique : Travertin calcaire (continental lacustre puis aérien), hétérogène, bréchique et vacuolaire, dur, beige.



Dénomination(s) pétrographique : biomicrite bioturbée, intracrastique
 Description au microscope optique polarisant :
 - Texture : Bioturbation intense aboutissant localement à un mudstone-wackestone intracrastique
 - Eléments détritiques : Quelques ostracodes, concrétions organo-pédologiques
 - Eléments bioclastiques : Intraabranchement par bioturbation et dessiccation aboutissant à des intracrastes micritiques. Destruction partielle par affaissement karstique.
 - Matrice : Calcimicrite
 - Ciment : Calcogénite muscifique et calcite géodique dans les cavités karstiques
 - Porosité : Réseau karstique non totalement comblé laissant subsister un réseau de vacuoles important
 - Structures : Bioturbation importante Réseau de fissure polygonales (dessiccation) Karstification importante le long d'un réseau de fracture
 - Particularités : Remplissage partielle du microcristal par des sédiments internes (micrite vadose et intracrastes) et des cristallisations aborifiques autogènes.

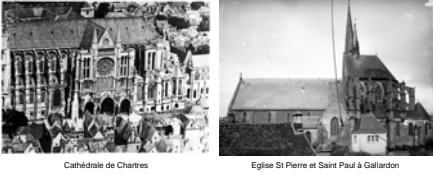
Dénomination(s) usuelle(s) : **PIERRE DE BERCHÈRES** Département : **EURE-ET-LOIR (28)**
 Appellation géologique régionale : **Calcaires de Berchères**
Calcaires de Beauce s.l.

3 - Données techniques disponibles (valeurs moyennes)
 Masse volumique apparente (g/cm³) : 2,66
 Masse volumique réelle (g/cm³) : 2,69
 Porosité totale (%) : 5,0
 Coefficient d'absorption (d'ass) : 0,69
 Résistance à la compression (Mpa) : 83,0

4 - Edifices de mise en œuvre connue

| N° Identifiant BD | Edifice | Commune(s) | Partie de l'édifice |
|-------------------|-----------------------------------|---------------------------|--|
| M00956 | Eglise | BERCHÈRES-LES-PIÈRES (28) | Construction |
| M00960 | Eglise Saint-Aignan | CHARTRES (28) | Construction |
| M00961 | Eglise Saint-André | CHARTRES (28) | Construction |
| M00962 | Eglise Saint-Pierre | CHARTRES (28) | Majeure partie de l'édifice |
| M00963 | Abbaye de Saint-Père | CHARTRES (28) | Edifice |
| M00964 | Eglise des Jacobins | CHARTRES (28) | Construction |
| M00984 | Cathédrale | CHARTRES (28) | Construction, dallage |
| M02333 | Eglise Saint-Pierre | DREUX (28) | Bas côté Nord de la nef, 1 ^{er} travée en partant du clocher, contrefort partie basse |
| M02342 | Eglise Saint-Pierre et Saint-Paul | GALLARDON (28) | Parlements extérieurs de la chapelle absidiale Nord Est |
| M00966 | Théâtre | CHARTRES (28) | Construction |

5 - Illustrations photographiques d'édifices de mise en œuvre connue
 (tirées de la base de données "Mémoire" du Ministère de la Culture et de la Communication)



TACHE 1108 – REALISATION D'UNE LITHOTHEQUE :

Une lithothèque sera constituée dans le but de mettre à disposition des échantillons de référence des pierres régionale inventoriées. Dans cette lithothèque, pour chaque type de pierre, on conservera un échantillon brut, un échantillon poli et une lame mince.

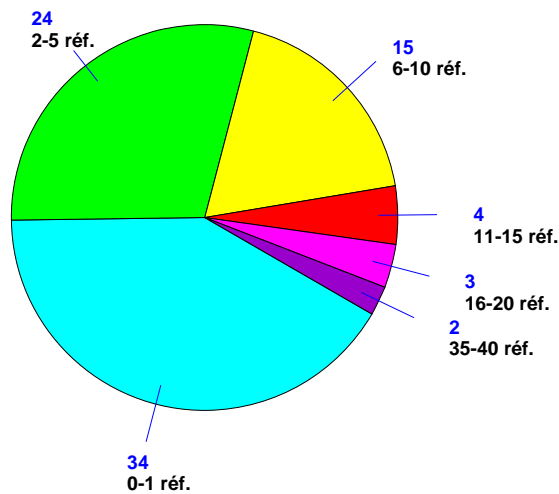
En outre, on confectionnera par département une collection des principaux types de pierres de chaque département de la région Languedoc-Roussillon, destinée à être exposée de manière fixe au sein d'une structure départementale, ou itinérante dans chaque département.

TACHE 1109 - CLASSEMENT DES PIERRES REGIONALES RECENSEES

Les fiches descriptives des pierres du patrimoine bâti régional seront exploitées afin d'apprécier l'importance relative de chaque type de pierre recensée, et d'établir un classement des « pierres les plus utilisées ».

L'importance d'une pierre extraite dans la région, et mise en œuvre dans le patrimoine bâti régional, peut être appréhendée par le nombre d'édifices dans lesquels ce type de pierre est mis en œuvre. Un des critères de classement pour une pierre donnée pourra ainsi être le « nombre d'édifices de mise en œuvre avérée ».

A titre illustratif, la figure suivante présente une répartition des 82 pierres recensées en région Centre dans le cadre d'un projet voisin en fonction du nombre de références d'édifices de mise en œuvre avérée : 41% des pierres (34 des 82 types) présentent 0 ou 1 référence d'édifice de mise en œuvre avérée, et près de 71% des pierres (3+24 des 82 types) présentent 5 références d'édifices au maximum.



Sur la base du paramètre « nombre (N) de références d'édifices de mise en œuvre avérée », les pierres pourront être réparties en 3 groupes :

- $N \leq 5$ = pierres d'extraction et d'utilisation locales : il s'agit des pierres dont l'extraction est locale, et dont la mise en œuvre concerne un patrimoine bâti local.
- $6 \leq N \leq 25$ = pierres d'extraction locale et d'utilisation "départementale" : il s'agit des pierres dont le bassin d'extraction est localisé, mais qui ont voyagé dans un rayon significatif et dont la mise en œuvre concerne donc un patrimoine bâti "départemental".
- $N > 25$ = pierres d'extraction et d'utilisation régionales : il s'agit des pierres présentant de nombreuses zones d'extraction à l'échelle régionale, et qui ont pu par ailleurs voyager dans la région ; ces pierres ont été largement mises en œuvre dans le patrimoine bâti.

Les critères de classement utilisés pour l'étude réalisée en région Centre seront discutés et adaptés le cas échéant aux spécificités de la région Languedoc-Roussillon.

Ce classement des « pierres les plus utilisées », servira d'élément de base dans la définition puis dans la sélection des pierres d'intérêt régional (sélection finale des pierres à valider par le comité de pilotage du projet). Les pierres régionales sélectionnées, dites « d'intérêt régional » feront l'objet de l'étude de durabilité et de compatibilité (cf. Module 1400 – Guide de sélection des pierres à mettre en œuvre pour la restauration & l'entretien du patrimoine bâti protégé et non protégé régional)

TACHE 1110 - REDACTION DU MEMENTO

Le memento comportera notamment une partie de présentation générale et de statistiques sur les pierres régionales, les résultats du classement des types de pierres recensées, l'ensemble des fiches synthétiques relatives aux différents types de pierre recensés en Languedoc-Roussillon, ainsi que cinq cartes (une par département) de localisation des monuments et des carrières d'origine (abandonnées, fermées ou toujours en activité) de chaque type de pierre recensé.

Le document sera intégré au site PierreSud au format « PDF » (lecture et impression avec Acrobat Reader ©).

4. CARTES THÉMATIQUES DU PATRIMOINE BATI RÉGIONAL

Le leader de ce module est le BRGM. L'organigramme ci-après en liste les tâches et les acteurs principaux.

1200 (BRGM)
Cartes thématiques du patrimoine
bâti régional

- 1201 - Elaboration de cartes départementales des ressources en pierres du patrimoine bâti (+ carrières + édifices de mise en oeuvre) (BRGM)
- 1202 - Elaboration de cartes communales des ressources en pierres & enjeux environnementaux (BRGM)

TACHE 1201 – CARTES DEPARTEMENTALES DES RESSOURCES EN PIERRE :

Les cartes des ressources en pierres ornementales et de construction des 5 départements de la région Languedoc-Roussillon seront réalisées, restituant chacune les informations suivantes :

- contours et fracturation des formations géologiques exploitées pour les pierres ornementales et / ou de construction ; afin de ne pas « alourdir » la carte, les formations géologiques non exploitées pour l'industrie des pierres ornementales, ne seront pas prises en compte.

En outre, seront positionnées sur chaque carte :

- Les carrières de pierres ornementales et de construction en exploitation et des anciennes carrières inventoriées.

- Les édifices (monuments classés et inscrits notamment).

L'identification et la sélection des formations géologiques exploitées pour les pierres ornementales et / ou de construction, ainsi que le positionnement des carrières et monuments seront réalisées à partir de l'exploitation du mémento des pierres (module 1100), préalablement réalisé.

Chaque couche d'information sera matérialisée sous forme d'un fichier numérique permettant son traitement sous le logiciel MapInfo ®.

TACHE 1202 – ELABORATION DE CARTES COMMUNALES DES RESSOURCES EN PIERRE & DES ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX :

Afin de disposer de cartes interrogeables et directement exploitables à l'échelle communale, les formations géologiques exploitées pour les roches ornementales et / ou de construction seront également positionnées sur des cartes dites « communales », basées sur un fond topographique IGN "SCAN 25" ©.

Outre les contours géologiques des formations exploitées et le positionnement des carrières en activité ou l'ayant été, seront également superposés sur ces cartes, les enjeux environnementaux. Définis par le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable (MEDD), les zones d'enjeux environnementaux seront à collecter par le BRGM auprès de la Direction Régionale de l'Environnement (DIREN) de Languedoc-Roussillon. Les principaux enjeux environnementaux sont les suivants :

- Zones Naturelles d'Intérêt Faunistique et Floristique (ZNIEFF 1 et 2)
- Zones de Protection des Oiseaux (ZICO)
- Zones de Protection Spéciale (ZPS)
- Arrêtés de Protection de Biotope (APB)
- Natura 2000
- Zones humides (RAMSAR)
- Parcs Naturels Régionaux (PNR)
- Réserves Naturelles (RN)
- Réserves Naturelles Régionales

- Sites classés
- Sites inscrits
- Alimentation en Eau Potable (AEP)
- Nappes Intensément Exploitées (NIE)

Si les types d'enjeux sont nombreux, ils n'ont pas tous le même poids concernant l'autorisation ou l'interdiction d'ouverture d'une nouvelle exploitation. Ils seront présentés par type distinct (voir liste précédente) et superposés aux formations géologiques exploitées et à leur fracturation.

5. GUIDE DE SÉLECTION DES PIERRES À METTRE EN ŒUVRE POUR LA RESTAURATION & L'ENTRETIEN DU PATRIMOINE BÂTI RÉGIONAL

Comme tout matériau naturel, les pierres des bâtiments et monuments subissent au fil du temps des mécanismes physico-chimiques générant des altérations, dommageables pour l'esthétique de l'édifice et à terme pour sa stabilité.

Plus de la moitié des dépenses liées à la restauration et à l'entretien du patrimoine bâti est consacrée à ces problèmes, qu'il s'agisse de la substitution des moellons altérés de l'édifice par de la pierre fraîchement extraite de carrière, ou du traitement conservatoire (par décapage et / ou application de produits hydrofuges / consolidants) des pierres en œuvre d'origine. Pour un monument donné, la maîtrise du coût « restauration de la pierre » apparaît donc étroitement liée à la fréquence des travaux de restauration, elle-même conditionnée par le choix des pierres et leur « durée de vie ».

Cette phase de sélection des matériaux pierreux est fondamentale et ne peut être réussie qu'en ayant mené une étude préalable des pierres d'origine et de substitution, basée sur les notions de durabilité et de compatibilité. Dans ce module, seront donc évaluées en terme de durabilité et compatibilité, les pierres d'intérêt régional, ainsi que les principales pierres de substitutions actuellement proposées et mises en œuvre en restauration et en entretien du patrimoine bâti.

Le leader de ce module est l'Ecole des Mines d'Alès. L'organigramme ci-après en liste les tâches et les acteurs principaux.

1300 (Ecole des Mines d'Alès ?)
Guide de sélection des pierres à mettre en œuvre
pour la restauration & l'entretien du patrimoine
bâti protégé & non-protégé régional

- 1301 - Lister & étudier carrières d'origine des pierres d'intérêt régional (UM2)
- 1302 - Lister & étudier les pierres de substitution utilisées dans la région (Mines d'Alès + UM2 + DRAC)
- 1303 - Evaluer compatibilité physique associations pierres d'origine / substitution (Mines d'Alès+CICRP)
- 1304 - Etudier compatibilité esthétique associations pierre d'origine / substitution (Mines d'Alès)
- 1305 - Rédiger le guide (BRGM+UM2+Mines d'Alès)

TACHE 1301 – LISTE & ETUDE DES CARRIERES D'ORIGINE DES PIERRES D'INTERET REGIONAL :

L'exploitation du mémento (module 1100) et des cartes thématiques (module 1200), permettra de lister les carrières d'origine des pierres d'intérêt régional. Ces dernières feront ensuite l'objet d'un examen sur site afin de vérifier leur état et de les échantillonner.

Des échantillons de quelques cm³ feront l'objet d'une description macroscopique et microscopique sur lame mince au microscope optique polarisant. Des échantillons plus

volumineux (dimensions 20 x 20 x 20 cm) feront l'objet d'essais physiques d'identification pour évaluer leur durabilité et leur compatibilité (liste donnée dans la tâche 1303). Le nombre prévisionnel d'échantillons à prélever et à analyser est estimé à 120.

TACHE 1302 – LISTE & ETUDE DES PIERRES DE SUBSTITUTION UTILISEES DANS LA REGION

Les pierres de substitutions utilisées dans la région seront listées en interrogeant la DRAC, les Architectes des Bâtiments de France (ABF) et les Architectes en Chef des Monuments Historiques (ACMH).

Les échantillons prélevés feront l'objet d'une étude sur lame mince au microscope optique polarisant, et de la réalisation d'essais d'identification pour évaluer leur durabilité et leur compatibilité. Le nombre prévisionnel d'échantillons à prélever et à analyser est estimé à 100 (dont certaines sont des pierres régionales déjà échantillonnées et analysées en 1107 et 1301).

TACHE 1303 – EVALUER LA COMPATIBILITE PHYSIQUE DES ASSOCIATIONS PIERRE D'ORIGINE / PIERRE DE SUBSTITUTION :

Appliquée simultanément à chaque pierre régionale d'intérêt régional ainsi qu'aux principales pierres de substitutions usuellement mises en œuvre en restauration du patrimoine bâti régional, cette méthodologie permettra d'évaluer la qualité de chaque type de pierre en terme de durabilité et, de porter un regard critique sur chaque association « pierre d'origine – pierre de substitution ».

TACHE 1304 - EVALUER LA COMPATIBILITE ESTHETIQUE DES ASSOCIATIONS PIERRE D'ORIGINE / PIERRE DE SUBSTITUTION

En outre, les associations « pierre d'origine - pierre de substitution » qui auront présenté une bonne compatibilité physique, feront l'objet d'un contrôle visuel de leur adéquation « esthétique », en terme de couleur et de grains.

La palette des couleurs perceptibles varie avec la distance d'observation, et cette variation même constitue une carte d'identité du matériau. Par ailleurs l'analyse de la répartition spatiale de la couleur permet de définir une « texture couleur ». On peut considérer la patine comme une « addition de pigment » qui modifie progressivement la perception initiale de la couleur (et de la texture).

Ces mesures colorimétriques devront provenir de différents « états » de la pierre :

- échantillon de pierre fraîchement taillé et séché à 60°C jusqu'à masse constante,
- échantillon de pierre fraîchement taillé et saturé en eau par imbibition (degré de saturation naturelle),
- Bloc de parement patiné.

A partir des échantillons étudiés dans les points 1301 et 1302, il est possible de réaliser de simples mesures colorimétriques associées ou non avec une comparaison avec un nuancier tel que le « Munsell Book of Color », largement utilisé en géologie et pédologie.

Remarque : Les résultats acquis permettront à terme d'envisager une étude beaucoup plus fine visant à définir une carte d'identité colorimétrique et texturale incluant le phénomène de patine permettant de prédire avec certitude l'évolution d'aspect des matériaux (travail de recherche Ecole des Mines sous forme de doctorat...)

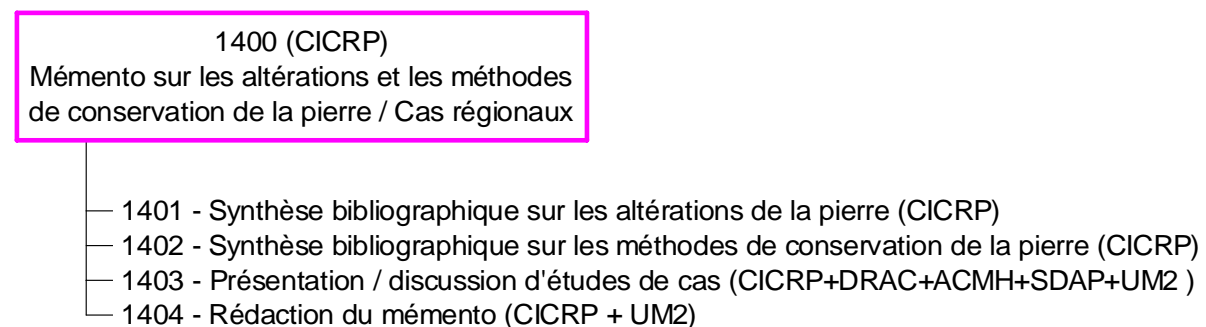
TACHE 1305 - REDACTION DU GUIDE

Le guide comportera notamment une partie de présentation de la méthodologie d'étude, le calcul des « Indices de Durabilité et Compatibilité » et des « codes couleur » des pierres d'intérêt régional et des pierres de substitutions, un avis technique sur chaque association « pierre d'origine – pierre de substitution », et des recommandations dans la sélection des pierres de restauration et le choix des pierres de substitutions.

Le document sera intégré dans le site internet PierreSud, au format « PDF » (lecture et impression avec Acrobat Reader ©).

6. MEMENTO SUR LES ALTÉRATIONS & LES MÉTHODES DE CONSERVATION DE LA PIERRE / ÉTUDE DE CAS RÉGIONAUX

Le leader de ce module est le CICRP. L'organigramme ci-après en liste les tâches et les acteurs principaux.



1401 – SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LES ALTERATIONS DE LA PIERRE :

A partir d'une étude bibliographique, les altérations de la pierre seront passées en revue au travers des principaux chapitres suivants :

- Descriptions des altérations naturelles / Dégradation anthropique.
- Facteurs externes d'altération : eau, sels, pollution, biologie.
- Facteurs internes : propriétés physiques, chimiques, minéralogiques et pétrographiques.
- Classifications formes / mécanismes / facteurs.

1402 – SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LES METHODES DE CONSERVATION DE LA PIERRE :

A partir d'une étude bibliographique, les méthodes de conservation de la pierre seront exposées :

- Nettoyages.
- Consolidations.
- Protections (hydrofuges – anti graffitis – badigeon).
- Dessalement.
- Réparation.
- Collage et goujonnage.

1403 – PRESENTATION / DISCUSSION D'ETUDES DE CAS REGIONAUX :

Des exemples réussis, de conservation de la pierre réalisées en région Languedoc-Roussillon (de préférence ; hors région en cas d'absence de certains traitements) seront décrits, à titre d'illustration des principales méthodes de conservation. En outre, un ou deux chantiers de restauration remarquables en cours seront suivis.

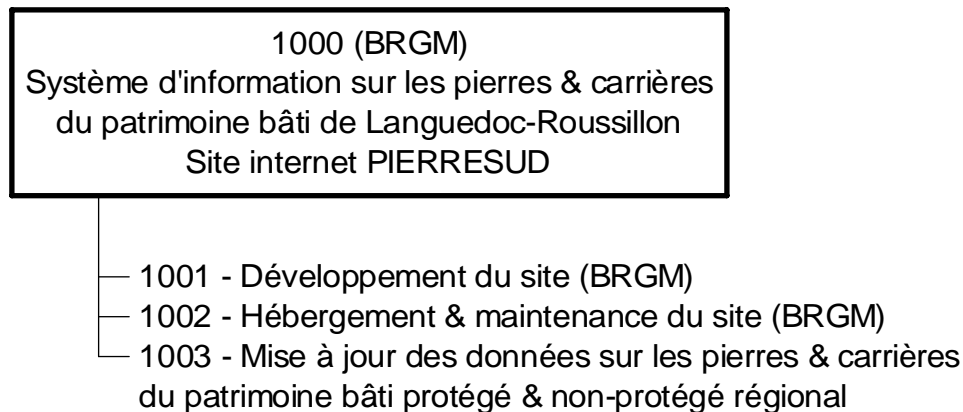
1404 – REDACTION DU MEMENTO :

Le memento comportera notamment une première partie sur les « altérations de la pierres », une seconde partie sur les « méthodes de conservation de la pierre » et une dernière partie sur les études de cas régionales.

Le document sera intégré dans le site internet PierreSud, au format « PDF » (lecture et impression avec Acrobat Reader ©).

7. SITE INTERNET

Le leader de ce module est le BRGM. L'organigramme ci-après en liste les tâches et les acteurs principaux.



TACHE 1001 – DEVELOPPEMENT DU SITE

Le site internet PierreSud sur les pierres & carrières du patrimoine bâti de Languedoc-Roussillon se décomposera en deux parties. Une première partie correspondra au transfert de la base de données Access ® sur une base Oracle ®, la seconde partie concernera la réalisation du site Web Système d'Information Géographique sur les pierres ornementales et de construction de Languedoc-Roussillon.

Les pages HTML statiques et dynamiques du site Web pages seront définies à la résolution 1024x768 pixel, de manière à ce que cette application soit "lisible" sur un écran de 15 pouces, ces pages seront lisibles par les navigateurs Internet Explorer (à partir de la version 4) et Netscape (à partir de la version 4.5). La charte graphique proposée est celle du BRGM. Le titre général du site Web sera son acronyme : « site Web PierreSud et son URL (adresse internet) sera : <http://pierresud.brgm.fr>.

Les données exploitées par le site Web consistent en une base de données spatiale, regroupant les données géographiques et les données alphanumériques.

- **La base de données** : ce développement consiste à créer des tables sur le serveur Oracle du BRGM, et à y transférer les données provenant d'une base de données sur PC (fichier Excel – Cf. tache 1106). L'intégrité de la table est assurée en amont, le transfert des données se limite à « copier » la structure des données proposées dans la base Oracle. Ces données sont celles contenues dans la Base de données des pierres ornementales régionales et de leurs carrières d'origine, alimentée à partir du « mémento des pierres ornementales régionales »
- **Les couches SIG des pierres & carrières du patrimoine bâti régional** : il s'agit à l'origine de couches SIG vecteur au format MapInfo (cf. taches 1202 & 1203) à intégrer dans Oracle Spatial à l'aide de l'outil Easy Loader de manière à ce qu'elles soient utilisables à l'aide des outils OpenGIS. Une première couche définit et positionne

géographiquement les édifices (donnée ponctuelle) ; une seconde couche définit et positionne les carrières d'origine (donnée ponctuelle ou polygones simples).

- **La couche SIG des ressources en pierres d'intérêt régional** : il s'agit à l'origine d'une couche SIG vecteur au format MapInfo à intégrer dans Oracle Spatial à l'aide de l'outil Easy Loader de manière à ce qu'elle soit utilisable à l'aide des outils OpenGIS. Cette couche non interrogeable comprend des polygones fermés représentant les zones potentielles d'extraction et les enjeux environnementaux
- Les fichiers téléchargeables (format .PDF) : il s'agira des fichiers relatifs aux deux mémentos (cf. Taches 1110 & 1404) & au « guide de sélection des pierres du patrimoine bâti régional » (cf. Tache 1305).

L'architecture du site Web :

L'application Web sera composée des pages statiques et dynamiques suivantes

- **Page d'accueil** : cette page permet d'accueillir un internaute sur le site Web PierreSud. Elle comprend des images significatives du site (monuments et pierres de Languedoc-Roussillon) et offre un accès aux pages statiques et aux deux pages dynamiques. Ces pages dynamiques permettent d'accéder aux fiches de pierres et aux fiches de monuments d'une part, et leur cartographie d'autre part.
- **Pages HTML statiques** : les pages HTML statiques sont au nombre de cinq dont voici la description :
 - ① **Page de présentation générale du site PierreSud** (une carte statique, une ou deux photographies, un texte de présentation de la ressource).
 - ② **Page de lien vers des adresses utiles** : adresses Web ou adresses postales (les adresses Web proposent des liens vers les sites BRGM et autres sites Web régionaux utiles).
 - ③ **Page de présentation des pierres (& carrières) du patrimoine bâti régional** (une carte de situation, une ou deux photos, un texte explicatif).
 - ④ **Page de présentation des édifices** (une carte de situation, une ou deux photos, un texte explicatif).
 - ⑤ **Page de présentation du « mémento des pierres & carrières du patrimoine bâti régional »** (un texte explicatif ; lien vers fichier PDF à télécharger).
 - ⑥ **Page de présentation du « guide de sélection des pierres à mettre en œuvre pour la restauration & l'entretien du patrimoine bâti régional »** (une carte de situation, une ou deux photos, un texte explicatif ; lien vers fichier PDF à télécharger).
 - ⑦ **Page de présentation du « mémento sur les altérations et les méthodes de conservation de la pierre / Cas régionaux »** (une carte de situation, une ou deux photos, un texte explicatif ; lien vers fichier PDF à télécharger).

⑧ **Page de présentation du « mémento sur les techniques d'extraction et de mise en œuvre de la pierre régionale »** (une carte de situation, une ou deux photos, un texte explicatif ; lien vers fichier PDF à télécharger).

- **Pages ASP dynamiques** : les pages dynamiques permettent d'accéder à la carte ou aux données sur les monuments ou les pierres en définissant des critères de recherche. Ces pages comprennent un lien vers la page d'accueil, et vers les autres pages dynamiques ou statique du site. Elles sont au nombre de six :

① **Page de définition de l'accès géographique** : cette page permet de définir la localisation géographique suivante (une seule sélection) :

- Pas de localisation géographique (sélection de la région Languedoc-Roussillon entière),
- Dans un département (choix dans liste des départements de la région Languedoc-Roussillon),
- Dans une commune (choix dans liste des communes appartenant à la région Languedoc-Roussillon).

② **Page de recherche des pierres** : cette page permet de sélectionner une pierre ornementale dans la liste des pierres ornementales de Languedoc-Roussillon. La sélection d'une pierre permet d'accéder à la fiche de la pierre sélectionnée.

③ **Page de recherche des édifices** : cette page permet de sélectionner un monument dans la liste des monuments de Languedoc-Roussillon. La sélection d'un monument permet d'accéder à la fiche du monument sélectionné.

④ **Page de cartographie** : Cette page de cartographie permet une « navigation » dans la région Languedoc-Roussillon, elle comprend une carte (la carte thématique régionale, une légende simplifiée, et les boutons suivants :

- Fonction de Zoom avant,
- Fonction de Zoom arrière,
- Fonction de Recentrage,
- Interrogation de « monuments » ou de « pierres » sur la carte,
- Aide en ligne des fonctions de cartographie (apparaissant sous forme de fenêtre pop-up).

⑤ **Page de la fiche des pierres** : Cette page permet d'afficher toutes les caractéristiques de la pierre sélectionnée. Cette page est sélectionnée soit dans la page de cartographie soit dans la page de recherche de pierre. Les champs affichés seront précisés ultérieurement.

⑥ **Page de la fiche des édifices** : Cette page permet d'afficher toutes les caractéristiques du monument sélectionné. Cette page est sélectionnée soit dans la page de cartographie soit dans la page de recherche de pierre édifices. Les champs affichés seront précisés ultérieurement.

TACHE 1002 – HEBERGEMENT & MAINTENANCE DU SITE

Les données alphanumériques ainsi que les données géographiques seront stockées dans les bases de données Oracle Spatial du BRGM à Orléans.

Le site Web sera hébergé sur une plate forme serveur de type PC Windows server 2003, le serveur Web étant Microsoft IIS. La partie cartographique sera développée autour des produits interopérables Ionic (standard international de l'Open Gis Consortium). Il sera hébergé au sein des structures informatiques du BRGM à Orléans. Cet hébergement intègre l'utilisation des licences BRGM Oracle et Ionic, il permet le stockage sécurisé des données et leur présentation sur le site internet, et propose l'accès permanent au site pour tout utilisateur (sauf cas exceptionnel de maintenance des sites du BRGM ou de force majeure), la maintenance logicielle et matérielle, la protection des données grâce au « firewall » du BRGM (système de protection contre les intrusions extérieures).

Les frais forfaitaires de maintenance et d'hébergement du site par le BRGM à Orléans sont fixés à 5 K€ TTC par année. Le projet inclue 3 années de mise au point du projet et 1 année d'hébergement et de maintenance du site.

TACHE 1003 – MISE A JOUR DES DONNEES SUR LES PIERRES ET CARRIERES DU PATRIMOINE BATI REGIONAL

Les données alphanumériques ainsi que les données géographiques seront stockées dans les bases de données Oracle Spatial du BRGM à Orléans, leur mise à jour pouvant être réalisée depuis la zone intranet du BRGM (Orléans, Centre Scientifique & technique du BRGM, ou Montpellier, Service Géologique Régional Languedoc-Roussillon du BRGM).

La mise à jour comprendra une phase d'interrogation des différents producteurs de données et une phase de renseignement de la base de données oracle. Une fréquence annuelle de mise à jour est envisageable.

Le temps passé pour mise à jour des données est estimé à 10 jours. Le projet inclue 3 années de mise au point du projet et 1 année de mise à jour des données et d'alimentation du site.

8. CHRONOGRAMME

Sur la base du présent contenu technique, l'ensemble de l'opération s'échelonne sur une durée totale de 48 mois (3 années de projet et 1 année de maintenance). Le chronogramme prévisionnel détaillé du projet sur les 3 premières années, est présenté en pages suivantes.

Une opération de diffusion des résultats du projet sous la forme d'un colloque sur le thème des pierres et carrières du patrimoine bâti s'adressant à l'ensemble des professionnels de la filière et permettant de valoriser les résultats du projet est envisagée. Il pourrait se dérouler au cours de la dernière année du projet et mobiliser d'autres cofinanceurs que ceux du projet PierreSud, c'est pourquoi il ne fait pas l'objet d'un chiffrage budgétaire à ce stade dans le cadre de ce projet.

PIERRESUD - Cahier des Charges

| Modules & tâches | Année 1 | | | | Année 2 | | | | Année 3 | | | |
|---|---------|--|--|--|-----------|--|--|--|---------|--|--|--|
| 1000 – Site internet PIERRESUD | | | | | | | | | | | | |
| 1001 – Développement | | | | | | | | | | | | |
| 1002 – Hébergement & maintenance | | | | | Permanent | | | | | | | |
| 1003 – Mise à jour des données techniques disponibles | | | | | Annuelle | | | | | | | |
| 1100 – Mémento des pierres & carrières du patrimoine bâti régional | | | | | | | | | | | | |
| 1101 – Recensement données géol. | | | | | | | | | | | | |
| 1102 – Recensement données patrimoine bâti + archéo. | | | | | | | | | | | | |
| 1103 – Inventaire carrières anciennes + collecte échantillons collections | | | | | | | | | | | | |
| 1104 – Inventaire carrières autorisées + collecte échantillons représentatifs | | | | | | | | | | | | |
| 1105 – Acquisition de données complémentaires | | | | | | | | | | | | |
| 1106 – Elaboration & renseignement de la base de données | | | | | | | | | | | | |
| 1107 – Etablissement liste pierres régionales + fiches pierres | | | | | | | | | | | | |
| 1108 – Réalisation d'une lithothèque | | | | | | | | | | | | |
| 1109 – Classement des pierres recensées | | | | | | | | | | | | |
| 1110 – Rédaction du mémento | | | | | | | | | | | | |
| 1200 – Cartes thématiques du patrimoine bâti régional | | | | | | | | | | | | |
| 1202 – Elaboration de cartes départementales des ressources en pierres | | | | | | | | | | | | |
| 1203 – Elaboration de cartes communales des ressources en pierres & enjeux environnementaux | | | | | | | | | | | | |

PIERRESUD - Cahier des Charges

| Modules & tâches | Année 1 | | | | Année 2 | | | | Année 3 | | | |
|--|---------|--|--|--|---------|--|--|--|---------|--|--|--|
| 1300 – Guide de sélection des pierres à mettre en œuvre pour la restauration et l’entretien du patrimoine bâti régional | | | | | | | | | | | | |
| 1301 – Etude des carrières d’origine des pierres d’intérêt régional | | | | | | | | | | | | |
| 1302 – Etude des pierres de substitution utilisées dans la région | | | | | | | | | | | | |
| 1303 – Evaluer la compatibilité physique des associations pierre d’origine / de substitution | | | | | | | | | | | | |
| 1304 – Evaluer la compatibilité esthétique des associations pierre d’origine / de substitution | | | | | | | | | | | | |
| 1305 – Rédaction du guide | | | | | | | | | | | | |
| 1400 – Mémento sur les altérations & les méthodes de conservation de la pierre / Cas régionaux | | | | | | | | | | | | |
| 1401 – Synthèse biblio. mécanismes et facteurs d’altération | | | | | | | | | | | | |
| 1402 – Synthèse biblio. méthodes de conservation | | | | | | | | | | | | |
| 1403 – Présentation / discussion d’études de cas réalisées | | | | | | | | | | | | |
| 1404 – Rédaction du mémento | | | | | | | | | | | | |

9. CONDITIONS DE RÉALISATION

9.1. PORTAGE & CHEF DE PROJET

Le BRGM assurera le portage du projet ; il assurera également la fonction de chef du projet.

9.2. SOUS-TRAITANCE

Les autres partenaires techniques du projet (Université de Montpellier 2, CICRP et Ecole des Mines d'Alès) seront sous-traitants du BRGM, pour les tâches dont la réalisation leur incombe. Le BRGM établira une commande à chacun de ces trois partenaires, sur la base de devis détaillés.

Le coût de leur participation fera l'objet d'un devis détaillé adressé au BRGM, lequel fera aussi l'objet d'une commande BRGM.

9.3. COMITE DE PILOTAGE

Le comité de pilotage du projet sera composé des partenaires techniques et financiers suivants :

- Conseil Régional Languedoc-Roussillon
- Direction Régionale des Affaires Culturelles de Languedoc-Roussillon
- BRGM / Service Géologique Régional Languedoc-Roussillon
- Université de Montpellier 2
- Ecole des Mines d'Alès
- Centre Interrégional de Conservation et de Restauration du Patrimoine

Les réunions du comité de pilotage pourront être ouvertes aux différents partenaires de la filière pierre de la région (Unicem, Pierres du Sud, ...) afin qu'ils contribuent au projet et qu'ils s'en approprient les résultats.

La fréquence de tenue des réunions du Comité de pilotage sera de 6 mois, soient 7 réunions sur la durée de 3 ans du projet.

9.4. MISE A DISPOSITION DES DONNEES EXISTANTES

Les partenaires du projet s'engagent à mettre à disposition, les données relatives aux pierres de Languedoc-Roussillon, en leur possession.



Correspondance à adresser à : Marc AUDIBERT
BRGM
Service Géologique Régional Languedoc-Roussillon
1039, rue de PINVILLE
34000 – MONTPELLIER