



PREFECTURE
DES BOUCHES DU
RHÔNE

Service
Aménagement

9, av. Général Leduc
13003 MARSEILLE 3

Approuvé par arrêté
préfectoral le
26 JUIL. 2007

COMMUNE DE MEYREUIL

PLAN DE PREVENTION DES RISQUES NATURELS PREVISIBLES (P.P.R.)

**MOUVEMENTS DIFFERENTIELS DE TERRAIN
liés au phénomène de
retrait/gonflement des argiles**

- 1 - RAPPORT DE PRESENTATION

SOMMAIRE

Chapitre I: - Justification, procédure d'élaboration et contenu du P.P.R.	P 2
I.1.: Les plans de prévention des risques	
I.2.: Le dossier de Meyreuil	
I.3.: Les procédures	
I.4.: La sécurité civile	
Chapitre II: - La commune de Meyreuil – Présentation et Risques prévisibles	P 8
II.1.: Présentation de la commune	
II.2.: Risques prévisibles	
II.3.: Géologie	
II.4.: Hydrogéologie	
II.5.: Description des phénomènes	
II.6.: Sinistres observés dans le département	
II.7.: Caractérisation de l'aléa	
II.8.: Caractérisation des enjeux et vulnérabilité	
Chapitre III: - Le zonage du P.P.R.	P 15

CHAPITRE I

Justification, procédure d'élaboration et contenu du Plan de Prévention des Risques (P.P.R.)

En application de l'article L.562 du code de l'Environnement, ont été prévues l'élaboration et la mise en application par l'Etat des Plans de Prévention des Risques naturels prévisibles (PPR).

I-1. Les Plans de Prévention des Risques (P.P.R.)

Le PPR est l'outil qui permet d'afficher et de pérenniser la prévention.

Il doit contenir des informations tant sur les risques potentiels et les techniques de prévention que sur la réglementation et l'utilisation du sol. Il permet d'améliorer la sécurité des personnes et des biens et de limiter les dommages, résultats des effets des catastrophes naturelles. Il fixe les dispositions applicables aux biens et activités existants, à l'implantation de toute construction et installation, à l'exécution de tous travaux, à l'exercice de toute activité, sans préjudice de l'application des autres législations et réglementations en vigueur.

I-2. Le Dossier de Meyreuil

L'aire d'étude du P.P.R. s'étend sur la totalité du territoire de la commune.

Par arrêté préfectoral du 6 juillet 2005 a été prescrit l'établissement d'un P.P.R. pour le risque "mouvements de terrain".

Le dossier du P.P.R. comprend:

- le présent rapport de présentation (pièce n° 1)
- le document graphique à l'échelle du 1/10 000 ^{bmc} (pièce n° 2)
- le règlement (pièce n° 3)
- les annexes (pièce n° 4)

Ces annexes sont données à titre informatif.

Ce dossier de P.P.R. ne concerne que l'aléa retrait/gonflement des argiles. Il ne traitera pas des mouvements de terrain d'autre nature comme les écroulements de fronts rocheux, les glissements de terrain ou les effondrements.

Les phénomènes de retrait et de gonflement de certains sols argileux ont été observés depuis longtemps dans les pays à climat aride et semi-aride où ils sont à l'origine de nombreux dégâts causés tant aux bâtiments qu'aux réseaux et voiries. En France, où la répartition pluviométrique annuelle est plus régulière et les déficits saisonniers d'humidité moins marqués, ces phénomènes n'ont été mis en évidence que plus récemment, en particulier à l'occasion des sécheresses de l'été 1976, et surtout des années 1989-90.

Les dégâts observés en France concernent principalement le bâti individuel.

Depuis 1989, date à laquelle ce phénomène est considéré comme catastrophe naturelle en France, plusieurs centaines de milliers d'habitations ont ainsi été touchées et le montant total des indemnisation versées à ce titre en fait la deuxième cause d'indemnisation derrière les inondations.

Le département des Bouches-du-Rhône fait partie des départements concernés par ce phénomène, puisque 35 arrêtés interministériels y ont été pris entre 1989 et 2003, reconnaissant l'état de catastrophe naturelle pour ce seul aléa dans 50 communes, soit 42% des 119 communes que compte le département. Dans le cadre de l'étude d'aléa achevée en août 2004 par le BRGM, 3 711 sites de sinistres, répartis dans 76 communes, ont ainsi été recensés et localisés, ce qui constitue une estimation approchée, quoique vraisemblablement minorée, de la réalité.

Des règles constructives simples permettent de limiter les désordres

Objectifs :

- > délimiter les zones d'aléa potentiel
- > diffuser auprès des maîtres d'ouvrages et constructeurs des règles préventives pour diminuer la sinistralité

Service Aménagement et Risques Naturels
22 mars 2004



Pourtant il est possible de construire des maisons sur des sols argileux sensibles au phénomène de retrait-gonflement, à condition de respecter un certain nombre de règles préventives simples à mettre en œuvre et qui n'entraînent pas de surcoûts notables.

Les objectifs des mesures du PPR sont pour l'essentiel de résister aux tassements différentiels et de limiter les variations hydriques au droit des constructions.

I-3. Les Procédures

Elaboration du P.P.R.

La procédure d'élaboration, prévue par le décret n° 95-1089 du 5 Octobre 1995 relatif aux plans de prévention des risques naturels prévisibles modifié par le décret 2005-3 du 4 janvier 2005 comprend trois phases successives:

Prescription:

Le Préfet du département prescrit par arrêté l'établissement du P.P.R. (article.1^{er} du décret de 1995).

Cet arrêté détermine le périmètre et la nature des risques pris en compte et désigne le service déconcentré de l'Etat chargé d'instruire le projet. Cet arrêté définit les modalités de la concertation relative à l'élaboration du projet. Il fait l'objet d'une notification aux maires des communes ainsi qu'aux présidents des collectivités territoriales et établissements publics de coopération intercommunale compétents pour l'élaboration des documents d'urbanisme dont le territoire est inclus en tout ou partie dans le périmètre du projet de plan. Cet arrêté est en outre affiché pendant un mois dans les mairies de ces communes et aux sièges de ces établissements publics et publié au recueil des actes administratifs de l'Etat dans le Département. Mention de cet affichage est insérée dans un journal diffusé dans le département (article. 2 du décret de 2005).

Enquête publique:

Le projet de P.P.R. est soumis par le Préfet à une enquête publique dans les formes prévues par les articles 6 à 21 du décret n°85-453 du 23 avril 1985 (article 5 du décret de 2005). En particulier, l'arrêté de mise à l'enquête est publié en caractères apparents quinze jours au moins avant le début de l'enquête et rappelé dans les huit premiers jours de celle-ci dans deux journaux régionaux ou locaux diffusés dans le Département.

Il est, également, soumis à l'avis des conseils municipaux des communes, des organes délibérant des établissements publics de coopération intercommunale compétents pour l'élaboration des documents d'urbanisme dont le territoire est couvert en tout ou partie par le plan et, éventuellement, à l'avis des organes délibérants du Conseil Général, du Conseil Régional, et à l'avis de la Chambre d'Agriculture et du Centre Régional de la Propriété forestière.

Les maires des communes sur le territoire desquels le plan s'applique, sont entendus par le commissaire enquêteur une fois consigné ou annexé au registre d'enquête l'avis des conseils municipaux.

Le projet de P.P.R., éventuellement modifié au vu des résultats de l'enquête publique et des avis recueillis, est adressé par le Préfet au Maire (article 5 du décret de 2005).

Approbation:

Le projet de P.P.R., éventuellement modifié, ainsi qu'il est indiqué plus haut, est approuvé par arrêté préfectoral (article 5 du décret de 2005).

Cet arrêté fait l'objet d'une mention au Recueil des Actes Administratifs de l'Etat dans le Département ainsi que dans un journal régional ou local diffusé dans le Département.
Une copie de l'arrêté est affichée à la Mairie pendant un mois au minimum.

Le plan approuvé est tenu à la disposition du public en Préfecture, à la Mairie et au siège de l'établissement public de coopération intercommunale. Cette mesure de publicité fait l'objet d'une mention avec les publications et l'affichage prévus aux alinéas précédents.

Le P.P.R. approuvé vaut servitude d'utilité publique. Il est annexé au Plan Local d'Urbanisme conformément à l'article L. 126-1 du code de l'urbanisme.

Révision du P.P.R.:

En cas de changement de fait ou de droit, le P.P.R. peut être modifié selon la procédure décrite ci-dessus (article. 8 du décret de 1995).

I-4. La Sécurité Civile

I.4.1 - Les mesures de sécurité civile:

L'organisation de la sécurité civile repose sur les pouvoirs de police du Maire. Selon les articles L. 2212-1 à L. 2212-5 du Code Général des Collectivités Territoriales, le Maire est chargé "d'assurer le bon ordre, la sûreté, la sécurité et la salubrité publiques" sur le territoire communal.

Ainsi, en cas de danger grave ou imminent, tel que les accidents naturels, le Maire prescrit l'exécution des mesures de sûreté exigées par les circonstances.

Le plan communal de sauvegarde détermine, en fonction des risques connus, les mesures immédiates de sauvegarde et de protection des personnes, fixe l'organisation de l'alerte et des consignes de sécurité, recense les moyens disponibles et définit la mise en œuvre des mesures d'accompagnement et de soutien des populations. Il est obligatoire dans les communes dotées d'un plan de prévention des risques (P.P.R.) approuvé ou comprises dans le champ d'application d'un plan particulier d'intervention (P.P.I.).

Le plan communal de sauvegarde est arrêté et mis en œuvre par le Maire.

Dans les communes où un P.P.R. a été prescrit ou approuvé, le maire doit réaliser une information de ses administrés au minimum tous les deux ans.

Par ailleurs, le maire informe d'urgence le représentant de l'Etat dans le département et lui fait connaître les mesures qu'il a prescrites.

Dans l'exercice de ces responsabilités, le Maire dispose d'un centre de secours de sapeurs-pompiers communal, dont les moyens peuvent, si nécessaire, être renforcés par ceux de la Direction Départementale des Services d'Incendie et de Secours (D.D.S.I.S.).

Cependant, lorsque le Maire n'est plus en mesure d'assurer ces responsabilités, faute de moyens ou en raison de la gravité de la situation, il fait appel au représentant de l'Etat dans le Département. Ce dernier appréciera alors l'opportunité de la mise en oeuvre du plan ORSEC (organisation des secours).

LE PLAN ORSEC, issu d'une ordonnance ministérielle en date du 5 Février 1952 sur "l'organisation des secours dans le cadre départemental en cas de sinistre important", est une mesure générale de mise en sécurité des populations par l'organisation des secours: il est déclenché par le Préfet et place les opérations de secours sous l'autorité de celui-ci.

Le Préfet peut alors mobiliser en tant que de besoin, différents services tels que: police, gendarmerie, Direction Départementale de l'Equipeement (D.D.E.), Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement (D.R.I.R.E.), Direction Départementale de l'Agriculture de la Forêt (D.D.A.F.), Direction Départementale des affaires Sanitaires et Sociales (D.D.A.S.S.), services vétérinaires, Météo-France, Service Départemental d'Incendie et de Secours (S.D.I.S).

Le plan ORSEC peut faire l'objet d'adaptations à différents risques spécifiques.

I.4.2 – Solidarité et obligations

L'indemnisation des victimes des catastrophes naturelles

Par la loi n°82-600 du 13 Juillet 1982, le législateur a voulu apporter une réponse efficace aux problèmes posés par l'indemnisation des victimes de catastrophes naturelles.

Cette loi repose sur deux principes fondamentaux:

- la solidarité:

il s'agit d'une garantie obligatoire figurant automatiquement dans les contrats d'assurance garantissant les dommages directs aux biens, aux véhicules terrestres à moteurs ainsi que les pertes d'exploitation couvertes par ces contrats.

L'adjonction de cette couverture aux contrats d'assurance est accompagnée de la perception d'une prime ou cotisation additionnelle individualisée dans l'avis d'échéance du contrat et calculée à partir d'un taux unique défini par l'article A.125-2 du code des Assurances pour chaque catégorie de contrat.

- la prévention des dommages par la responsabilisation des intéressés:

en contrepartie de la garantie offerte au titre de la solidarité, les personnes concernées par l'éventualité d'une catastrophe naturelle ont la responsabilité de mettre en oeuvre certaines mesures de prévention.

Sujétions applicables aux particuliers:

Les particuliers sont soumis à différentes sujétions:

- * ils devront d'abord se conformer aux règles de prévention exposées notamment dans le règlement du P.P.R.
- * ils devront ensuite s'assurer, auprès de leur compagnie d'assurance, de la couverture des risques naturels potentiels dont ils peuvent être victimes. Ce contrat d'assurance permet, dès lors que l'état de catastrophe naturelle est constaté, de bénéficier de l'indemnisation prévue par la loi n° 82-600 du 13 Juillet 1982 modifiée, relative à l'indemnisation des victimes de catastrophes naturelles (articles L.125-1 à L.125-6 du code des assurances). La déclaration de catastrophe naturelle est prononcée par arrêté interministériel au vu de dossiers établis par les communes selon des modèles types et après avis des services compétents (notamment service de la météo) et celui d'une commission interministérielle. A compter de la date de publication de cet arrêté au *Journal Officiel*, les particuliers disposent de 10 jours pour saisir leur compagnie d'assurance.
- * enfin, ils ont la charge, en tant que citoyen, d'informer les autorités administratives territorialement compétentes (Maire, Préfet) des risques dont ils ont connaissance.

Les financements par le fond de prévention des risques naturels majeurs

Créé par la loi n° 95-101 du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement, le fond de prévention des risques naturels majeurs était originellement destiné à financer les indemnités d'expropriation des biens exposés à un risque naturel prévisible de mouvement de terrain, d'avalanche ou de crue torrentielle menaçant gravement des vies humaines, ainsi que les dépenses liées à la limitation de l'accès et à la démolition éventuelle de ces biens afin d'en empêcher toute occupation future.

Les possibilités d'intervention du fonds ont été élargies par la loi du 30 juillet 2003 relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages par la loi de finances initiales pour 2004.

Ces financements concernent:

- * L'expropriation ou l'acquisition amiable de biens exposés à des risques naturels menaçant gravement des vies humaines,
- * L'acquisition amiable de certains biens fortement sinistrés à la suite d'une catastrophe naturelle,
- * Les études et travaux de prévention imposés à certains biens existants par un PPR approuvé
- * Les opérations de reconnaissance et les travaux de prévention des risques d'effondrement de cavités souterraines menaçant gravement des vies humaines,
- * Les études et travaux de prévention contre les risques naturels réalisés par les collectivités territoriales sur le territoire de communes dotées d'un PPR approuvé,
- * D'autres mesures de prévention plus spécifiques comme les évacuations temporaires et le relogement des personnes exposées à certains risques naturels majeurs.

oOo

CHAPITRE II

La Commune de Meyreuil

Présentation et Risques prévisibles

Le département des Bouches-du-Rhône offre un paysage particulièrement contrasté. Sa partie occidentale est constituée de plaines (Comtat, Crau, Camargue) d'où surgissent les Alpilles, tandis que sa partie orientale est formée de hauteurs calcaires (Sainte-Victoire, Trévaresse, Estaque, Sainte-Baume) séparées par des bassins où sont concentrées les populations humaines (Arc, Huveaune).

II-1. Présentation de la commune

La commune fait partie de l'arrondissement d'Aix en Provence, du canton d'Aix sud-est et de la communauté d'agglomération du Pays d'Aix. Elle se situe au nord-est du département, sa superficie est de 2013 hectares et sa population, au recensement de 1999, était de 4407 habitants.

Les formations géologiques "argileuses" qui affleurent plus spécialement sur la commune sont:

- les alluvions, cône de déjection, alluvions à limons argileux et colluvions du Quaternaire,
- les calcaires du Lutétien,
- les calcaires et marnes du Thanétien-Sparnacien,
- les argiles et calcaires argileux du Montien,
- les argiles, grès et calcaires indifférenciés du Maestrichtien supérieur,
- les argiles et grès du Maestrichtien supérieur,
- les calcaires, marnes et poudingues du Maestrichtien inférieur (cf. annexe 1).

II-2. Risques prévisibles

Le Bureau des Recherches Géologiques et Minières (B.R.G.M.) a été chargé de réaliser la carte d'aléa retrait/gonflements des argiles et de la transposer en proposition de zonage réglementaire, pour l'ensemble du département des Bouches-du-Rhône.

L'aléa correspond par définition à la probabilité d'occurrence du phénomène. Il est ici approché de manière qualitative à partir d'une hiérarchisation des formations géologiques argileuses du département vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement. Pour cela, on établit d'abord une carte de susceptibilité, sur la base d'une caractérisation purement physique des formations géologiques à partir des critères suivants:

- la proportion de matériau argileux au sein de la formation (analyse lithologique);
- la proportion de minéraux gonflants dans la phase argileuse (composition minéralogique);
- l'aptitude du matériau à absorber de l'eau (comportement géotechnique).

Pour chacune des 39 formations argileuses ou marneuses identifiées, le niveau d'aléa résulte en définitive de la combinaison du niveau de susceptibilité ainsi obtenu et de la densité de sinistres retrait-gonflement, rapportée à 100 km² de surface d'affleurement réellement urbanisée (pour permettre des comparaisons fiables entre formations).

En définitive, seulement 1,7 % de la superficie du département est située en zone d'aléa fort, tandis que 6,59 % du département est considéré en aléa moyen et 65 % en aléa faible. Le reste, soit 21 % du département correspond à des zones a priori non argileuses, en principe non exposées aux risques de retrait-gonflement (ce qui n'exclut pas la présence, localement, de poches ou de placages argileux non cartographiés).

II.3 - Géologie

La connaissance de l'aléa retrait-gonflement des sols argileux passe par une étude détaillée de la géologie du département, en s'attachant particulièrement aux formations géologiques contenant de l'argile (argiles proprement dites mais aussi marnes, altérites, alluvions, limons, sables argileux, tourbes, etc.). Il est en effet important de déterminer, pour chaque formation, la nature lithologique des terrains ainsi que les caractéristiques minéralogiques et géotechniques de leur phase argileuse.

Cette analyse a été effectuée principalement à partir des données déjà disponibles sur le sujet et notamment à partir des cartes géologiques à l'échelle 1/50 000 publiées par le BRGM, complétées par l'analyse de données de sondages contenues dans la Banque de données du Sous-Sol gérée par le BRGM, et par un certain nombre de dossiers géotechniques collectés dans les bureaux d'étude. Elle reflète donc l'état actuel des connaissances sur la géologie des formations superficielles des Bouches-du-Rhône, mais est susceptible d'évoluer au fur et à mesure de l'acquisition de nouvelles données locales sur le proche sous-sol.

Les formations géologiques affleurantes ou sub-affleurantes dans le département et considérées comme argileuses (au sens le plus large) sont brièvement décrites en annexe 1, après regroupement d'unités stratigraphiquement distinctes, mais dont les caractéristiques lithologiques, et donc le comportement supposé vis-à-vis du retrait-gonflement, sont comparables.

La carte géologique des formations argileuses et marneuses est une carte synthétique qui résulte d'une analyse interprétative à partir des connaissances actuellement disponibles.

Cette synthèse géologique départementale montre que près de 80% de la superficie du département est concernée par des formations à dominante argileuse plus ou moins marquée, et donc soumises à un risque potentiel de retrait-gonflement.

Les principales formations argileuses ou marneuses qui affleurent dans le département des Bouches-du-Rhône sont, par ordre d'importance décroissante en terme de superficie, les *Tourbes, limons, sables et vases (Quaternaire)* (30,33 % de la superficie du département), les *Alluvions à limons argileux (Quaternaire)* (13,71 %), les *Colluvions (Quaternaire)* (9,78 %), les *Alluvions et cônes de déjection (Quaternaire)* (4,95 %) et les *Marnes et calcaires argileux de l'Hauterivien supérieur (faciès Urgonien)* (3,66 %). Les autres formations argileuses ou marneuses n'affleurent que sur des superficies toutes inférieures à 2 % du département.

II.4 - Hydrogéologie

Les fluctuations du niveau des nappes phréatiques peuvent avoir une incidence sur la teneur en eau (dessiccation ou imbibition) dans certaines formations à alternance argilo-sableuse, et contribuer ainsi au déclenchement ou à l'aggravation de mouvements de terrain différentiels.

Dans le département des Bouches-du-Rhône, ce sont essentiellement les nappes alluviales qui vont avoir une influence importante sur le retrait-gonflement des sols. En effet, les autres aquifères, notamment au niveau des plateaux, sont suffisamment profonds pour n'avoir que peu d'influence sur la teneur en eau de la tranche superficielle du sol, laquelle est soumise au phénomène de retrait-gonflement des argiles.

Ainsi, les alluvions récentes, qui correspondent au lit majeur des cours d'eau, sont largement baignées par la nappe alluviale, ce qui atténue le phénomène de retrait, puisque des remontées capillaires vont limiter la dessiccation. Cependant, les niveaux sablo-graveleux, à fortes perméabilités, peuvent être dénoyés, ce qui est de nature à aggraver la dessiccation de niveaux argileux sous-jacents, en cas de sécheresse prolongée.

II.5 - Description des phénomènes

Le phénomène de retrait-gonflement concerne exclusivement les sols à dominante argileuse.

Ce sont des sols fins comprenant une proportion importante de minéraux argileux et le plus souvent dénommés "argiles", "glaises", "marnes" ou "limons". Ils sont caractérisés notamment par une consistance variable en fonction de la quantité d'eau qu'ils renferment: plastiques, collant aux mains, lorsqu'ils sont humides, durs et parfois pulvérulents à l'état desséché.

Ainsi par leur structure particulière, certains minéraux argileux présentent de très fortes amplitudes de gonflement lorsque leur teneur en eau augmente et, inversement se rétractent en période de sécheresse. Ces variations de volume sont rarement uniformes et se traduisent par des tassements

différentiels entre les secteurs qui sont soumis à l'évaporation (et à la succion des racines d'arbres) et ceux qui en sont protégés.

Retrait et gonflement sont deux mécanismes liés. Il arrive que leurs effets se compensent (des fissures apparues en été se referment parfois en hiver), mais la variabilité des propriétés mécaniques des sols de fondations et l'hétérogénéité des structures (et des régimes de contraintes) font que les phénomènes sont rarement complètement réversibles.

L'intensité de ces variations de volume, ainsi que la profondeur de terrain affectée par ces mouvements de "retrait-gonflement" dépendent essentiellement:

- des caractéristiques du sol (nature, géométrie, hétérogénéité);
- de l'épaisseur de sol concernée par des variations de teneurs en eau: plus la couche concernée par ces variations est épaisse, plus les mouvements en surface seront importants. L'amplitude des déformations s'amortit cependant assez rapidement avec la profondeur et on considère généralement qu'au-delà de 3 à 5 m, le phénomène s'atténue, car les variations saisonnières de teneurs en eau deviennent négligeables;
- de l'intensité des facteurs climatiques (amplitude et surtout durée des périodes de déficit pluviométrique...);
- de facteurs d'environnement tels que:
 - * la végétation;
 - * la topographie (pente);
 - * la présence d'eaux souterraines (nappe, source...);
 - * l'exposition (influence sur l'amplitude des phénomènes d'évaporation).

Remarques: le rôle de la végétation dans l'apparition des désordres sur des terrains argileux en période de sécheresse est avéré. L'absorption d'eau par le système racinaire des végétaux crée une dépression locale dans le sol. Cette dépression crée un gradient qui permet un rééquilibrage des teneurs en eau. Or dans les terrains argileux très peu perméables, ce rééquilibrage est très lent et on peut constater des variations en eau saisonnières importantes et progressives. En période de bilan hydrique négatif, une fondation située dans le domaine d'influence de l'arbre subira une distorsion verticale et horizontale. Les mécanismes s'inversent quand le bilan hydrique redevient positif. La distance et la profondeur d'action de la végétation dépendent de paramètres comme l'espèce, la croissance de l'arbre, du climat,.

Les dégâts observés en France concernent principalement le bâti individuel. En effet des maisons individuelles légères et fondées superficiellement résistent parfois mal à de tels mouvements de sol, ce qui se traduit par des désordres tels que la fissuration des façades et des soubassements mais aussi des dallages et des cloisons, la distorsion des huisseries, des décollements entre corps de bâtiments voire des ruptures de canalisations enterrées. Les désordres consécutifs au retrait-gonflement des argiles ne sont pas seulement d'ordre esthétique mais peuvent aller jusqu'à rendre certaines maisons inhabitables.

Leur réparation se révèle souvent très coûteuse, notamment quand il est nécessaire de reprendre les fondations en sous-cœuvres au moyen de micro-pieux.

Manifestation des désordres

➤ **Concerne surtout les maisons individuelles**

- constructions légères de plain-pied
- dallage sur terre-plein
- fondations continues peu profondes (< 80 cm)
- arbres à proximité



➤ **Désordres observés**

- fissuration des structures
- distorsion des ouvertures
- rupture de canalisations
- décollement des bâtiments annexes
- etc...



Service Aménagement et Risques Naturels
22 mars 2004



II-6 - Sinistres observés dans le département

Entre 1989 et 2003, 50 des 119 communes que compte le département des Bouches-du-Rhône (soit 42% d'entre elles) ont été reconnues en état de catastrophe naturelle au titre de mouvements différentiels de sols liés au phénomène de retrait-gonflement des argiles.

Le nombre total de sites de sinistres recensés et localisés par le BRGM dans le cadre de l'étude départementale d'aléa s'élève à 3 711, répartis dans 76 communes: ce nombre constitue une estimation approchée, quoique vraisemblablement minorée, de la réalité. D'après les données de la Caisse Centrale de Réassurance (octobre 2003), le département des Bouches-du-Rhône est classé en 7^{ème} position des départements français en terme de coût d'indemnisation des sinistres retrait-gonflement des argiles.

Les périodes prises en compte dans ces arrêtés de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle s'étalent entre mai 1989 et juin 2002. Le nombre total d'occurrences (nombre de périodes ayant fait l'objet d'une reconnaissance en distinguant commune par commune) s'élève à 105.

La commune a fait l'objet de 3 arrêtés de reconnaissances de l'état de catastrophe naturelle, entre 1988 et 2002, totalisant 44 sinistres recensés.

II-7 - Caractérisation de l'aléa

L'approche du phénomène de retrait-gonflement des argiles et la cartographie de l'aléa proprement dit sont basées principalement sur:

- l'analyse et l'interprétation, des cartes géologiques au 1/50 000° éditées par le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM), des renseignements obtenus lors de campagnes de reconnaissance de sol par sondages et des documents réalisés par différents bureaux d'études, à partir desquels il a été établi une carte des formations argileuses,
- la synthèse d'informations concernant la susceptibilité des différentes formations à prédominance marneuse ou argileuse (lithologie, minéralogie, essais de laboratoire et géotechniques),
- l'inventaire et la localisation des sinistres engendrés par des mouvements de terrain liés aux tassements différentiels des sols consécutifs au processus de sécheresse réhydratation.

La carte d'aléa a été établie à partir de la carte synthétique des formations argileuses au sens large, après hiérarchisation de ces dernières en tenant compte d'une part de la susceptibilité des terrains au phénomène de retrait-gonflement et d'autre part de la probabilité d'occurrence du phénomène qui a été évaluée à partir du recensement des sinistres en calculant pour chaque formation considérée une densité de sinistres rapportée à la surface d'affleurement réellement urbanisée.

Pour ce PPR deux niveaux d'aléa, estimés de façon qualitative, ont été retenus:

- moyen,
- faible.

La carte d'aléa retrait-gonflement des argiles du département des Bouches-du-Rhône dont l'échelle de validité est le 1/ 50 000 est le point de départ pour l'élaboration du plan de zonage réglementaire du plan de prévention des risques, en vue d'attirer l'attention des constructeurs et maîtres d'ouvrages sur la nécessité de respecter les règles constructives préventives dans les zones soumises à l'aléa retrait-gonflement des argiles et en fonction du niveau de celui-ci.

Remarques: Il n'est toutefois pas exclu que, sur des secteurs d'aléa à priori nul, se trouvent localement des zones argileuses d'extension limitée, notamment due à l'hétérogénéité de certaines formations essentiellement sableuses présentant des lentilles argileuses ou à l'altération localisée de formations carbonatées. Ces placages ou lentille argileuses non cartographiés sur les cartes géologiques sont susceptibles de provoquer localement des sinistres.

II-8 - Caractérisation des enjeux et vulnérabilité

Dans le cas particulier du phénomène de retrait-gonflement des argiles, les zones concernées, même soumises à un aléa considéré comme fort restent constructibles.

La lenteur et la faible amplitude des déformations observées pour ce genre de phénomène sont sans danger réel pour les vies humaines bien que les dégâts aux constructions individuelles et ouvrages fondés superficiellement peuvent être localement très conséquents.

Toutefois, l'importance et la vulnérabilité du parc immobilier concerné par ce type de phénomène (bâtiments privés ou publics) ainsi que le coût relativement élevé des réparations des dommages nécessitent la mise en œuvre de mesures techniques de prévention.

Pour informer la population des communes les plus sensibles et faire connaître ces mesures, souvent simples à mettre en place et peu coûteuses, l'élaboration d'un Plan de Prévention des risques (PPR) peut être une des solutions les plus efficaces.

Ces plans de prévention présentent l'avantage de pouvoir être rapidement et simplement réalisés. Du fait de l'importance des informations et des données techniques disponibles (études et reconnaissances géotechniques, rapports de compagnies d'assurance etc....), il s'avère que ce type de document peut être établi à un coût relativement réduit.

La réglementation ainsi éditée concerne essentiellement les maisons neuves et les prescriptions sont principalement des dispositions constructives, non exhaustives, qui viennent compléter les documents normatifs en vigueur (NF - DTU).

Quelques recommandations ou consignes s'appliquent toutefois aux bâtiments existants et ont pour objectif de ne pas aggraver la vulnérabilité de ces derniers vis à vis du phénomène de retrait-gonflement des argiles.

Le tracé du zonage réglementaire réalisé pour la commune a été extrapolé directement à partir de la carte d'aléa départementale en intégrant une marge de sécurité de 50 mètres de largeur afin de tenir compte de l'imprécision des contours, valides à l'échelle du 1/50 000°. Cette transcription automatique de la carte d'aléa en zonage réglementaire à l'échelle de la commune constitue le meilleur compromis coût/efficacité pour l'élaboration de ce PPR en fonction des connaissances actuelles. Il est à noter que seule une étude géotechnique à la parcelle peut permettre d'établir un diagnostic définitif quant à la nature précise du sol et au degré réel d'exposition au phénomène de retrait-gonflement.

Le plan de zonage a été établi sur un fond cartographique extrait des cartes de l'Institut Géographique National (IGN) à l'échelle du 1/25 000° et agrandi à l'échelle du 1/10 000°.

oOo

CHAPITRE III

Le zonage du P.P.R.

En application du décret n° 95-1089 du 5 Octobre 1995, une seule zone bleue (B2) a été définie sur la commune.

La zone B2 correspond aux secteurs soumis aux aléas moyen à faible. Les constructions, sont autorisées sous certaines conditions..

Les zones d'aléa faible et moyen sont regroupées sous une même zone réglementaire car la différence des deux niveaux d'aléa n'est pas la gravité des dommages susceptibles de s'y produire (et donc les mesures minimales de prévention qu'il convient d'appliquer) mais la répartition statistiques des sinistres: relativement rares et localisés dans les zones d'aléa faible, plus fréquent et plus régulièrement répartis dans les zones d'aléa moyen. Ainsi il n'est pas envisageable de prescrire des dispositions préventives moins contraignantes dans les secteurs d'aléa faible car ces dispositions pourraient s'avérer insuffisantes ou mal adaptées localement.

Le plan de zonage et le règlement permettent ainsi de déterminer les mesures de prévention applicables à toute construction. Ces mesures sont pour l'essentiel des règles préventives simples à mettre en œuvre et qui n'entraînent pas de surcoût notable.

Il s'agit avant tout de rappeler un certain nombre de règles de l'art des constructions qui vont permettre à celles-ci de pouvoir résister aux tassements différentiels qui pourraient survenir compte tenu de la nature du sol fondation. D'après des études menées sur des bâtiments sinistrés, il apparaît que les désordres résultent déjà souvent du non-respect des règles de l'art.

Certaines mesures visent donc à assurer la stabilité de la construction au regard du risque avéré de tassements différentiels. Elles couvrent la conception, le pré dimensionnement et l'exécution des fondations. A ces mesures, s'ajoutent des mesures visant à assurer une homogénéité d'ancrage, la rigidification de la structure ainsi qu'une limitation des variations hydriques au droit des fondations.

Pour limiter des variations de la teneur en eau des sols à proximité des fondations, il est important lors de la mise en place de projets nouveaux mais aussi pour des constructions existantes de respecter certaines règles comme s'affranchir de l'incidence de la végétation, limiter au maximum les infiltrations d'eau aux abords des constructions (rupture de canalisation, rejets directs des eaux usées et pluviales...), lutter contre l'évaporation de l'eau du sol, ...

oOo



Liberté - Égalité - Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE



PREFECTURE
DES BOUCHES DU
RHÔNE

Service
Aménagement

9, av. Général Leclerc
13003 MARSEILLE

Approuvé par arrêté
préfectoral le
26 JUIL 2007

COMMUNE DE MEYREUIL

PLAN DE PREVENTION DES RISQUES NATURELS PREVISIBLES (P.P.R.)

**MOUVEMENTS DIFFERENTIELS DE TERRAIN
liés au phénomène de
retrait/gonflement des argiles**

- 3 - REGLEMENT

TITRE I

PORTEE DU REGLEMENT P.P.R.

DISPOSITIONS GENERALES

I.1.: Champ d'application

Le présent règlement s'applique à la Commune de **Meyreuil**. Il détermine les mesures de prévention à mettre en oeuvre pour réduire le risque naturel **mouvements de terrain** différentiels liés au phénomène de **retrait-gonflement des sols argileux**. Il fixe les dispositions applicables aux biens et activités existants ainsi qu'à l'implantation de toutes constructions et installations, à l'exécution de tous travaux et à l'exercice de toutes activités, sans préjudice de l'application des autres législations et réglementations en vigueur.

En application de l'article L.562 du code de l'Environnement et conformément à l'article 3.2 du décret n° 95-1089 du 5 Octobre 1995 modifié, le plan de zonage comprend les zones suivantes délimitées en fonction de l'intensité des risques encourus:

- une zone bleue moyennement exposée (B2).

En application de l'article L.562-1 du code de l'environnement, le présent règlement fixe les dispositions applicables aux biens et activités existants ainsi que l'implantation de toutes constructions et installations, à l'exécution de tous travaux et à l'exercice de toutes activités, sans préjudice de l'application des autres législations et réglementations en vigueur.

I.1.1 Objectifs

Le règlement du Plan de Prévention des Risques mouvements de terrain a pour vocation essentielle de réduire la vulnérabilité des constructions et de diminuer le coût des sinistres par des règles simples n'entraînant pas un surcoût important.

Le présent règlement s'applique à l'ensemble du territoire de la commune de Meyreuil.

Il détermine les mesures de prévention à mettre en oeuvre pour les risques naturels prévisibles pris en compte à savoir le phénomène de retrait/gonflement des argiles.

I.2.: Effets du P.P.R.

Le P.P.R. vaut servitude d'utilité publique en application de l'article L.562-4 du code de l'Environnement. A ce titre, il doit être annexé au Plan Local d'Urbanisme, conformément à l'article R 126.1 du code de l'urbanisme.

Dans tout le périmètre du P.P.R., les conditions spéciales ci-après s'imposent en sus des règles définies au Plan Local d'Urbanisme (P.L.U.), ou d'une Zone d'Aménagement Concerté (Z.A.C.).

En application de l'article 5 du décret n° 95-1089 du 5 octobre 1995 modifié par le décret 2005-3 du 4 janvier 2005, les mesures de prévention prévues par le plan de prévention des risques naturels prévisibles concernant les biens existants antérieurement à la publication de ce plan ne peuvent entraîner un coût supérieur à 10% de la valeur vénale ou estimée à la date d'approbation du présent P.P.R..

Pour les biens et activités implantés antérieurement à la publication de ce plan, le propriétaire ou l'exploitant dispose d'un délai de **cinq ans** pour se conformer au présent règlement.

Les biens et activités existants antérieurement à la publication du P.P.R. continuent de bénéficier du régime général de garantie prévu par la loi.

La date de référence pour les "constructions existantes" visées dans le corps de règles des deux zones, est celle de l'approbation du présent P.P.R.

La publication du plan est réputée faite le trentième jour d'affichage en mairie de l'acte d'approbation (article 5 du décret n° 2005-3 du 4 janvier 2005).

Le respect des dispositions du P.P.R. conditionne la possibilité pour l'assuré de bénéficier de la réparation des dommages matériels directement occasionnés par l'intensité anormale d'un agent naturel, lorsque l'état de catastrophe naturelle sera constaté par arrêté interministériel.

Les maîtres d'ouvrage qui s'engagent à respecter les règles de construction lors du dépôt de permis de construire et les professionnels chargés de réaliser les projets sont responsables des études ou dispositions qui relèvent du Code de la Construction en application de son article R 126-1. Néanmoins il apparaît nécessaire lors de la délivrance d'une autorisation (de construire, de lotir, etc.) que l'autorité compétente en la matière rappelle, au maître d'ouvrage, au delà du visa, par note distincte, l'existence des dispositions qu'il lui appartient de respecter et, le cas échéant, les moyens de les mettre en œuvre. Il s'agit là d'un souci de bonne administration mais aussi de l'exercice des compétences de l'Etat et des Maires

au titre du droit de l'information des citoyens sur le risque (article 21 de la loi du 22 juillet 1987).

La nature et les conditions d'exécution des techniques de prévention prises pour l'application du présent règlement sont définies et mises en oeuvre sous la responsabilité du maître d'ouvrage et du maître d'œuvre concernés par les constructions, travaux et installations visés. Ceux-ci sont également tenus d'assurer les opérations de gestion et d'entretien nécessaires pour maintenir la pleine efficacité de ces mesures.

Le non respect des dispositions du P.P.R.:

- est puni des peines prévues à l'article L.480-4 du code de l'urbanisme, en application de l'article L.562-5 du code de l'Environnement,
- permet aux entreprises d'assurances de déroger à certaines règles d'indemnisation en application de l'article L.125-6, du code des assurances.

I.3.: Information du public et gestion de crise

Un **Dossier d'Information Communal sur les Risques Majeurs (DICRIM)** dans le respect du droit à l'information des citoyens sur les risques majeurs (codifié dans les articles L 125-2 et L 125-5 et L 563-3 du code de l'environnement) doit être établi **dès la transmission par le préfet** des informations nécessaires à son élaboration.

En plus de l'élaboration du DICRIM, le maire doit arrêter les modalités d'affichage des risques et consignes conformément à l'article 6 du décret 90-918 modifié et de l'arrêté du 9 février 2005 (rappel)

Concernant l'information de la population par les communes, l'article 40 de la loi risque du 30 juillet 2003 dispose que:

"Dans les communes où un P.P.R. a été prescrit ou approuvé, le maire informe la population au moins une fois tous les deux ans, par des réunions publiques communales ou tout autre moyen approprié, sur les caractéristiques du ou des risques naturels connus dans la commune, les mesures de prévention et de sauvegarde possibles, les dispositions du plan, les modalités d'alerte, l'organisation des secours, les mesures prises par la commune pour gérer le risque, ainsi que sur les garanties prévues à l'article L125-1 du code des assurances. Cette information est délivrée avec l'assistance des services de l'Etat compétents, à partir des éléments portés à connaissance du maire par le représentant de l'Etat dans le département, lorsqu'elle est notamment prise en application de la loi 87-565 du 22 juillet 1987 relative à l'organisation de la sécurité civile, à la protection de la forêt contre l'incendie et à la

prévention des risques majeurs et ne porte pas sur les mesures mises en œuvre par le maire en application de l'article L2212-2 du code général des collectivités territoriales".

Lors de la vente ou de la location d'un bien immobilier bâti ou non bâti, l'article L.125-5 du code de l'environnement crée, pour le propriétaire de ce bien, **une double obligation d'information des acquéreurs/locataires (IAL) sur:**

- la situation du bien au regard des risques pris en compte dans un **Plan de Prévention des Risques (P.P.R.)** naturels et technologiques prescrit ou approuvé
 - la situation du bien au regard des **zones sismiques réglementaires** en vigueur;
- les sinistres subis par le bien, à partir des indemnisations consécutives à un événement ayant fait l'objet d'un arrêté de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle ou technologique,**

Un **Plan Communal de Sauvegarde (P.C.S.)** (loi 13 août 2004) doit être établi par la commune. Le PCS regroupe l'ensemble des documents de compétence communale contribuant à l'information préventive et à la protection de la population. Il détermine en fonction des risques connus, les mesures immédiates de sauvegarde et de protection des personnes, fixe l'organisation nécessaire à la diffusion de l'alerte et des consignes de sécurité, recense les moyens disponibles et définit la mise en œuvre des mesures d'accompagnement et de soutien de la population. Il doit être compatible avec les plans d'organisation des secours.

oOo

TITRE II

DISPOSITIONS APPLICABLES EN ZONE BLEUE

II-1 - Mesures applicables aux constructions existantes

De manière générale les mesures visent des études ou des travaux de modification des biens déjà situés dans les zones réglementées par un PPR au moment de son approbation. Elles concernent l'aménagement, l'utilisation et l'exploitation de tous types de bâtiments, d'ouvrages, d'espaces agricoles ou forestiers.

Ces mesures doivent être prises par les propriétaires, exploitants, utilisateurs ou la collectivité. Elles visent essentiellement la limitation des dommages aux biens.

Sauf dispositions particulières résultant d'investigations ou d'études réalisées dans le cadre des missions géotechniques adaptées définies dans la norme en vigueur, les dispositions ci-après s'appliquent aux zones B2 délimitées sur le plan de zonage réglementaire, (par exemple et à titre indicatif les missions anciennement nommées G0 et G12 définies dans la norme NF P94 500).

Les mesures suivantes visent à limiter les variations hydriques au droit des constructions et à résister aux tassements différentiels.

Article II-1-1.: Est rendu immédiatement obligatoire en zone B2:

- * le respect d'une distance minimale entre les constructions et toutes nouvelles plantations d'arbres ou arbuste égale au moins à la hauteur à maturité de ces plantation (1,5 fois en cas de rideau d'arbres ou d'arbustes), sauf mise en place d'un écran anti-racines d'une profondeur minimale de 2 mètres entre l'arbre et toute construction existante. Cette mesure est à la charge du propriétaire de l'arbre planté.

Article II-1-2 : Est rendue obligatoire dans un délai de 5 ans en zone B2:

- * la récupération des eaux de ruissellement et leur évacuation des abords de la construction par un dispositif de type caniveau afin d'empêcher leur déversement en pied de mur.

Article II-1-3 : Est rendue obligatoire dans un délai de 5 ans en zone B2:

- * l'interdiction de tout pompage, à usage domestique, entre mai et octobre, dans un puits situé à moins de 10 mètres de toute construction et où la profondeur du niveau de l'eau (par rapport au terrain naturel) est inférieure à 10 mètres.

II-2 - Mesures applicables aux constructions futures

Un projet est un ensemble de réalisations de constructions, ouvrages, aménagements ou d'exploitations agricoles, forestières, artisanales, commerciales ou industrielles. Ainsi les projets d'extension, de changement de destination ou de reconstruction de biens existants après sinistre sont, comme tout projet nécessitant une déclaration de travaux ou déclaration préalable ou l'obtention préalable d'un permis de construire ou permis d'aménager, réglementés au titre des projets futurs même si cela concerne des biens existants.

Le présent règlement précise les conditions de réalisation, d'utilisation et d'exploitation. Les conditions de réalisation se traduisent par le respect de règles d'urbanisme et de règles de construction (sous la responsabilité du maître d'ouvrage, du propriétaire, de l'occupant ou de l'utilisateur). Les conditions d'utilisation sont des règles liées à l'usage des biens, ouvrages ou exploitation.

Les dispositions ci-après sont définies en application de l'article L.562-1 du code de l'environnement, sans préjudice des règles normatives en vigueur. Elles s'appliquent à l'ensemble des zones à risques délimitées sur le plan de zonage réglementaire, sauf dispositions contraires explicitement mentionnées.

Article II-2-1: Mesures applicables aux logements individuels hors permis groupés

Afin de résister au phénomène de tassement différentiel,

est interdite:

- * l'exécution d'un sous-sol partiel (ne couvrant pas l'intégralité de la surface bâtie), sauf si elle est justifiée par une étude géotechnique spécifique avec réalisation de fondations adaptées.

sont prescrites:

A défaut d'une étude géotechnique couvrant la conception, le pré-dimensionnement et l'exécution des fondations, ainsi que l'adaptation de la construction aux caractéristiques du site, conformément à la mission géotechnique adaptée à la norme en vigueur (à titre indicatif les missions anciennement nommées G0 et G12 définies dans la norme NF P94-500), les dispositions suivantes:

en matière de fondations:

- * la profondeur minimum des fondations est fixée à 0,80 m en zone B2, sauf rencontre de sols durs non argileux à une profondeur inférieure,
- * sur terrain en pente et pour les constructions réalisées sur plate-forme en déblais ou déblais-remblais, ces fondations doivent être descendues à une profondeur plus importante à l'aval qu'à l'amont afin d'assurer une homogénéité d'ancrage,
- * les fondations sur semelles doivent être continues, armées et bétonnées à pleine fouille, selon les préconisations de la norme DTU 13-12 (règles pour le calcul des fondations superficielles).

en matière de conception et de réalisation des constructions:

- * toutes parties de bâtiment fondées différemment et susceptibles d'être soumises à des tassements différentiels doivent être désolidarisées et séparées par un joint de rupture sur toute la longueur de la construction,
- * les murs porteurs doivent comporter un chaînage horizontal et vertical liaisonné selon les préconisations de la norme DTU 20-1 (règles de calcul et dispositions constructives minimales),

- * la réalisation d'un plancher sur vide sanitaire ou sur sous-sol total est recommandée. A défaut, le dallage sur terre plein doit faire l'objet de dispositions assurant l'atténuation du risque de mouvements différentiels vis-à-vis de l'ossature de la construction et de leurs conséquences, notamment sur les refends, cloisons, doublages et canalisations,
- * la mise en place d'un dispositif d'isolation thermique le long des murs extérieurs en cas de source de chaleur en sous-sol.

Article II-2-2: Mesures applicables à tous les autres bâtiments notamment les logements collectifs, groupés et les permis d'aménager à l'exception des bâtiments à usage agricole et des annexes d'habitations non accolées

Afin de résister aux tassements différentiels,

est prescrite:

La réalisation d'une étude définissant les dispositions constructives nécessaires pour assurer la stabilité des constructions vis-à-vis du risque avéré de tassement ou de soulèvement différentiel et couvrant la conception, le pré-dimensionnement et l'exécution des fondations, ainsi que l'adaptation de la construction aux caractéristiques du site, conformément à la mission géotechnique adaptée dans la norme en vigueur (à titre indicatif les missions nommées G0 et G12 définies dans la norme NF P94-500).

II-2-3: Dispositions relatives à l'environnement immédiat des constructions projetées

Sauf dispositions contraires résultant des investigations ou études réalisées dans le cadre des missions géotechniques adaptées définies dans la norme en vigueur (à titre indicatif les missions nommées G0 et G12 définies dans la norme NF P94-500), les mesures suivantes sont applicables:

Afin de limiter les variations hydriques au droit des constructions,

est interdit:

- * tout pompage à usage domestique, entre mai et octobre, dans un puits situé à moins de 10 mètres de toute construction et où la profondeur du niveau de l'eau (par rapport au terrain naturel) est inférieure à 10 mètres.

sont prescrits:

- * le respect d'une distance minimale entre la construction projetée et toute nouvelle plantation d'arbres ou d'arbustes égale au moins à la hauteur à maturité de ces plantations (1,5 fois en cas de rideau d'arbres ou d'arbustes), sauf mise en place d'un écran anti-racines d'une profondeur minimale de 2 mètres entre l'arbre et toute construction existante. **Cette mesure est à la charge du propriétaire de l'arbre planté,**
- * le raccordement des rejets d'eaux usées ou pluviales (eau de drainage, eau de vidange de piscine) au réseau collectif:
 - immédiatement lorsqu'il existe
 - dans un délai de 1 an à compter de la mise en service d'un nouveau réseau.

En cas d'absence ou d'insuffisance de ces réseaux, la zone d'épandage de l'assainissement autonome pour les eaux usées et/ou l'exutoire des rejets des eaux pluviales doivent être situés à une distance minimale de 15 mètres de toute construction. Si le respect de cette distance s'avérait impossible, il conviendra de déterminer par une étude, confiée à un bureau compétent, les conditions d'épandage ou de rejets (stockage à la parcelle par exemple) afin que ceux-ci soient sans conséquence néfaste sur la construction projetée. En tout état de cause, le maître d'ouvrage doit veiller à l'assurance d'une maintenance régulière du système et à une vérification périodique de son bon fonctionnement,

- * la mise en place de dispositifs assurant l'étanchéité des canalisations d'évacuation des eaux usées et pluviales (joints souples, ne pas bloquer la canalisation dans le gros œuvre, éviter les canalisations qui longent les bâtiments...),
- * la récupération des eaux de ruissellement et leur évacuation des abords de la construction par un dispositif d'évacuation type caniveau éloigné d'une distance minimale de 1,5 mètre,
- * la mise en place, sur toute la périphérie de la construction, d'un dispositif d'une largeur de 1,5 mètre, s'opposant à l'évaporation, sous la forme d'un écran imperméable sous terre végétale (géomembrane) ou d'un revêtement étanche (terrasse), dont les eaux de ruissellement seront récupérées par un dispositif d'évacuation par caniveau; il peut être dérogé à cette prescription en cas d'impossibilité matérielle (maison construite en limite de propriété, par exemple),
- * le captage des écoulements épidermiques, lorsqu'ils existent, par un dispositif de drainage périphérique à une distance minimale de 2 mètres de toute construction,

* pour les arbres existants situés à une distance inférieure à leur hauteur à maturité de l'emprise de la nouvelle construction et pour limiter l'action des végétaux sur les terrains sous-jacents des fondations de cette dernière, la mise en place d'un écran anti-racines d'une profondeur minimale de 2 mètres entre l'arbre et la construction nouvelle ou la réalisation des fondations à une profondeur où les racines n'induisent plus de variation en eau

Cette mesure est prescrite au propriétaire de la parcelle sur laquelle se situe la construction à réaliser.

oOo

TITRE III

MESURES DE PREVENTION DE PROTECTION ET DE SAUVEGARDE

Ces mesures ont pour objectif d'agir sur les phénomènes ou sur la vulnérabilité des personnes.

Les mesures de **prévention** permettent d'améliorer la connaissance, d'assurer l'information préventive, de favoriser la conscience du risque et la mémoire du risque, et d'anticiper par la surveillance et l'alerte.

Les mesures de **protection** permettent de maîtriser l'aléa par l'entretien ou la réhabilitation des dispositifs de protection existants ou sa réduction par la création de nouveaux dispositifs.

Les mesures de **sauvegarde** permettent de maîtriser ou réduire la vulnérabilité des personnes: plans d'alerte et d'évacuation, moyens d'évacuation... et de garantir un retour rapide à la normale après la crise.

En application des articles 4 et 5 du décret n° 95-1089 du 5 octobre 1995 relatif aux Plans de Prévention des Risques naturels prévisibles modifié par le décret 2005-3 du 4 janvier 2005 et de l'article L.562-1 du code de l'Environnement, les travaux et mesures de prévention suivants, devront être réalisés ou mis en oeuvre, **sauf précision contraire, dans un délai maximum de 5 ans après l'approbation du PPR pour l'existant et au fur et à mesure des aménagements nouveaux.**

Article III-1: Pour les communes, établissements publics de coopération intercommunale

Dès l'approbation du PPR, les dispositions réglementaires en matière de rejet d'eaux s'imposent. De ce fait, il est fortement recommandé:

- d'établir ou d'adapter **le schéma directeur d'assainissement pluvial** ou d'écoulement pluvial communal afin d'assurer la maîtrise du débit des ruissellements pluviaux.

Ce schéma devra, entre autres choses, définir les prescriptions et les équipements à mettre en œuvre pour la rétention ou l'infiltration des eaux pluviales, par les aménageurs, la collectivité et les particuliers,

Le schéma devra également définir les mesures dites alternatives à la parcelle, permettant la rétention des eaux pluviales sur le terrain d'assiette afin de limiter les impacts des aménagements ou équipements dans les zones émettrices de ruissellement et d'au moins compenser les ruissellements induits.

- d'adapter, dans les meilleurs délais, le dimensionnement des **stations d'épuration (STEP)** et/ou des **réseaux collectifs**.

Article III-2: Pour les concessionnaires de réseaux publics de transport d'eau (eau potable, assainissement, irrigation...):

Il est fortement recommandé:

- d'élaborer un diagnostic des installations au regard du risque concerné: Le diagnostic doit permettre d'identifier les réseaux situés en zones à risques, leur degré d'exposition, d'analyser leur vulnérabilité et les effets directs et indirects des atteintes.
- de définir et mettre en œuvre les mesures adaptées de réduction de la vulnérabilité des réseaux afin de limiter les dysfonctionnements et les dégâts en fonction des enjeux préalablement définis.
- de contrôler périodiquement l'état des réseaux et élaborer un programme d'entretien intégrant le risque.
- de procéder au remplacement des tronçons dégradés et des canalisations sensibles aux déformations du sous-sol, même de faible amplitude

oOo



Liberté - Égalité - Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE



PREFECTURE
DES BOUCHES DU
RHÔNE

Service
Aménagement

9, av. Général Leclerc
13003 MARSEILLE

Approuvé par arrêté
préfectoral le

26 JUIL. 2007

COMMUNE DE MEYREUIL

PLAN DE PREVENTION DES RISQUES NATURELS PREVISIBLES (P.P.R.)

**MOUVEMENTS DIFFERENTIELS DE TERRAIN
liés au phénomène de
retrait/gonflement des argiles**

- 4 - ANNEXES

ANNEXE 1

Description succincte des formations argileuses et marneuses affleurant sur la commune de Meyreuil

- **Alluvions et cônes de déjection (Quaternaire):** Les alluvions fluviales présentent sur le département se composent de graviers et galets à intercalations sableuses et limoneuses (alluvions villafranchiennes) et de cailloutis duranciens à galets siliceux (alluvions wurmiennes). Les premières constituent les alluvions rhodaniennes de la Petite Crau et de Caumont (galets mêlés de limons et d'argiles rubéfiés); les autres correspondent à la nappe de la Crau de Miramas affleurant très largement au nord-ouest de l'Étang de Berre. Les cônes de déjection torrentiels rissiens sont formés de cailloutis. Les cônes de déjection wurmiens se retrouvent sur les versants des massifs de Marseilleveyre et de Carpiagne, ainsi que dans la vallée du Jarret, vers Château Gombert et Plan de Cuques, au sud du massif de l'Étoile.

- **Calcaire Lutétien:** Les calcaires blancs lutétiens d'Eygalières dessinent une cuesta presque continue dans le paysage depuis Orgon (Mont Sauvy) jusqu'au village d'Eygalières. Leur épaisseur est très faible à l'est de Saint-Rémy puis augmente régulièrement jusqu'à Orgon (30 m d'épaisseur). Au nord-ouest d'Eygalières, une barre de calcaire à silex (15 m d'épaisseur) surmonte des calcaires argileux (5 m d'épaisseur). Les calcaires blancs lutétiens se retrouvent au nord de Mouriès avec des faciès très variables. Au sud d'Aix en Provence, le Lutétien présente trois niveaux: les calcaires de la butte de Cuques blancs ou gris, les calcaires de Montaignet de teinte grise ou brunâtre, avec quelques lits marneux et ligniteux, et les calcaires de Langesse

- **Calcaires et marnes du Thanétien - Sparnacien:** Le Thanétien, représenté par des calcaires argileux, marnes, argiles calcaires rouges ou bariolées, calcaire silicifié ainsi que des calcaires et marnes à characées, se rencontre dans les mêmes secteurs géographiques que le Montien. Le Sparnacien, constitué de calcaires et marnes lacustres, forme le plateau du petit Arbois, à l'est du bassin de décantation du Réaltort, ainsi que les collines au sud de Calas. L'ensemble atteint 50 m d'épaisseur. Dans le bassin de l'Arc, le sommet du Sparnacien est constitué d'argiles rouges (d'une épaisseur de 40 m)

- **Argiles et calcaires argileux du Montien:** En bordure occidentale du plateau de l'Arbois, la partie supérieure du Montien est constituée par des argiles calcaires, des marnes et des calcaires argileux à illite et smectites. Son épaisseur dépasse 50 m au sud-est de Vitrolles. Autour du plateau du Cengle, le Montien présente au sommet des argiles et des marnes rouges généralement kaolino-illitiques (100 m d'épaisseur). Au sud des Alpilles, des argilites carbonatées et des argilites gréseuses représentent la base de l'Éocène. Près des Baux, des argilites rouges reposant sur la barre du Calcaire de Rognac, sont également attribuées au Vitrollien. A l'est du Concors, le Montien est représenté par une série d'argilites lie de vin, puissante de 50 m.

- **Argiles, grès et calcaires indifférenciés du Maestrichtien supérieur (Rognacien):** Cette formation datée aussi du Rognacien est plus calcaire que la précédente. On y retrouve des bancs de calcaires lacustres, des argiles et des grès à lentilles calcaires. Les calcaires Rognacien affleurent sur le flanc nord des Alpilles, au Sud-Est de Saint Rémy jusqu'à Eygalières. Dans le synclinal des Baux leur épaisseur atteint 40 m. Dans la moitié orientale du bassin de l'Arc, les calcaires de Rognac (30 m) commencent souvent par des marnes grises ligniteuses. Des intercalations d'argile rouge se développent vers l'est, surtout à partir de Rousset. Entre Saint Rémy et Eygalières, au sud de Viret, des marnes roses à smectites et attapulгите ont été distinguées sur le calcaire rognacien et sous un niveau attribué au Vitrollien. Entre l'étang de Berre et le plateau de l'Arbois, des argiles calcaires et des marnes rouges à smectites dominantes atteignent 50 m d'épaisseur. Enfin, au nord et à l'est du plateau du Cengle, au pied de la Sainte Victoire, les argiles inférieures et supérieures du Rognacien n'ont pas été distinguées. Leur épaisseur cumulée est de l'ordre de 100 à 200 m.

- **Argiles et grès du Maestrichtien supérieur (Rognacien):** Cette formation est représentée par des marnes rouges ou marmorisées à smectites, avec lentilles gréseuses, des argilites gréseuses rouges, des marnes sableuses blanchâtres ou versicolores surmontées par des calcaires lacustres et des argiles calcaire. La puissance du Rognacien inférieur dépasse 250 m dans le synclinal des Baux alors qu'en bordure ouest du plateau de l'Arbois, il n'atteint qu'une centaine de mètres d'épaisseur. Les argiles et grès inférieurs à reptiles du Rognacien affleurent largement dans le bassin de l'Arc.

- **Calcaires, marnes et poudingues du Maestrichtien inférieur:** Sur la bordure du synclinal de l'Arc, des poudingues à ciment marnoux blanchâtre à smectites affleurent vers Plan de Campagne et se retrouvent au sud-ouest des Pennes Mirabeau, jusqu'auprès de l'étang de Berre, accompagnés localement d'argiles calcaires rouges. Au voisinage de la Sainte Victoire, le faciès devient plus conglomératique (150 m d'épaisseur).

ANNEXE 2

Illustration des principales dispositions réglementaires de prévention des risques de mouvements de terrain différentiels liés au phénomène de retrait-gonflement des argiles

Une période de sécheresse provoque le retrait qui peut aller jusqu'à la fissuration du sol. Le retour à une période humide se traduit alors par une pénétration d'autant plus brutale de l'eau dans le sol par l'intermédiaire des fissures ouvertes, ce qui entraîne des phénomènes de gonflement. Le bâtiment en surface est donc soumis à des mouvements différentiels alternés dont l'influence finit par amoindrir la résistance de la structure. Contrairement à un phénomène de tassement des sols de remblais, dont les effets diminuent avec le temps, les désordres liés au retrait-gonflement des sols argileux évoluent d'abord lentement puis s'amplifient lorsque le bâtiment perd de sa rigidité et que la structure originelle des sols s'altère.

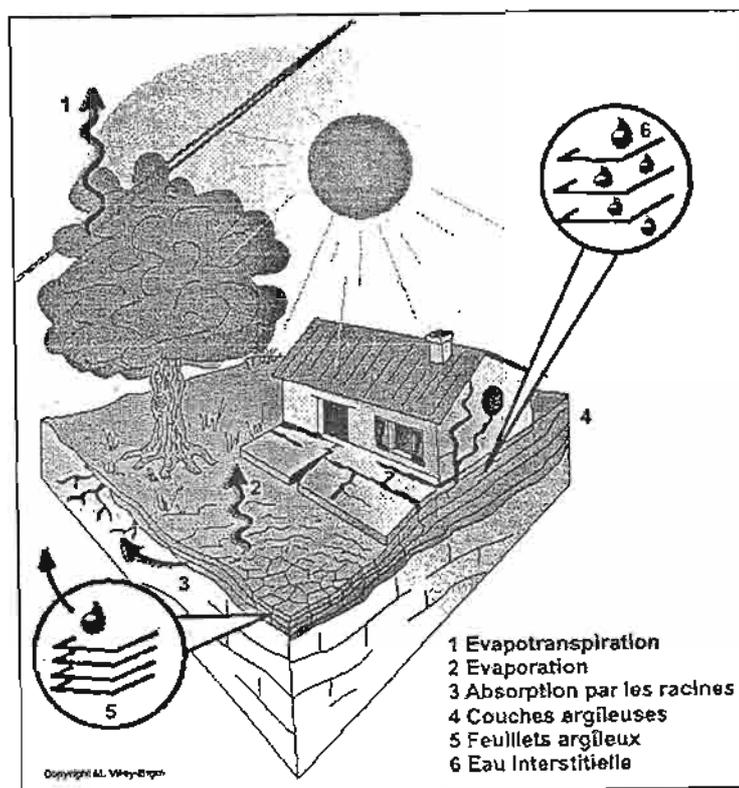
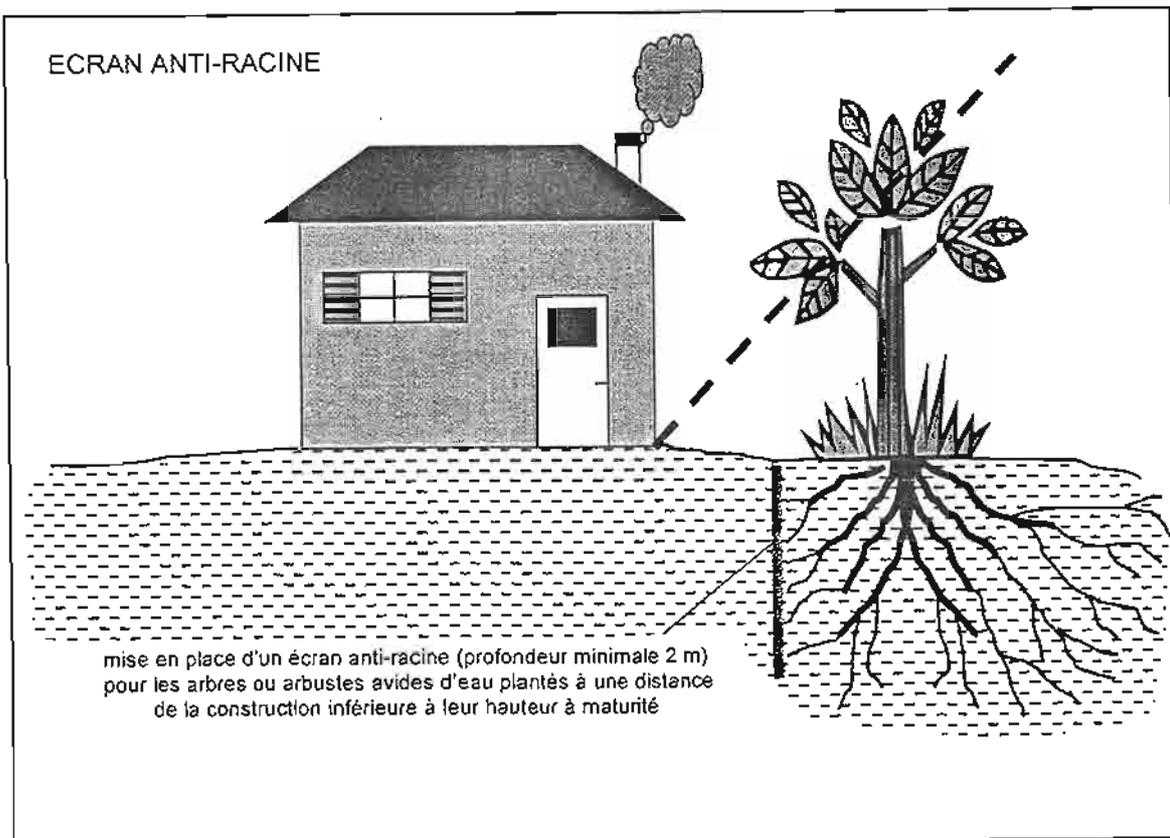
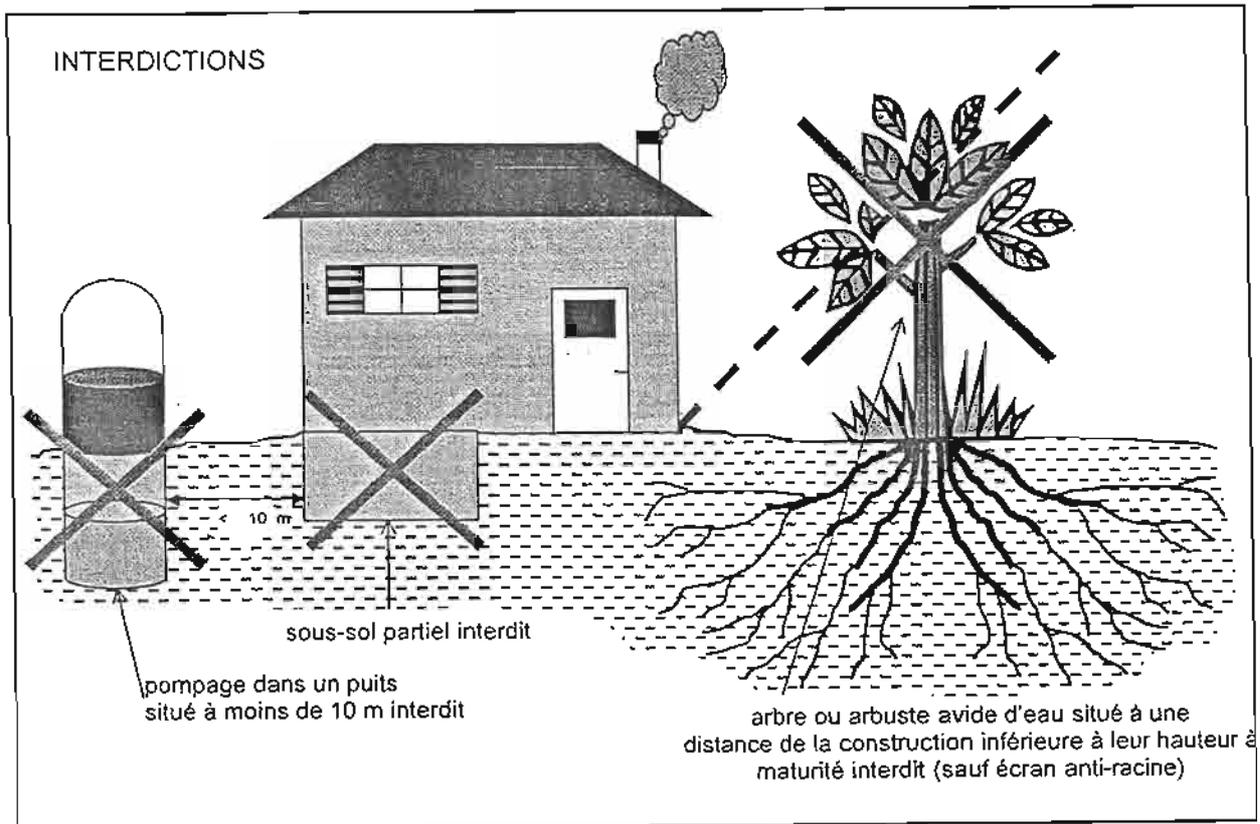


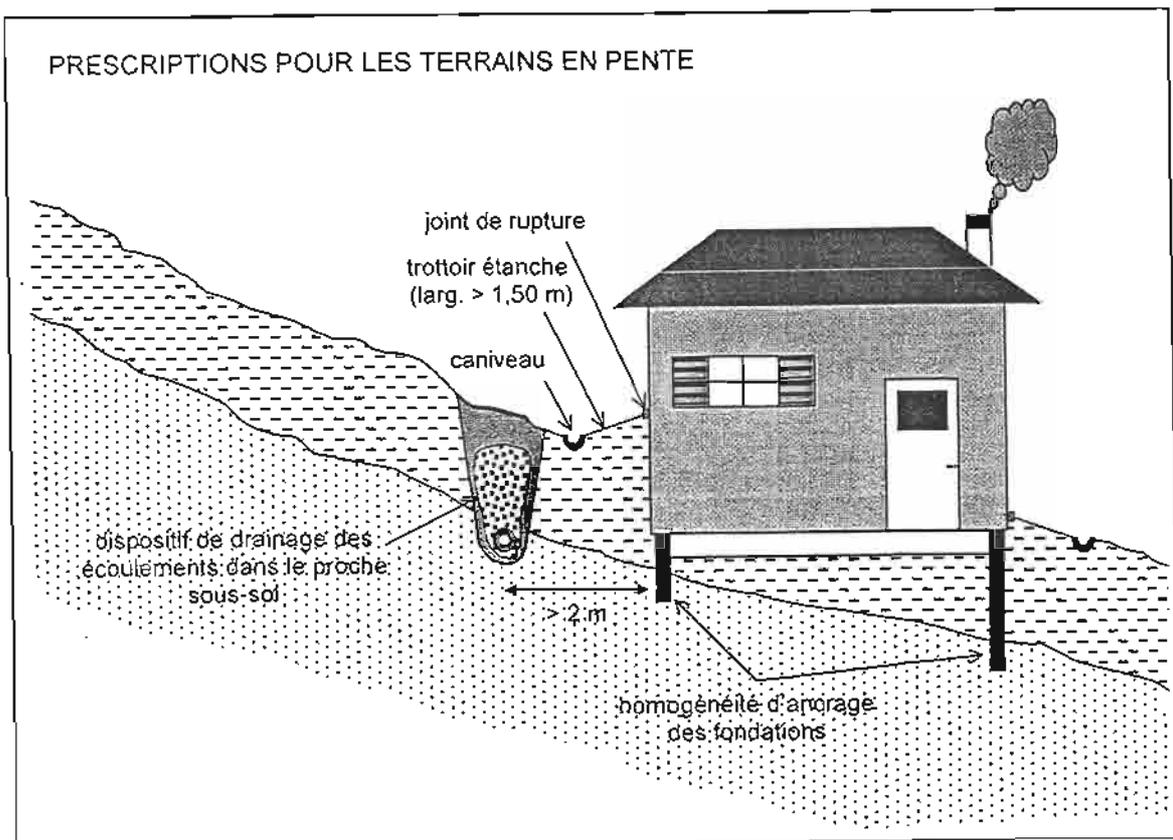
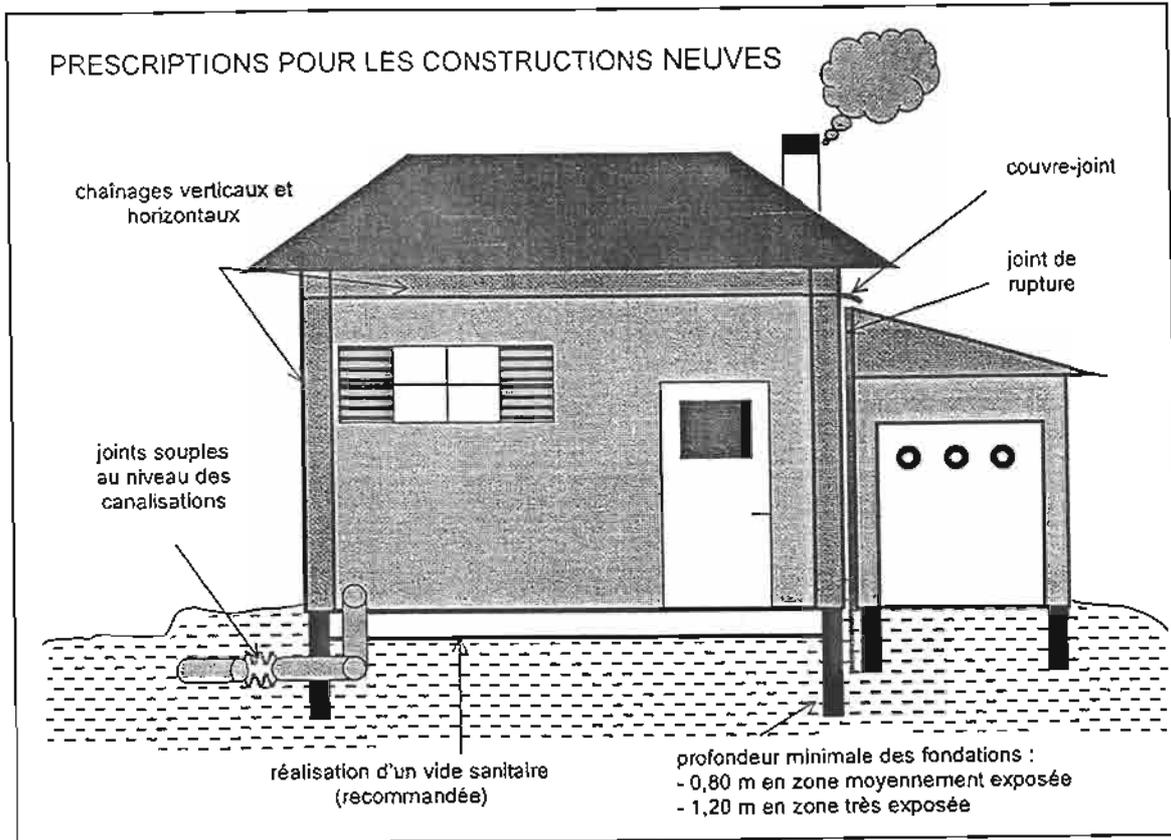
fig. 1 : illustration du mécanisme de dessiccation

Les illustrations qui suivent présentent une partie des prescriptions et recommandations destinées à s'appliquer dans la zone réglementée par le PPR. Suivant le type de construction (existante ou projetée) certaines de ces mesures sont obligatoires, d'autres non, et l'on se reportera donc au règlement pour obtenir toutes les précisions nécessaires.

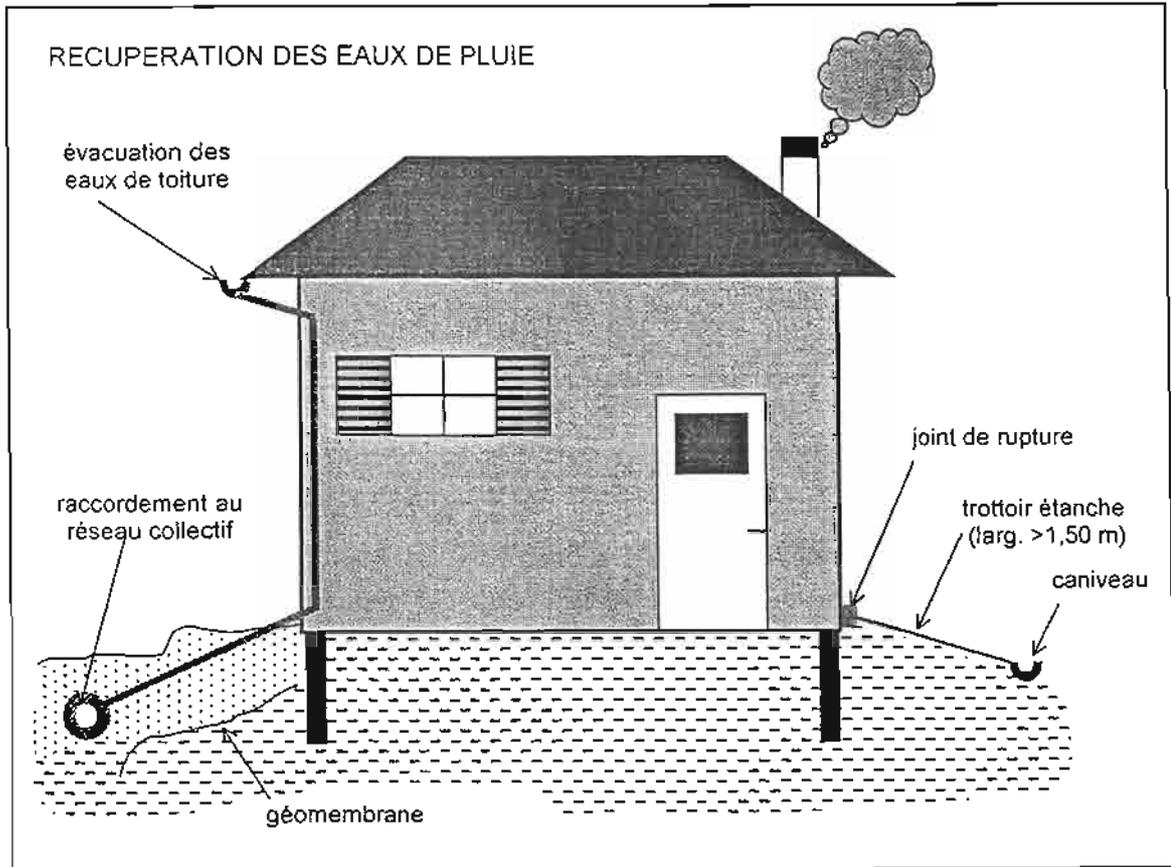
PPR retrait-gonflement des argiles - (Bouches-du-Rhône)
NOTE DE PRESENTATION



PPR retrait-gonflement des argiles - (Bouches-du-Rhône)
NOTE DE PRESENTATION



PPR retrait-gonflement des argiles - (Bouches-du-Rhône)
NOTE DE PRESENTATION



UNION SYNDICALE GEOTECHNIQUE
CONDITIONS GENERALES DES MISSIONS GEOTECHNIQUES
(version du 27/06/00)

1. Cadre de la mission

Par référence à la Classification des Missions Géotechniques types (Tableau 1 de la norme NF P 94-500), il appartient au maître d'ouvrage et à son maître d'œuvre de veiller à ce que toutes les missions géotechniques nécessaires à la conception puis à l'exécution de l'ouvrage soient engagées avec les moyens opportuns et confiées à des hommes de l'Art.

L'enchaînement des missions géotechniques suit la succession des phases d'élaboration du projet, chacune de ces missions ne couvrant qu'un domaine spécifique de la conception ou de l'exécution. En particulier :
les missions G1, G2, G3, G4 sont réalisées dans l'ordre successif ;
une mission confiée à notre société peut ne contenir qu'une partie des prestations décrites dans la mission type correspondante ;
une mission type G0 engage notre société uniquement sur la conformité des travaux exécutés à ceux contractuellement commandés et l'exactitude des résultats qu'elle fournit ;
une mission type G1 à G5 n'engage notre société sur son devoir de conseil que dans le cadre strict, d'une part, des objectifs explicitement définis dans notre proposition technique sur la base de laquelle la commande et ses avenants éventuels ont été établis, d'autre part, du projet du client décrit par les documents graphiques ou plans cités dans le rapport ;
une mission type G1 ou G5 exclut tout engagement de notre société sur les quantités, coûts et délais d'exécution des futurs ouvrages géotechniques ;
une mission type G2 engage notre société en tant qu'assistant technique à la maîtrise d'œuvre dans les limites du contrat fixant l'étendue de la mission et la (ou les) partie(s) d'ouvrage(s) concerné(s).

La responsabilité de notre société ne saurait être engagée en dehors du cadre de la mission géotechnique objet du rapport. En particulier, toute modification apportée au projet ou à son environnement nécessite la réactualisation du rapport géotechnique dans le cadre d'une nouvelle mission.

2. Recommandations

Il est précisé que l'étude géotechnique repose sur une reconnaissance du sol dont la maille ne permet pas de lever la totalité des aléas toujours possibles en milieu naturel. En effet, des hétérogénéités, naturelles ou du fait de l'homme, des discontinuités et des aléas d'exécution peuvent apparaître compte tenu du rapport entre le volume échantillonné ou testé et le volume sollicité par l'ouvrage, et ce d'autant plus que ces singularités éventuelles peuvent être limitées en extension. Les éléments géotechniques nouveaux mis en évidence lors de l'exécution, pouvant avoir une influence sur les conclusions du rapport, doivent immédiatement être signalés au géotechnicien chargé du suivi géotechnique d'exécution (mission G4) afin qu'il en analyse les conséquences sur les conditions d'exécution voire la conception de l'ouvrage géotechnique.

Si un caractère évolutif particulier a été mis en lumière (notamment glissement, érosion, dissolution, remblais évolutifs, tourbe), l'application des recommandations du rapport nécessite une validation à chaque étape suivante de la conception ou de l'exécution. En effet, un tel caractère évolutif peut remettre en cause ces recommandations notamment s'il s'écoule un laps de temps important avant leur mise en œuvre.

3. Rapport de la mission

Le rapport géotechnique constitue le compte-rendu de la mission géotechnique définie par la commande au titre de laquelle il a été établi et dont les références sont rappelées en tête. A défaut de clauses spécifiques contractuelles, la remise du rapport géotechnique fixe la fin de la mission.

Un rapport géotechnique et toutes ses annexes identifiées constituent un ensemble indissociable. Les deux exemplaires de référence en sont les deux originaux conservés : un par le client et le second par notre société. Dans ce cadre, toute autre interprétation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle ne saurait engager la responsabilité de notre société. En particulier l'utilisation même partielle de ces résultats et conclusions par un autre maître d'ouvrage ou par un autre constructeur ou pour un autre ouvrage que celui objet de la mission confiée ne pourra en aucun cas engager la responsabilité de notre société et pourra entraîner des poursuites judiciaires.

UNION SYNDICALE GEOTECHNIQUE
CLASSIFICATION DES MISSIONS GEOTECHNIQUES TYPES
(Tableau 1 de la norme NF P 94-500 du 5 juin 2000)

L'enchaînement des missions géotechniques suit les phases d'élaboration du projet. Les missions G 1, G 2, G 3, G 4 doivent être réalisées successivement.

Une mission géotechnique ne peut être qu'une partie d'une mission type qu'après accord explicite entre le client et le géotechnicien.

G 0 EXECUTION DE SONDAGES, ESSAIS ET MESURES GEOTECHNIQUES

- Exécuter les sondages, essais et mesures en place ou en laboratoire selon un programme défini dans les missions G 1 à G 5 ;
- Fournir un compte rendu factuel donnant la coupe des sondages, les procès verbaux d'essais et les résultats des mesures.

Cette mission d'exécution exclut toute activité d'étude ou conseil ainsi que toute forme d'interprétation.

G 1 ETUDE DE FAISABILITE GEOTECHNIQUE

Ces missions G 1 excluent toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages qui entre dans le cadre exclusif d'une mission d'étude de projet géotechnique G 2.

G 11 Etude préliminaire de faisabilité géotechnique

- Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et préciser l'existence d'avoisinants;
- Définir si nécessaire une mission G 0 préliminaire, en assurer le suivi et l'exploitation des résultats;
- Fournir un rapport d'étude préliminaire de faisabilité géotechnique avec certains principes généraux d'adaptation de l'ouvrage au terrain, mais sans aucun élément de prédimensionnement.

Cette mission G 11 doit être suivie d'une mission G 12 pour définir les hypothèses géotechniques nécessaires à l'établissement du projet.

G 12 Etude de faisabilité des ouvrages géotechniques (après une mission G 11)

Phase 1:-Définir une mission G 0 détaillée, en assurer le suivi et l'exploitation des résultats;

-Fournir un rapport d'étude géotechnique donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte pour la justification du projet, et les principes généraux de construction des ouvrages géotechniques (notamment terrassements, soutènements, fondations, risques de déformation des terrains, dispositions générales vis-à-vis des nappes et avoisinants).

Phase 2:-Présenter des exemples de prédimensionnement de quelques ouvrages géotechniques types envisagés (notamment : soutènements, fondations, amélioration de sols).

Cette étude sera reprise et détaillée lors de l'étude de projet géotechnique (mission G2).

G 2 ETUDE DE PROJET GEOTECHNIQUE

Cette étude spécifique doit être prévue et intégrée dans le cadre de la mission de maîtrise d'oeuvre.

Phase 1:-Définir si nécessaire une mission G 0 spécifique, en assurer le suivi et l'exploitation des résultats;

-Fournir les notes techniques donnant les méthodes d'exécution retenues pour les ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, fondations, dispositions spécifiques vis-à-vis des nappes et avoisinants), avec certaines notes de calculs de dimensionnement, une approche des quantités, délais et coûts d'exécution de ces ouvrages géotechniques.

Phase 2:-Etablir les documents nécessaires à la consultation des entreprises pour l'exécution des ouvrages géotechniques (plans, notices techniques, cadre de bordereau des prix et estimatif, planning prévisionnel);

- Assister le client pour la sélection des entreprises et l'analyse technique des offres.

G 3 ETUDE GEOTECHNIQUE D'EXECUTION

-Définir si nécessaire une mission G 0 complémentaire, en assurer le suivi et l'exploitation des résultats;

-Etudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment validation des hypothèses géotechniques, définition et dimensionnement (calculs justificatifs), méthodes et conditions d'exécution (phasage, suivi, contrôle).

Pour la maîtrise des incertitudes et aléas géotechniques en cours d'exécution, les missions G 2 et G 3 doivent être suivies d'une mission de suivi géotechnique d'exécution G 4.

G 4 SUIVI GEOTECHNIQUE D'EXECUTION

-Suivre et adapter si nécessaire l'exécution des ouvrages géotechniques, avec définition d'un programme d'auscultation et des valeurs seuils correspondantes, analyse et synthèse périodique des résultats des mesures;

-Définir si nécessaire une mission G 0 complémentaire, en assurer le suivi et l'exploitation des résultats;

-Participer à l'établissement du dossier de fin de travaux et des recommandations de maintenance des ouvrages géotechniques.

G 5 DIAGNOSTIC GEOTECHNIQUE

L'objet d'une mission G 5 est strictement limitatif, il ne porte pas sur la totalité du projet ou de l'ouvrage.

G 51 Avant, pendant ou après construction d'un ouvrage sans sinistre

-Définir si nécessaire une mission G 0 spécifique, en assurer le suivi et l'exploitation des résultats;

-Etudier de façon approfondie un élément géotechnique spécifique (par exemple soutènement, rabattement, etc.) sur la base des données géotechniques fournies par une mission G 12, G 2, G 3 ou G 4 et validées dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans les autres domaines géotechniques de l'ouvrage;

G 52 Sur un ouvrage avec sinistre

-Définir une mission G 0 spécifique, en assurer le suivi et l'exploitation des résultats ;

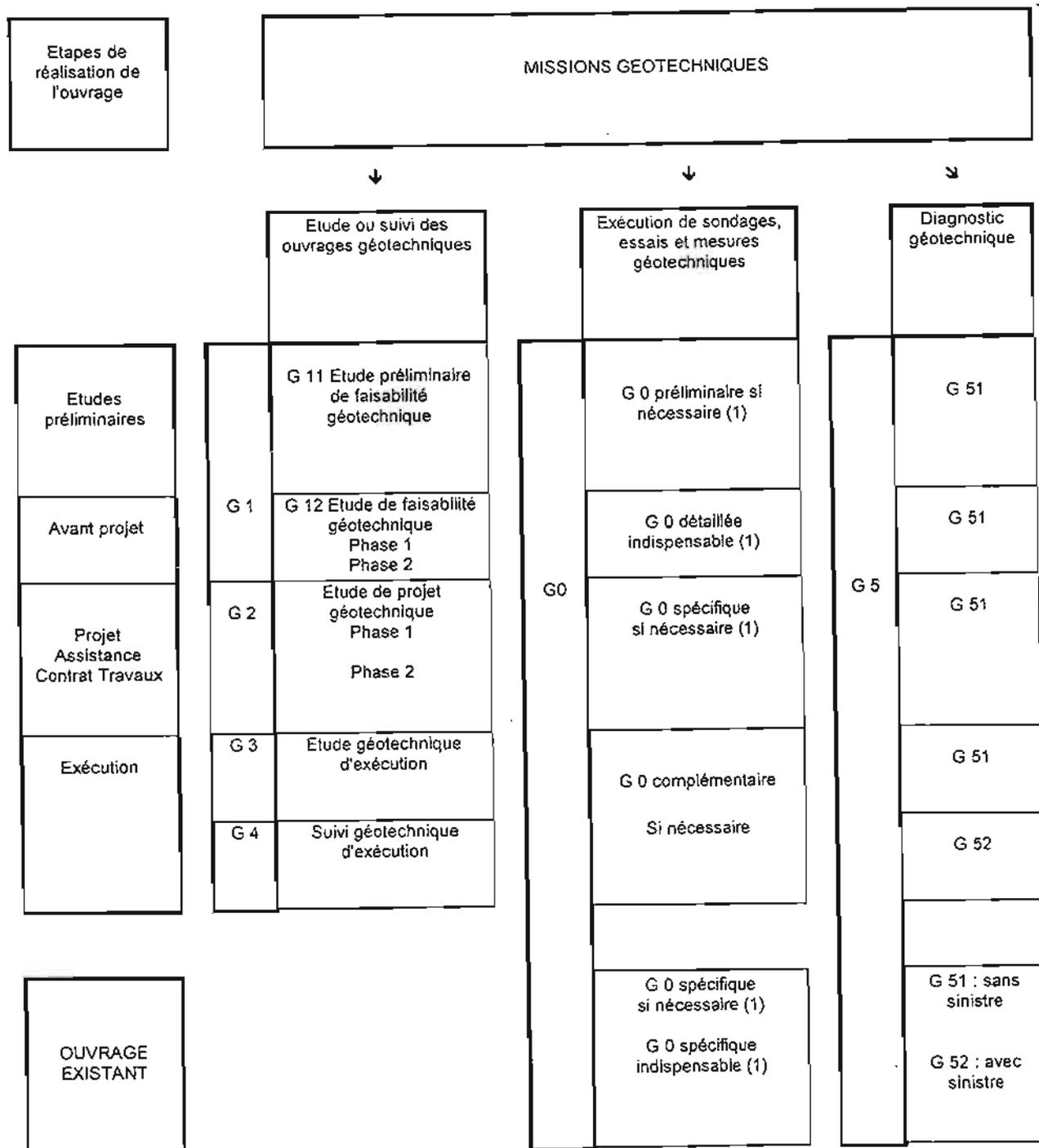
Rechercher les causes géotechniques du sinistre constaté, donner une première approche des remèdes envisageables.

Une étude de projet géotechnique G 2 doit être réalisée ultérieurement.

Voir le schéma d'enchaînement des missions géotechniques en page suivante

UNION SYNDICALE GEOTECHNIQUE

SCHEMA D'ENCHAINEMENT DES MISSIONS GEOTECHNIQUES
(Figure 1 de la norme NF P 94-500 du 5 juin 2000)



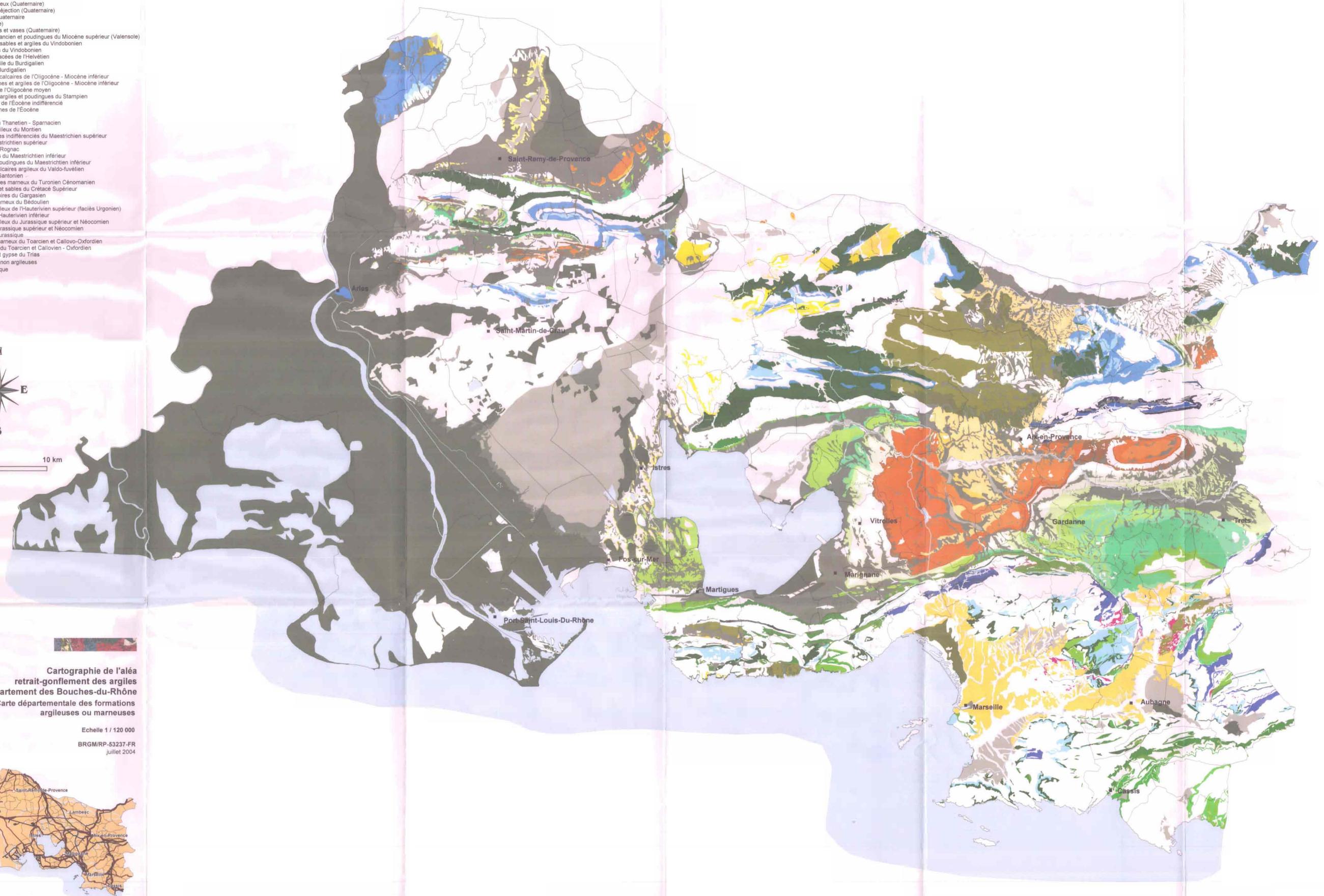
(1) : à définir par le géotechnicien chargé de la mission

Formations argileuses ou marnées

- 39 - Alluvions à limons argileux (Quaternaire)
- 38 - Alluvions et cônes de déjection (Quaternaire)
- 37 - Marnes et argiles du Quaternaire
- 36 - Colluvions (Quaternaire)
- 35 - Tourbes, limons, sables et vases (Quaternaire)
- 34 - Marnes et sables Pliaisancien et podings du Miocène supérieur (Valensole)
- 33 - Calcarénite, calcaires, sables et argiles du Vindobonien
- 32 - Argiles calcaire d'Istres du Vindobonien
- 31 - Marnes sableuses micacées de l'Helvétien
- 30 - Sables, molasse et argile du Burdigalien
- 29 - Calcaire marnéux du Burdigalien
- 28 - Conglomérats, grès et calcaires de l'Oligocène - Miocène inférieur
- 27 - Sables, calcaires, marnes et argiles de l'Oligocène - Miocène inférieur
- 26 - Formation des Milles de l'Oligocène moyen
- 25 - Calcaire de Piedautry, argiles et podings du Stampien
- 24 - Marnes à Microcodium de l'Éocène indifférencié
- 23 - Sables argileux et marnes de l'Éocène
- 22 - Calcaire Lutétien
- 21 - Calcaires et marnes du Thanétien - Sparnacien
- 20 - Argiles et calcaires argileux du Montien
- 19 - Argiles, grès et calcaires indifférenciés du Maestrichtien supérieur
- 18 - Argiles et grès du Maestrichtien supérieur
- 17 - Calcaire de la gare de Rognac
- 16 - Argiles, marnes et grès du Maestrichtien inférieur
- 15 - Calcaires, marnes et podings du Maestrichtien inférieur
- 14 - Calcaires, argiles et calcaires argileux du Valdo-fuvétien
- 13 - Marnes du Coniacien-Santonien
- 12 - Marnes, grès et calcaires marnéux du Turonien Cénomannien
- 11 - Marno-calcaires, grès et sables du Crétacé Supérieur
- 10 - Calcaires et marnes noires du Gargasien
- 9 - Calcaires argileux et marnéux du Bédoulien
- 8 - Marnes et calcaires argileux de l'Hauterivien supérieur (faciès Urgonien)
- 7 - Marnes à Touster de l'Hauterivien inférieur
- 6 - Marnes et calcaires argileux du Jurassique supérieur et Néocomien
- 5 - Calcaires argileux du Jurassique supérieur et Néocomien
- 4 - Calcaires marnéux du Jurassique
- 3 - Calcaires et calcaires marnéux du Toarcien et Callovo-Oxfordien
- 2 - Marnes noires et grises du Toarcien et Callovo - Oxfordien
- 1 - Cargneules, dolomies et gypse du Trias
- 1000 - Formations à priori non argileuses
- 999 - Réseau hydrographique
- Limites de communes



0 5 10 km



**Cartographie de l'aléa
retrait-gonflement des argiles
dans le département des Bouches-du-Rhône**
Carte départementale des formations
argileuses ou marnées

Echelle 1 / 120 000
BRGM/RP-53237-FR
juillet 2004

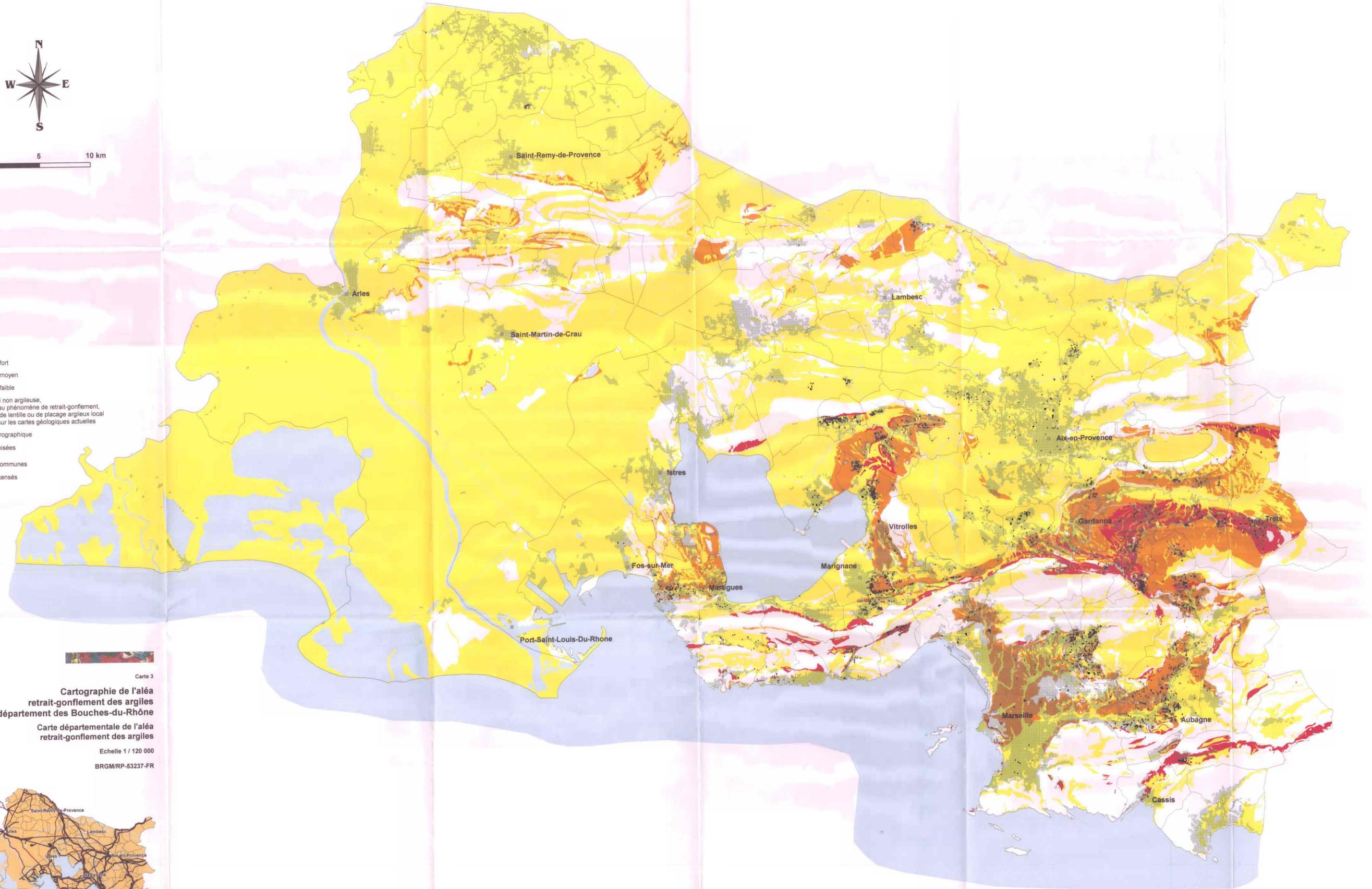




0 5 10 km

Légende

- Zone d'aléa fort
- Zone d'aléa moyen
- Zone d'aléa faible
- Zone a priori non argileuse, non sujette au phénomène de retrait-gonflement, sauf en cas de lentille ou de placage argileux local non repéré sur les cartes géologiques actuelles
- Réseau hydrographique
- Zones urbanisées
- Limites de communes
- Sinistres recensés



Carte 3

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône

Carte départementale de l'aléa retrait-gonflement des argiles

Echelle 1 / 120 000

BRGM/RP-53237-FR





0 5 10 km

Légende

- Zone de susceptibilité forte
- Zone de susceptibilité moyenne
- Zone de susceptibilité faible
- Zone a priori non argileuse, non sujette au phénomène de retrait-gonflement, sauf en cas de lentille ou de placage argileux local non repéré sur les cartes géologiques actuelles
- Réseau hydrographique
- Limites de communes

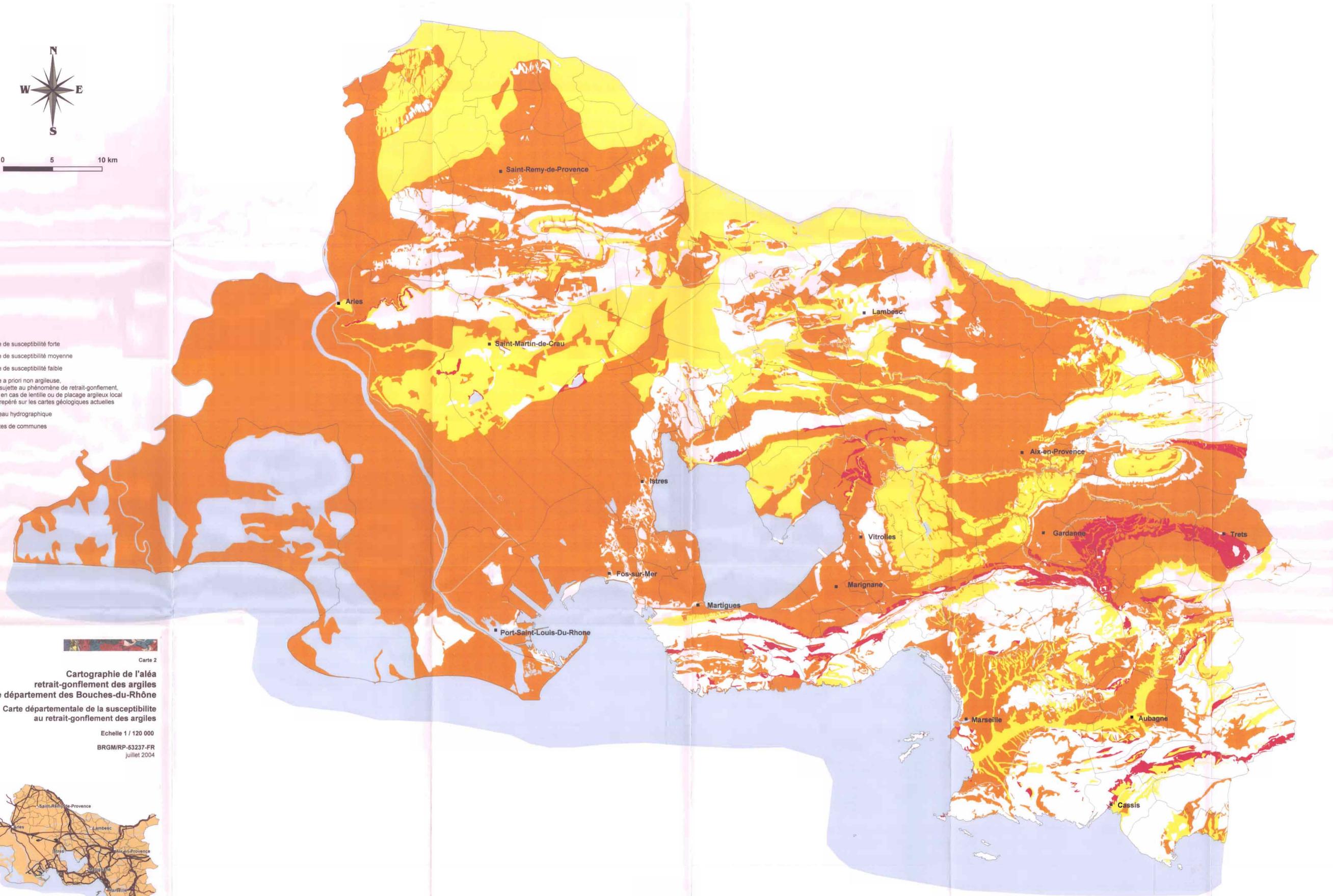


Carte 2

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône
Carte départementale de la susceptibilité au retrait-gonflement des argiles

Echelle 1 / 120 000

BRGM/RP-53237-FR
juillet 2004



Document public

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône

Rapport final

BRGM/RP-53237-FR

juin 2004

Étude réalisée dans le cadre des opérations
de Service public du BRGM 02RIS348

N. Marçot, G. Gonzalez

Avec la collaboration de

S. Fournet et L. Simplet



Liberté • Égalité • Fraternité
REPUBLIQUE FRANÇAISE



Direction
Départementale
de l'Équipement
05 91 31 41 41

Mots clés : argiles, marnes, argiles gonflantes, smectites, retrait-gonflement, aléa, risque naturel, sinistre sécheresse, catastrophe naturelle, géotechnique, cartographie, Bouches-du-Rhône

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

Marçot N, Gonzalez G, Fournel S., Simplet L. (2004) - Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône. Rapport BRGM/RP-53237-FR, 218p., 47 illustrations, 7 annexes et 3 planches hors-texte.

© BRGM, 2004, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Les phénomènes de retrait-gonflement de certaines formations géologiques argileuses sont susceptibles de provoquer des tassements différentiels qui se manifestent par des désordres affectant principalement le bâti individuel. En France métropolitaine, ces phénomènes, mis en évidence à l'occasion de la sécheresse exceptionnelle de l'été 1976, ont pris une réelle ampleur lors des périodes sèches des années 1989-91 et 1996-97, puis dernièrement au cours de l'été 2003.

Le département des Bouches-du-Rhône fait partie des départements français les plus touchés par le phénomène, puisque 3 880 sinistres déclarés liés à la sécheresse y ont été recensés dans le cadre de la présente étude. 50 communes sur les 119 que compte le département ont été reconnues en état de catastrophe naturelle pour ce phénomène, pour des périodes comprises entre mai 1989 et juin 2002, soit un taux de sinistralité de 42%. Par ailleurs, d'après les données de la Caisse Centrale de Réassurance, le département des Bouches-du-Rhône est situé en 7^{ème} position des départements français en terme de coût total d'indemnisation pour ce phénomène, et en 28^{ème} position en égard au nombre d'occurrences de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle (en distinguant par commune et par période).

Afin d'établir un constat scientifique objectif et de disposer de documents de référence permettant une information préventive, il a été demandé par le Ministère de l'Écologie et du Développement Durable (MEDD) de réaliser une cartographie de cet aléa à l'échelle de tout le département des Bouches-du-Rhône dans le but de définir les zones les plus exposées au phénomène de retrait-gonflement. Réalisée dans le cadre de sa mission de Service Public sur les risques naturels, cette étude s'intègre dans un vaste programme national de cartographie de l'aléa retrait-gonflement des sols argileux, qui devrait concerner au total une trentaine de départements parmi les plus touchés par le phénomène.

L'étude a été conduite par le Service Géologique Régional Provence-Alpes-Côte d'Azur, en collaboration avec le Service Aménagement et Risques Naturels du BRGM à Marseille. Le financement en a été assuré à hauteur de 50% par la dotation de service public du BRGM, le complément ayant été financé par le fonds de prévention des risques naturels majeurs, dans le cadre d'une convention de cofinancement signée avec la Direction Départementale de l'Équipement (DDE) des Bouches-du-Rhône.

La démarche de l'étude a d'abord consisté à établir une cartographie départementale synthétique des formations argileuses ou marneuses affleurantes à sub-affleurantes, à partir de la synthèse des cartes géologiques à l'échelle 1/50 000. Les formations ainsi identifiées, au nombre de trente neuf, ont ensuite fait l'objet d'une hiérarchisation quant à leur susceptibilité vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement. Cette classification a été établie sur la base de trois critères principaux : la caractérisation lithologique de la formation, la composition minéralogique de sa phase argileuse et son comportement

4.3.12.	<i>Marnes, grès et calcaires marneux du Turonien-Cénomaniens (12)</i>	54
4.3.13.	<i>Marnes du Coniacien-Santonien (13)</i>	55
4.3.14.	<i>Calcaires, argiles et calcaires argileux du Valdo-Fuvelien (14)</i>	55
4.3.15.	<i>Calcaires, marnes et poudingues du Maestrichtien inférieur (15)</i>	56
4.3.16.	<i>Argiles, marnes et grès du Maestrichtien inférieur (16)</i>	57
4.3.17.	<i>Calcaire de la Gare de Rognac (17)</i>	57
4.3.18.	<i>Argiles et grès du Maestrichtien supérieur (Rognacien) (18)</i>	57
4.3.19.	<i>Argiles, grès et calcaires indifférenciés du Maestrichtien supérieur (Rognacien) (19)</i>	58
4.3.20.	<i>Argiles et calcaires argileux du Montien (20)</i>	59
4.3.21.	<i>Calcaires et marnes du Thanétien - Sparnacien (21)</i>	59
4.3.22.	<i>Calcaire Lutétien (22)</i>	60
4.3.23.	<i>Sables argileux et marnes de l'Éocène (23)</i>	60
4.3.24.	<i>Marnes à Microcodium de l'Éocène indifférencié (24)</i>	61
4.3.25.	<i>Calcaire de Piedautry, argiles et poudingues du Stampien (25)</i>	61
4.3.26.	<i>Formation des Milles de l'Oligocène moyen (26)</i>	62
4.3.27.	<i>Sables, calcaires, marnes et argiles de l'Oligocène - Miocène inférieur (27)</i>	62
4.3.28.	<i>Conglomérats, grès et calcaires de l'Oligocène - Miocène inférieur (28)</i>	63
4.3.29.	<i>Calcaire marneux du Burdigalien (29)</i>	64
4.3.30.	<i>Sables, molasse et argile du Burdigalien (30)</i>	64
4.3.31.	<i>Marnes sableuses micacées de l'Helvétien (31)</i>	65
4.3.32.	<i>Argile calcaire d'Istres du Vindobonien (32)</i>	65
4.3.33.	<i>Calcarénite, calcaires, sables et argiles du Vindobonien (33)</i>	65
4.3.34.	<i>Marnes et sables Plaisancien et poudingues du Miocène supérieur (Valensole) (34)</i>	66
4.3.35.	<i>Tourbes, limons, sables et vases (Quaternaire) (35)</i>	67
4.3.36.	<i>Colluvions (Quaternaire) (36)</i>	68
4.3.37.	<i>Marnes et argiles quaternaires (37)</i>	69
4.3.38.	<i>Alluvions et cônes de déjection (Quaternaire) (38)</i>	69
4.3.39.	<i>Alluvions à limons argileux (39)</i>	70
4.4.	CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE REGIONAL	71
4.4.1.	<i>Les ressources en eau du département</i>	71
4.4.2.	<i>Conséquences sur les problèmes de retrait-gonflement</i>	72
5.	CARACTÉRISATIONS LITHOLOGIQUE, MINÉRALOGIQUE ET GÉOTECHNIQUE DES FORMATIONS ARGILEUSES OU MARNEUSES ET ÉLABORATION DE LA CARTE DE SUSCEPTIBILITÉ	73
5.1.	GÉNÉRALITÉS SUR L'ÉLABORATION DE LA CARTE DE SUSCEPTIBILITÉ	73
5.1.1.	<i>Critères retenus</i>	73
5.1.2.	<i>Méthode de classification</i>	73
5.2.	CRITÈRE LITHOLOGIQUE	74
5.2.1.	<i>Définition du critère lithologique et barème</i>	74
5.2.2.	<i>Caractérisation lithologique des formations argileuses ou marneuses du département des Bouches-du-Rhône</i>	75
5.3.	CARACTÉRISATION MINÉRALOGIQUE DES FORMATIONS ARGILEUSES OU MARNEUSES	77
5.3.1.	<i>Définition du critère minéralogique et barème</i>	77

5.3.2. Source des données	77
5.3.3. Caractérisation minéralogique des formations argileuses ou marneuses du département des Bouches-du-Rhône	80
5.4. CRITÈRE GÉOTECHNIQUE	89
5.4.1. Définition du critère géotechnique et barème.....	89
5.4.2. Source de données	92
5.4.3. Caractérisation géotechnique des formations argileuses ou marneuses du département des Bouches-du-Rhône	94
5.5. ELABORATION DE LA CARTE DE SUSCEPTIBILITÉ	99
5.5.1. Détermination d'un degré de susceptibilité.....	99
5.5.2. Susceptibilité des formations argileuses ou marneuses.....	99
5.5.3. Carte de susceptibilité	100
6. INVENTAIRES DES COMMUNES SINISTRÉES ET DES SINISTRES SÉCHERESSE - DÉTERMINATION DU CRITÈRE DENSITÉ DE SINISTRES	105
6.1. PROCÉDURE DE DEMANDE DE RECONNAISSANCE DE L'ÉTAT DE CATASTROPHE NATURELLE.....	105
6.2. IDENTIFICATION DES COMMUNES SINISTRÉES	106
6.2.1. Localisation des communes sinistrées.....	106
6.2.2. Analyse des périodes reconnues en état de catastrophe naturelle.....	109
6.3. COLLECTE DES DONNÉES DE SINISTRES.....	113
6.4. RÉPARTITION DES SINISTRES PAR FORMATION GÉOLOGIQUE ET DENSITÉS DE SINISTRES	118
6.5. FRÉQUENCE D'OCCURRENCE RAPPORTÉE À LA SURFACE URBANISÉE.....	123
6.5.1. Détermination de la densité de sinistres par formation	123
6.5.2. Détermination du critère densité de sinistres	125
7. ELABORATION DE LA CARTE D'ALÉA.....	129
7.1. DÉTERMINATION DU NIVEAU D'ALÉA	129
7.2. CARTE D'ALÉA	130
7.3. SYNTHÈSE DE L'ALÉA RETRAIT-GONFLEMENT DANS LES BOUCHES-DU-RHÔNE.	136
8. CONCLUSIONS.....	137

Liste des illustrations

Illustration 1 : Schématisation de la dessiccation des sols argileux en période sèche .	13
Illustration 2 : Cadre géographique du département des Bouches-du-Rhône	25
Illustration 3 : Géomorphologie du département des Bouches-du-Rhône (d'après le Modèle Numérique de Terrain de l'IGN)	27
Illustration 4 : Carte du réseau hydrographique et bassins versants dans le département des Bouches-du-Rhône	29
Illustration 5 : Précipitations et températures mini et maxi sur Aix-en-Provence (météo France)	31
Illustration 6 : Les zones climatiques dans les Bouches-du-Rhône (météo France)	32
Illustration 7 : La pluviométrie dans les Bouches-du-Rhône (météo France)	33
Illustration 8 : Urbanisation du département des Bouches-du-Rhône	35
Illustration 9 : Carte géologique synthétique des Bouches-du-Rhône	40
Illustration 10 : Grille d'assemblage des 16 cartes géologiques éditées par le BRGM, à l'échelle du 1/50 000, couvrant le département des Bouches-du-Rhône	42
Illustration 11 : Carte synthétique interprétée des formations argileuses ou marneuses sur le département des Bouches-du-Rhône	45
Illustration 12 : Liste des formations argileuses ou marneuses des Bouches-du-Rhône	46
<i>Illustration 13 : Barème d'évaluation de la susceptibilité au retrait-gonflement</i>	<i>75</i>
Illustration 14 : Note lithologique des formations argileuses ou marneuses	76
<i>Illustration 15 : Barème d'évaluation de la susceptibilité au retrait-gonflement en fonction de la minéralogie de la phase argileuse de la formation géologique</i>	<i>77</i>
Illustration 16 : Localisation des prélèvements d'échantillons réalisés dans le cadre de l'étude	79
Illustration 17 : Répartition des données minéralogiques recueillies sur le département des Bouches-du-Rhône et hors département	80
Illustration 18 : Synthèse des données minéralogiques et note minéralogique	87
Illustration 19 : Barème d'évaluation de la susceptibilité au retrait-gonflement en fonction de l'indice de plasticité de la formation géologique	90
Illustration 20 : Barème d'évaluation de la susceptibilité au retrait-gonflement en fonction de la valeur de bleu de la formation géologique	91
Illustration 21 : Barème d'évaluation de la susceptibilité au retrait-gonflement en fonction du coefficient de gonflement de la formation géologique	91
Illustration 22 : Barème d'évaluation de la susceptibilité au retrait-gonflement en fonction du retrait linéaire de la formation géologique	92
Illustration 23 : Origine des données géotechniques	93
Illustration 24 : Répartitions par type d'essai géotechnique des mesures utilisées pour la caractérisation des formations argileuses	93
Illustration 25 : Synthèse des nombres de valeurs recensées par formation argileuse et par type d'essai géotechnique	94
Illustration 26 : Synthèse des données géotechniques et note géotechnique	97
Illustration 27 : Barème d'évaluation de la susceptibilité globale d'une formation argileuse	99
Illustration 28 : Degré de susceptibilité des formations	100

Illustration 29 : Comparaison de la superficie des terrains en fonction de leur susceptibilité.....	101
Illustration 30 : Carte de susceptibilité au retrait-gonflement des argiles	102
Illustration 31 : Classement des formations par susceptibilité et surfaces d'affleurement	103
Illustration 32 : Carte des communes où l'état de catastrophe naturelle sécheresse a été reconnu au moins une fois (à la date du 31 mai 2004).....	108
Illustration 33 : Evolution de la sinistralité sur plus de dix ans dans les Bouches-du-Rhône.....	110
Illustration 34 : Périodes de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle pour chaque commune.....	111
Illustration 35 : Nombre de sinistres recensés par commune.....	114
Illustration 36 : Nombre de sinistres recensés par commune pour les 50 communes reconnues cat nat au 31 mai 2004	115
Illustration 37 : Liste des 20 communes les plus sinistrées des Bouches-du-Rhône .	116
Illustration 38 : Nombre de sinistres recensés par commune.....	117
Illustration 39 : Carte de localisation des sinistres recensés dans le département	119
Illustration 40 : Répartition des sinistres par formation géologique.....	121
Illustration 41 : Cartographie des zones urbanisées	124
Illustration 42 : Densité de sinistres par formation ramenée à 100 km ² de surface urbanisée et détermination de la note densité de sinistres	126
Illustration 43 : Classement des formations par densité de sinistres ramenée à la surface urbanisée et rappel de la susceptibilité	128
Illustration 44 : Comparaison de la superficie des terrains en fonction de leur niveau d'aléa.....	130
Illustration 45 : Calcul du niveau d'aléa des formations argileuses ou marneuses	131
Illustration 46 : Carte départementale de l'aléa retrait-gonflement des argiles	132
Illustration 47 : Classement des formations en fonction de leur niveau d'aléa.....	134

Liste des annexes

Annexe 1 : Rappels sur le mécanisme de retrait-gonflement des argiles	147
Annexe 2 : Liste des 50 communes des Bouches-du-Rhône reconnues en état de catastrophe naturelle au titre des mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols et dates des périodes de reconnaissance - Etat à fin mai 2004	151
Annexe 3 : Liste des sinistres "sécheresse" recensés dans le cadre de cette étude .	155
Annexe 4 : Répartition de la superficie de chaque commune suivant la classe d'aléa et rappel des données de base de la sinistralité	183
Annexe 5 : Coordonnées des bureaux d'études ayant fourni des données géotechniques.....	187
Annexe 6 : Résultats des analyses minéralogiques réalisées au cours de cette étude	191
Annexe 7 : Résultats des analyses géotechniques réalisées au cours de cette étude	215

Liste des cartes hors-textes

Planche 1 : Cartographie synthétique des formations argileuses ou marneuses dans le département des Bouches-du-Rhône

Planche 2 : Cartographie de la susceptibilité au retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône

Planche 3 : Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône

1. Introduction

Les phénomènes de retrait-gonflement de certains sols argileux sont susceptibles de provoquer des tassements différentiels qui se manifestent par des désordres affectant principalement le bâti individuel. En France métropolitaine, ces phénomènes ont été mis en évidence à l'occasion de la sécheresse exceptionnelle de l'été 1976. Ils ont pris depuis une ampleur importante lors des périodes sèches des années 1989-91 et 1996-97 et, tout dernièrement, au cours de l'été 2003.

Les variations de volume du sol ou des formations lithologiques affleurantes à sub-affleurantes sont dues, d'une part, à l'interaction eau – solide, aux échelles microscopiques et macroscopiques, et, d'autre part, à la modification de l'état de contrainte en présence d'eau. Ces variations peuvent s'exprimer soit par un gonflement (augmentation de volume), soit par un retrait (réduction de volume). Elles sont spécifiques de certains matériaux argileux, en particulier ceux appartenant au groupe des smectites (dont fait partie la montmorillonite).

Sous un climat tempéré, les argiles situées à faible profondeur sont souvent déconsolidées, humidifiées et ont épuisé leur potentiel de gonflement à l'état naturel. Mais elles sont dans un état éloigné de leur limite de retrait (teneur en eau à partir de laquelle toute diminution de cette teneur provoquera une fissuration du matériau argileux par dessiccation) et peuvent se rétracter si leur teneur en eau diminue de façon notable. Dans ce contexte, les sinistres surviennent donc surtout lorsqu'une période de sécheresse intense ou prolongée provoque l'apparition de pressions interstitielles négatives dans la tranche superficielle du sol, soumise à évapotranspiration.

La prise en compte, par les compagnies d'assurance, des sinistres liés à la sécheresse a été rendue possible par l'application de la loi n° 82-600 du 13 juillet 1982 relative à l'indemnisation des victimes de catastrophe naturelle. Depuis l'année 1989 (début d'application de cette procédure aux sinistres résultant de mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et la réhydratation des sols), près de 5 000 communes françaises, réparties dans 75 départements, ont été reconnues en état de catastrophe naturelle à ce titre. A fin 2002, le coût des sinistres dus à la sécheresse, indemnisés en France en application de la loi de 1982, a été évalué par la Caisse Centrale de Réassurance (CCR) à environ 3,3 milliards d'euros, ce qui en fait la deuxième cause d'indemnisation de catastrophes naturelles derrière les inondations.

Dans la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, ce sont surtout les départements des Bouches-du-Rhône et du Vaucluse qui ont été particulièrement affectés par ce phénomène. Le département des Bouches-du-Rhône, classé en 7^{ème} position en terme de coûts cumulés d'indemnisation, a une superficie de 5106 km². Il comptait en 1999 une population de 1 835 719 habitants. Au total, à la date du 30 mai 2004, 50 communes sur les 119 que compte le département y ont été reconnues en état de catastrophe naturelle sécheresse, pour des périodes allant de 1989 à 2002, soit un taux de sinistralité de 42%.

Afin d'établir un constat scientifique objectif à l'échelle de tout le département et de disposer de documents de référence permettant une information préventive, le Ministère de l'Écologie et du Développement Durable a souhaité réaliser une carte de l'aléa retrait-gonflement dans le but de définir les zones les plus exposées au phénomène. Cette étude a été confiée au BRGM qui, dans le cadre de sa mission de service public sur les risques naturels, a élaboré une méthodologie de cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles à l'échelle départementale. L'intérêt d'une telle étude est multiple :

- compréhension de la corrélation entre la nature géologique des terrains et la répartition statistique des sinistres, à l'échelle départementale, puis régionale quand tous les départements limitrophes seront étudiés ;
- élaboration d'un document de prévention, en matière d'aménagement du territoire, destiné à la fois aux communes (pour l'établissement ultérieur de Plans de Prévention des Risques prenant en compte l'aléa retrait-gonflement), aux particuliers et surtout aux maîtres d'ouvrages désireux de construire en zone sensible, afin qu'ils prennent, en connaissance de cause, les dispositions constructives qui s'imposent pour que le bâtiment ne soit pas affecté par des désordres ;
- élaboration d'un outil à l'usage des experts pour le diagnostic des futures déclarations de sinistres.

La présente étude a été réalisée par le Service Géologique Régional Provence-Alpes-Côte d'Azur en collaboration avec le Service Aménagement et Risques Naturels du BRGM. Le financement en a été assuré à hauteur de 50% par la dotation de service public du BRGM, le complément ayant été financé par le fonds de prévention des risques naturels majeurs, dans le cadre d'une convention de cofinancement signée avec la Direction Départementale de l'Équipement (DDE) des Bouches-du-Rhône le 9 septembre 2002.

Cette étude a été réalisée dans le cadre de la mission de service public du BRGM sur les risques naturels et s'intègre dans un programme national de cartographie de l'aléa retrait-gonflement des sols argileux qui doit concerner au moins trente-trois départements français parmi les plus touchés par le phénomène.

2. Méthodologie

2.1. FACTEURS INTERVENANT DANS LE RETRAIT-GONFLEMENT DES ARGILES

Les phénomènes de retrait-gonflement sont dus pour l'essentiel à des variations de volume de formations argileuses sous l'effet de l'évolution de leur teneur en eau, comme rappelé en annexe 1 et schématisé sur l'illustration 1. Ces variations de volume se traduisent par des mouvements différentiels de terrain, susceptibles de provoquer des désordres au niveau du bâti.

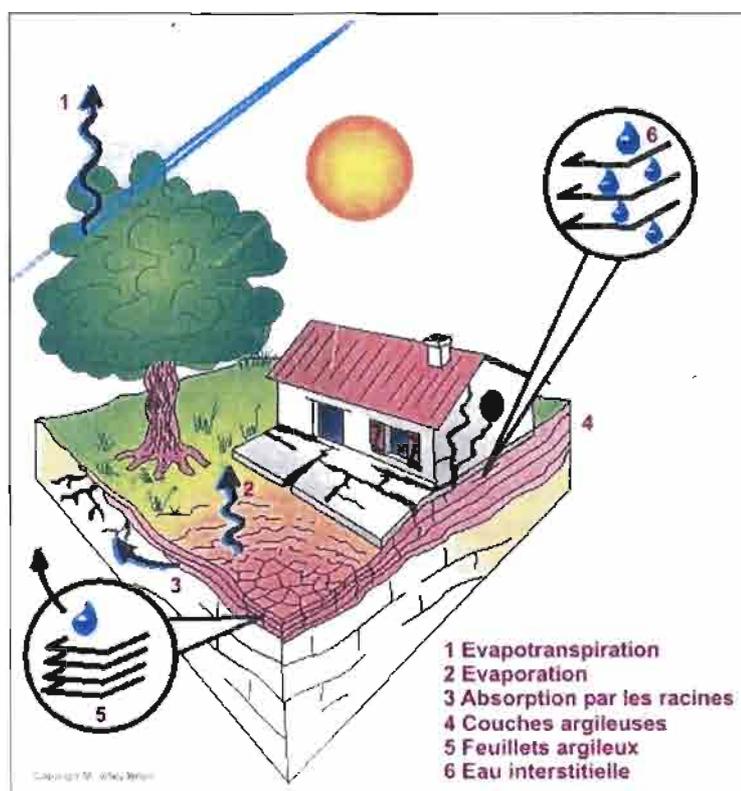


Illustration 1 : Schématisation de la dessiccation des sols argileux en période sèche

Par définition, l'aléa retrait-gonflement est la probabilité d'occurrence spatiale et temporelle des conditions nécessaires à la réalisation d'un tel phénomène. Parmi les facteurs de causalité, on distingue classiquement des facteurs de prédisposition et des facteurs de déclenchement.

Les facteurs de prédisposition sont ceux dont la présence induit le phénomène de retrait-gonflement, mais ne suffit pas à elle seule à le déclencher. Ces facteurs sont fixes ou évoluent très lentement avec le temps. On distingue les facteurs internes, qui sont liés à la nature du sol, et des facteurs d'environnement qui caractérisent plutôt le site. Les facteurs de prédisposition permanents conditionnent en fait la répartition spatiale du phénomène. Ils permettent de caractériser la susceptibilité du milieu vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement.

Les facteurs de déclenchement sont ceux dont la présence provoque le phénomène de retrait-gonflement, mais qui n'ont d'effet significatif que s'il existe des facteurs de prédisposition préalables. La connaissance des facteurs déclenchant permet de déterminer l'occurrence du phénomène (autrement dit l'aléa et non plus seulement la susceptibilité).

2.1.1. Facteurs de prédisposition

2.1.1.1. *Nature du sol*

La nature du sol constitue un facteur de prédisposition prédominant dans le mécanisme de retrait-gonflement : seules les formations géologiques présentant des minéraux argileux sont sujettes au phénomène et leur susceptibilité dépend de leur lithologie, de leur géométrie, de leur minéralogie et de leur comportement géotechnique.

La procédure d'étude de la nature du sol, basée sur l'exploitation des cartes géologiques à l'échelle 1/50 000 éditées par le BRGM, comporte un inventaire des formations affleurantes à sub-affleurantes, à composante argileuse ou marneuse, puis leur cartographie.

La majorité des dossiers consultés montre que les sinistres sont corrélés à la présence d'une formation argileuse ou marneuse bien définie, ce qui conforte le concept adopté. Cependant, il est important de signaler qu'une carte géologique en tant que telle ne suffit pas à déterminer la répartition des sols argileux sujets au retrait-gonflement. En effet, de telles cartes ne prennent pas toujours en compte les éventuelles transformations locales du sol (principalement sous l'effet de l'altération de la roche), et les différents faciès des formations les plus superficielles ne sont pas toujours cartographiés avec précision.

En particulier, dans le département des Bouches-du-Rhône, certaines formations principalement calcaires sont susceptibles de s'altérer localement sous l'effet de phénomènes de karstification qui peuvent se traduire par la présence en surface de poches argileuses qui, généralement, ne sont pas identifiées sur les cartes géologiques, mais dont la seule présence suffit à expliquer certains sinistres ponctuels. De même, des formations essentiellement sableuses peuvent contenir des lentilles argileuses non cartographiées.

Concernant la nature des formations géologiques, les éléments qui influent sur la susceptibilité au retrait-gonflement sont en premier lieu la lithologie de la formation

(c'est-à-dire principalement la proportion de matériau argileux, autrement dit d'éléments fins inférieurs à 2 μm).

En moindre proportion mais non négligeable, la géométrie de la formation argileuse influe sur la susceptibilité au retrait-gonflement. Les effets du phénomène seront d'autant plus importants que la formation sera en position superficielle et que les niveaux argileux en son sein seront épais et continus. Une alternance de niveaux argileux et de lits plus perméables (sableux, par exemple), sièges de circulations d'eau temporaires, constitue également une configuration défavorable, car à l'origine de fréquentes variations de teneur en eau dans les parties argileuses.

Un facteur prépondérant qui détermine le degré de susceptibilité d'une formation argileuse au phénomène de retrait-gonflement, est sa composition minéralogique. Une formation sera d'autant plus susceptible au phénomène que sa fraction argileuse (au sens granulométrique) contiendra une forte proportion de minéraux argileux dits "gonflants". En effet, certains minéraux argileux présentent, par rapport aux autres, une aptitude nettement supérieure vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement. Il s'agit essentiellement des smectites (dont font partie les montmorillonites), de certains minéraux argileux interstratifiés, de la vermiculite et de certaines chlorites.

Cette composition minéralogique dépend étroitement des conditions de dépôt et d'évolution diagénétique (ensemble des processus qui affectent un dépôt sédimentaire initial pour le transformer en roche). On peut donc approcher cette connaissance par une reconstitution des conditions paléogéographiques ayant présidé à la mise en place des différentes formations (dépôt sédimentaire initial). De façon plus quantitative, mais dont la valeur n'est que ponctuelle, la connaissance de la composition minéralogique d'une formation argileuse se détermine directement par des analyses diffractométriques aux rayons X. On peut enfin caractériser, par des essais géotechniques en laboratoire, l'aptitude du matériau à absorber de l'eau, voire mesurer directement sa capacité de retrait ou de gonflement. Ces deux dernières approches (caractérisation minéralogique et évaluation du comportement géotechnique du matériau) présentent l'avantage majeur de fournir des résultats quantitatifs rigoureux, mais exigent un grand nombre de mesures pour caractériser de manière statistique le comportement de chacune des formations, qui peuvent être par nature hétérogènes.

2.1.1.2. Contexte hydrogéologique

Parmi les facteurs de prédisposition, les conditions hydrogéologiques constituent un des facteurs environnementaux régissant les conditions hydrauliques in situ. Or la présence d'une nappe phréatique rend plus complexe le phénomène de retrait-gonflement. En effet, les conditions hydrauliques in situ (teneur en eau et degré de saturation) varient dans le temps non seulement en fonction de l'évapotranspiration (dont l'action est prépondérante sur une tranche très superficielle de l'ordre de 1 à 2 m d'épaisseur) mais aussi en fonction des fluctuations de la nappe éventuelle (dont l'action devient prépondérante en profondeur).

La présence d'une nappe permanente à faible profondeur permet généralement d'éviter la dessiccation de la tranche superficielle de sol. Inversement, un rabattement

de cette nappe (sous l'effet de pompages ou d'un abaissement généralisé du niveau), ou le tarissement naturel des circulations d'eau superficielles en période de sécheresse, aggrave la dessiccation de la tranche de sol soumise à l'évaporation. Ainsi, dans le cas d'une formation argileuse surmontant une couche sablo-graveleuse, un éventuel dénoyage de cette dernière provoque l'arrêt des remontées capillaires dans le terrain argileux et contribue à sa dessiccation.

2.1.1.3. Géomorphologie

La topographie constitue un facteur permanent de prédisposition et d'environnement qui peut conditionner la répartition spatiale du phénomène de retrait-gonflement.

La présence d'une pente favorise le ruissellement et le drainage par phénomène gravitaire, tandis qu'une morphologie plate sera d'avantage susceptible de recueillir des eaux stagnantes qui ralentiront la dessiccation du sol. Par ailleurs, un terrain en pente exposé au sud sera plus sensible à l'évaporation du fait de l'ensoleillement, qu'un terrain plat ou exposé différemment. En outre, les formations argileuses ou marnées qui affleurent sur le flanc des vallées peuvent occasionner, localement, un fluage lent du versant et la formation de loupes argileuses. Ce phénomène vient s'ajouter aux désordres consécutifs à la seule dessiccation du sol.

D'autre part, il arrive souvent qu'une maison construite sur un terrain en pente soit plus sujette au problème de retrait-gonflement, en raison d'une dissymétrie des fondations lorsque celles-ci sont ancrées à une cote identique à l'amont et à l'aval. Le bâtiment se trouve alors enterré plus profondément du côté amont. De ce fait, les fondations situées à l'aval, étant en position plus superficielle, seront davantage sensibles aux variations de teneur en eau du sol. Cet effet est même parfois renforcé par une différence de nature du sol situé à la base des formations amont et aval, la couche d'altération superficielle suivant généralement plus ou moins la topographie.

Par ailleurs, les zones de plateau ont pu être soumises à des phénomènes de karstification qui se traduisent par l'existence de cavités karstiques formées aux dépens de formations calcaires et remplies d'argiles à silicifications sujettes au phénomène de retrait-gonflement.

2.1.1.4. Végétation

Il est avéré que la présence de végétation arborée à proximité d'une maison peut constituer un facteur déclenchant du phénomène de retrait-gonflement, même s'il n'est souvent qu'un facteur aggravant de prédisposition. En effet, les racines soutirent par succion (mécanisme d'osmose) l'eau du sol. Cette succion crée un gradient de la teneur en eau du sol, qui peut se traduire par un tassement localisé du sol autour de l'arbre. Si la distance au bâtiment n'est pas suffisante, cela entraînera des désordres dans les fondations. On considère en général que l'influence d'un arbre adulte se fait sentir jusqu'à une distance égale à une fois ou une fois et demi sa hauteur, mais ceci est variable selon les espèces arborées.

Il est à noter que les racines seront naturellement incitées à se développer en direction de la maison, puisque celle-ci s'oppose à l'évaporation et qu'elle maintient donc une zone de sol plus humide sous sa surface. Contrairement au processus d'évaporation, qui affecte surtout la tranche superficielle des deux premiers mètres, les racines d'arbres peuvent avoir une influence jusqu'à 4 voire 5 m de profondeur. Le phénomène sera d'autant plus important que l'arbre est en pleine croissance et qu'il a, de ce fait, davantage besoin d'eau.

Ainsi, on considère qu'un peuplier ou un saule adulte a besoin de 300 litres d'eau par jour en été (Habib, 1992). En France, les arbres considérés comme les plus dangereux du fait de leur influence sur les phénomènes de retrait seraient les chênes, les peupliers, les saules, les cyprès et les cèdres. Des massifs de buissons ou d'arbustes situés près des façades (et notamment la vigne vierge) peuvent cependant aussi causer des dégâts.

2.1.1.5. Défauts de construction

Ce facteur de prédisposition, dont l'existence peut être révélée à l'occasion d'une sécheresse exceptionnelle, se traduit par la survenance ou l'aggravation des désordres. L'importance de ce facteur avait déjà été mise en évidence par les études menées en 1990 par l'Agence Qualité Construction et en 1991 par le CEBTP, lesquelles montraient que la plupart des sinistres concernaient des maisons individuelles dépourvues de chaînage horizontal et fondées sur semelles continues peu ou non armées et peu profondes (40 à 80 cm).

L'examen de dossiers d'expertises réalisées dans le département des Bouches-du-Rhône confirme que de nombreuses maisons déclarées sinistrées présentent des défauts de conception ou de réalisation des fondations (souvent trop superficielles, hétérogènes ou fondées dans des niveaux différents) et il est probable que des fondations réalisées dans les règles de l'art auraient pu, dans de tels cas, suffire à limiter fortement, voire à éviter l'apparition de ces désordres. Cependant, l'examen des dossiers de sinistres montre que des constructions fondées sur semelles ancrées à plus de 0,80 m d'épaisseur ont aussi été affectées par le phénomène. Par ailleurs, il est à noter que les désordres ne se limitent pas aux maisons récentes, mais concernent aussi des bâtiments anciens qui semblaient avoir été épargnés jusque là.

2.1.2. Facteurs de déclenchement

2.1.2.1. Phénomènes climatiques

Les phénomènes météorologiques exceptionnels constituent le principal facteur de déclenchement du phénomène de retrait-gonflement. Les variations de teneur en eau du sol sont dues à des variations climatiques saisonnières. La profondeur de terrain affectée par les variations saisonnières de teneur en eau ne dépasse guère 1 à 2 m sous nos climats tempérés, mais peut atteindre 3 à 5 m lors d'une sécheresse exceptionnelle, ou dans un environnement défavorable (végétation proche).

Les deux paramètres importants sont les précipitations et l'évapotranspiration. En l'absence de nappe phréatique, ces deux paramètres contrôlent en effet les variations de teneur en eau dans la tranche superficielle des sols. L'évapotranspiration est la somme de l'évaporation (liée aux conditions de température, de vent et d'ensoleillement) et de la transpiration (eau absorbée par la végétation). Ce paramètre est mesuré dans certaines stations météorologiques mais sa répartition spatiale est difficile à appréhender car sa valeur dépend étroitement des conditions locales de végétation. On raisonne en général sur les hauteurs de pluies efficaces qui correspondent aux précipitations diminuées de l'évapotranspiration.

Malheureusement, il est difficile de relier la répartition, dans le temps, des hauteurs de pluies efficaces avec l'évolution des teneurs en eau dans le sol. On observe évidemment qu'après une période de sécheresse prolongée la teneur en eau dans la tranche superficielle de sol a tendance à diminuer, et ceci d'autant plus que cette période se prolonge. On peut établir des bilans hydriques en prenant en compte la quantité d'eau réellement infiltrée, ce qui suppose d'estimer, non seulement l'évapotranspiration, mais aussi le ruissellement. Mais toute la difficulté est de connaître la réserve utile des sols, c'est-à-dire leur capacité d'emmagasiner de l'eau et de la restituer ensuite (par évaporation ou en la transférant à la végétation par son système racinaire). Le volume de cette réserve utile n'est généralement connu que ponctuellement et l'état de son remplissage ne peut être estimé que moyennant certaines hypothèses (on considère généralement qu'elle est pleine en fin d'hiver), ce qui rend extrêmement délicate toute analyse de ce paramètre à une échelle départementale. Un autre paramètre difficile à estimer de façon systématique est le volume d'eau transféré de la zone non saturée à la nappe phréatique, ainsi que le rythme de ce transfert.

2.1.2.2. Facteurs anthropiques

Il s'agit de facteurs de déclenchement qui ne sont pas liés à un phénomène climatique, par nature imprévisible, mais à une action humaine. En effet, les travaux d'aménagement, en modifiant la répartition des écoulements superficiels et souterrains, ainsi que les possibilités d'évaporation naturelle, sont susceptibles d'entraîner des modifications dans l'évolution des teneurs en eau de la tranche superficielle de sol. En particulier, des travaux de drainage réalisés à proximité immédiate d'une maison peuvent provoquer des mouvements différentiels du terrain dans le voisinage. Inversement, une fuite dans un réseau enterré ou une infiltration des eaux pluviales en pied de façade peut entraîner un mouvement consécutif à un gonflement des argiles.

Par ailleurs, la présence de sources de chaleur en sous-sol (four ou chaudière) près d'un mur mal isolé peut, dans certains cas, aggraver voire déclencher la dessiccation du sol à proximité et entraîner l'apparition de désordres localisés.

2.2. APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

2.2.1. Cartographie des formations argileuses ou marneuses

La cartographie des formations argileuses ou marneuses du département a été réalisée à partir des cartes géologiques du BRGM et des coupes de forage de la Banque des données du Sous-Sol (BSS) complétées et actualisées par des données ponctuelles issues des rapports d'expertise de sinistres. Cette cartographie a été réalisée à l'échelle 1/50 000 (qui correspond donc à l'échelle de validité de la donnée brute), numérisée, puis synthétisée et présentée sur document papier en planche hors-texte à l'échelle 1/120 000..

Dans une première étape, ont été cartographiées toutes les formations argileuses ou marneuses du département, y compris les formations superficielles d'extension locale, pour en dresser un inventaire et synthétiser les différentes cartes géologiques prises en compte. En raison du grand nombre de ces formations, ont été réalisés, dans une seconde étape, des regroupements en considérant que des natures lithologiques voisines laissaient supposer des comportements semblables vis à vis du phénomène de retrait-gonflement. La carte d'interprétation réalisée permet d'obtenir une vue plus synthétique du sujet.

2.2.2. Caractérisation minéralogique et géotechnique des formations

La synthèse des notices des cartes géologiques a permis de définir les caractéristiques des formations argileuses ou marneuses, et en particulier de répertorier la présence éventuelle d'argiles gonflantes. Ces données ont été complétées par une revue bibliographique. Enfin le traitement synthétique de dossiers d'expertise a permis de caractériser au mieux chacune des formations identifiées en fonction de sa proportion moyenne de minéraux argileux gonflants.

La caractérisation du comportement géotechnique des formations argileuses ou marneuses du département a été essentiellement établie sur la base du dépouillement et de la synthèse de données bibliographiques, de nombreux rapports d'expertise, obtenus auprès de bureaux d'étude (FONDASOL, ERG, CETE, JUVENTIN), de mutuelles d'assurance ou directement auprès des communes concernées.

Les données disponibles ont été complétées par une campagne spécifique d'échantillonnage et d'analyse afin de permettre une meilleure hiérarchisation des formations sur la base de critères lithologiques, minéralogiques et géotechniques.

2.2.3. Examen des autres facteurs de prédisposition et de déclenchement

Les facteurs ponctuels de prédisposition ou de déclenchement que sont notamment la végétation arborée, les actions anthropiques ou les défauts de construction, n'ont pas été pris en compte dans la mesure où leur impact est purement local et ne peut être cartographié à une échelle départementale.

L'analyse des conditions climatologiques et de la répartition spatiale des déficits pluviométriques n'est pas apparue comme un élément discriminant à l'échelle d'un département comme les Bouches-du-Rhône. Ce critère n'a donc pas été pris en compte dans l'élaboration de la carte départementale de l'aléa.

Le contexte hydrogéologique a fait l'objet d'une analyse spécifique sur la base d'éléments issus des notices de cartes géologiques, de rapports du BRGM sur la gestion des eaux et de la bibliographie. Le rôle joué par ce facteur dans le déclenchement ou l'aggravation de certains sinistres apparaît plus ou moins à la lecture de certains rapports d'expertises. Ce rôle est cependant difficile à mettre en évidence à une échelle départementale dans la mesure où il dépend souvent de conditions très locales. C'est pourquoi, ce critère n'a pas non plus été retenu dans l'élaboration de la carte départementale de l'aléa.

Quant à la géomorphologie, il apparaît également que c'est un élément important qui conditionne la susceptibilité au retrait-gonflement. Ceci est souvent mis en évidence par une concentration de sinistres sur les versants des vallées. Mais l'examen des rapports d'expertise montre que nombre de ces sinistres survenus en zone de pente s'expliquent en réalité par un défaut de conception ou de réalisation des fondations, les phénomènes de retrait-gonflement ne faisant que révéler ces défauts ou aggraver les désordres occasionnés. Pour ces différentes raisons, il a été jugé préférable d'établir la cartographie en partant des contours des formations lithologiques plutôt que de se baser sur un découpage en unités géomorphologiques homogènes.

2.2.4. Carte de susceptibilité

En définitive, la carte départementale de susceptibilité au retrait-gonflement a été établie à partir de la carte synthétique des formations argileuses ou marneuses du département, après évaluation du degré de sensibilité de ces formations. Les critères utilisés pour établir cette hiérarchisation sont pour l'essentiel liés à la caractérisation lithologique, minéralogique et géotechnique de ces formations.

2.2.5. Recensement et localisation géographique des sinistres

Afin d'approcher la cartographie de l'aléa retrait-gonflement (qui correspond, rappelons-le, à la probabilité d'occurrence du phénomène), la carte départementale de susceptibilité au retrait-gonflement a été croisée avec la localisation des sinistres qui se sont déjà produit.

Pour ce faire, un recensement des sinistres sécheresse a été effectué auprès des 50 communes du département qui ont bénéficié depuis 1989 de la reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle au titre des mouvements de terrains différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols (soit plus de 42% des communes du département).

2.2.6. Détermination des densités de sinistres

Afin d'obtenir la carte départementale d'aléa retrait-gonflement, il a été nécessaire de déterminer, pour chacun des sinistres recensés, la nature de la formation géologique affectée (par superposition avec la carte des formations argileuses ou marneuses du département). Ceci a permis de déterminer le nombre de sinistres recensés pour chacune des formations géologiques sensibles et, par suite, de calculer une densité de sinistres par formation (en pondérant par la surface d'affleurement de chacune des formations, afin d'obtenir des chiffres comparables entre eux).

Dans un souci de rigueur et étant donnée la grande diversité du taux d'urbanisation d'un point à un autre du département, il a paru nécessaire de pondérer ces densités de sinistres en tenant compte du taux d'urbanisation de chacune des formations géologiques. La donnée utilisée pour évaluer le taux d'urbanisation du département est issue d'un travail effectué à partir des POS numérisés sur les Bouches-du-Rhône mis à disposition par la DDE 13 et de la cartographie de l'évolution de l'occupation du sol en région Provence-Alpes-Côte d'Azur, entre 1988 et 1999¹, réalisée par le CRIGE².

2.2.7. Carte d'aléa

La carte départementale d'aléa a dès lors été établie à partir des contours de la carte d'interprétation des formations argileuses ou marneuses : chacune de ces formations a été caractérisée par une classe d'aléa prenant en compte à la fois son degré de susceptibilité et la densité de sinistres la concernant. Cette carte est également numérisée et a été présentée à l'échelle 1/120 000 (mais son échelle de validité est le 1/50 000).

¹ Cartographie de l'évolution de l'occupation des sols de la Région PACA entre 1988 et 1999 réalisée par croisement de la carte d'occupation du sol 1999 (élaborée à partir d'images satellitaires Landsat ETM et IRS de 1999) et de la base de données Corine Land Cover (élaborée à partir d'images satellitaires Landsat MSS de 1988).

² Centre Régional de l'Information Géographique

3. Présentation du département des Bouches-du-Rhône

Rattachée administrativement à la région Provence-Alpes-Côte d'Azur dont son chef-lieu, Marseille, est également la préfecture, le département des Bouches-du-Rhône a une superficie de 508 749 ha³ qui le place au soixante huitième rang des départements français. Dans le cadre de la présente étude, la superficie départementale utilisée comme référence sera celle déterminée à partir des données de la BD Carto de l'IGN, à savoir 5 105,93 km².

Le département comprend 119 communes (dont la plus étendue de France, Arles), 47 cantons, 4 arrondissements. Dix communes comptent plus de 25 000 habitants. La densité moyenne du département est de 359,5 habitants/km². Elle est inégale en raison de l'importance du phénomène urbain qui se localise essentiellement dans l'agglomération marseillaise, dans le pays d'Aix et à l'est de l'étang de Berre.

Le département des Bouches-du-Rhône bénéficie d'une position privilégiée en Provence, au débouché de l'axe rhodanien, sur la façade méditerranéenne.

Délimité au nord et à l'ouest par la Durance et le Rhône, au sud par la Méditerranée, sur près de 300 km de côtes, le département des Bouches-du-Rhône appartient au domaine de la Basse-Provence calcaire où dominent les roches sédimentaires carbonatées. La nature du sol et du sous-sol permet de distinguer deux grandes unités de relief : à l'est, des montagnes calcaires, au sud-ouest, une zone basse.

3.1. CONTEXTE GÉOGRAPHIQUE ET GÉOMORPHOLOGIQUE

Le département des Bouches-du-Rhône (Illustration 2) offre un paysage particulièrement contrasté. Sa partie occidentale est constituée de plaines (Comtat, Crau, Camargue) d'où surgissent les Alpilles, tandis que sa partie orientale est formée de hauteurs calcaires (Sainte-Victoire, Trévaresse, Étaque, Sainte-Baume) séparés par des bassins où sont concentrées les populations humaines (Arc, Huveaune).

C'est physiquement un pays de communications difficiles, surtout selon un axe nord-sud. Regroupant près de la moitié des habitants de la région Provence-Alpes-Côte

³ INSEE, RGP 90

d'Azur, le département présente une des densités de population les plus élevées de France avec 359,5 habitants par kilomètre carré. Les deux tiers de cette population vivent dans les agglomérations et à la périphérie d'Aix-en-Provence/Marseille (y compris la zone de Berre l'Étang) où se concentrent également les industries et les services.



Illustration 2 : Cadre géographique du département des Bouches-du-Rhône

Les activités du département se sont aussi développées dans des villes situées sur les principales voies de communication : la vallée de l'Huveaune jusqu'à la cuvette d'Aubagne, la vallée de l'Arc (de Trets à Berre l'Étang), le pays minier (de Simiane à Gardanne) et le long du Rhône.

Bien que la moitié de la superficie du département soit classée en zone agricole, l'agriculture intensive n'occupe que 2% des actifs.

Les différentes unités géographiques relativement homogènes du département se répartissent en secteurs montagneux, de collines et de plaines (Illustration 3).

Secteurs montagneux ou au relief accentué :

- le massif de la Sainte-Victoire, du Condors et du Cengle au nord-est,
- les chaînons du Regagnas, de l'Étoile et de l'ouest de la Sainte-Baume,
- les montagnes de Saint-Cyr, Marseilleveyre, de la Gardiole et de Fontblanche, au sud-est du département, et de l'Étaque au nord-ouest de Marseille,
- la chaîne de la Trévaresse et le massif des Costes au nord,
- les Alpilles et la Montagnette au nord-ouest.

La montagne Sainte Victoire, les chaînes de la Sainte Baume, de l'Étaque, de l'Étoile, les Alpilles et les Calanques s'élèvent au-dessus des plaines, en massifs étendus et larges à une altitude de 500 à 1 000 m. Composés de substrats calcaires durs, ces massifs présentent des sols caillouteux squelettiques. Leur hydrologie à tendance karstique est partiellement souterraine avec la présence de sources importantes. Les chaînons et les plateaux, notamment ceux de la Fare ou de la Trévaresse, ne dépassent pas les 500 mètres d'altitude. Ils sont formés de substrats calcaires marneux. Ces unités présentent des pentes fortes situées soit en périphérie (la colline de Saint-Mitre-les-Remparts ou la cuesta de Vitrolles), soit de façon interne (les vallons de Sambuc). Ces fortes déclivités peuvent induire des glissements et des ravinements⁴.

Secteurs de collines et de petits bassins agricoles :

- les collines de Jouques, à la limite nord-est,
- les secteurs de Cassis-Roquefort et de la Ciotat-Ceyreste, au sud-est,
- les bassins d'Aix-en-Provence-Gardanne,
- le bassin de Rognes-Lambesc,
- les collines du pourtour de l'étang de Berre,
- la Petite Crau, au nord-ouest.

⁴ Source : *Les cahiers de l'environnement du Conseil Général des Bouches-du-Rhône - La Géographie dans les Bouches-du-Rhône*

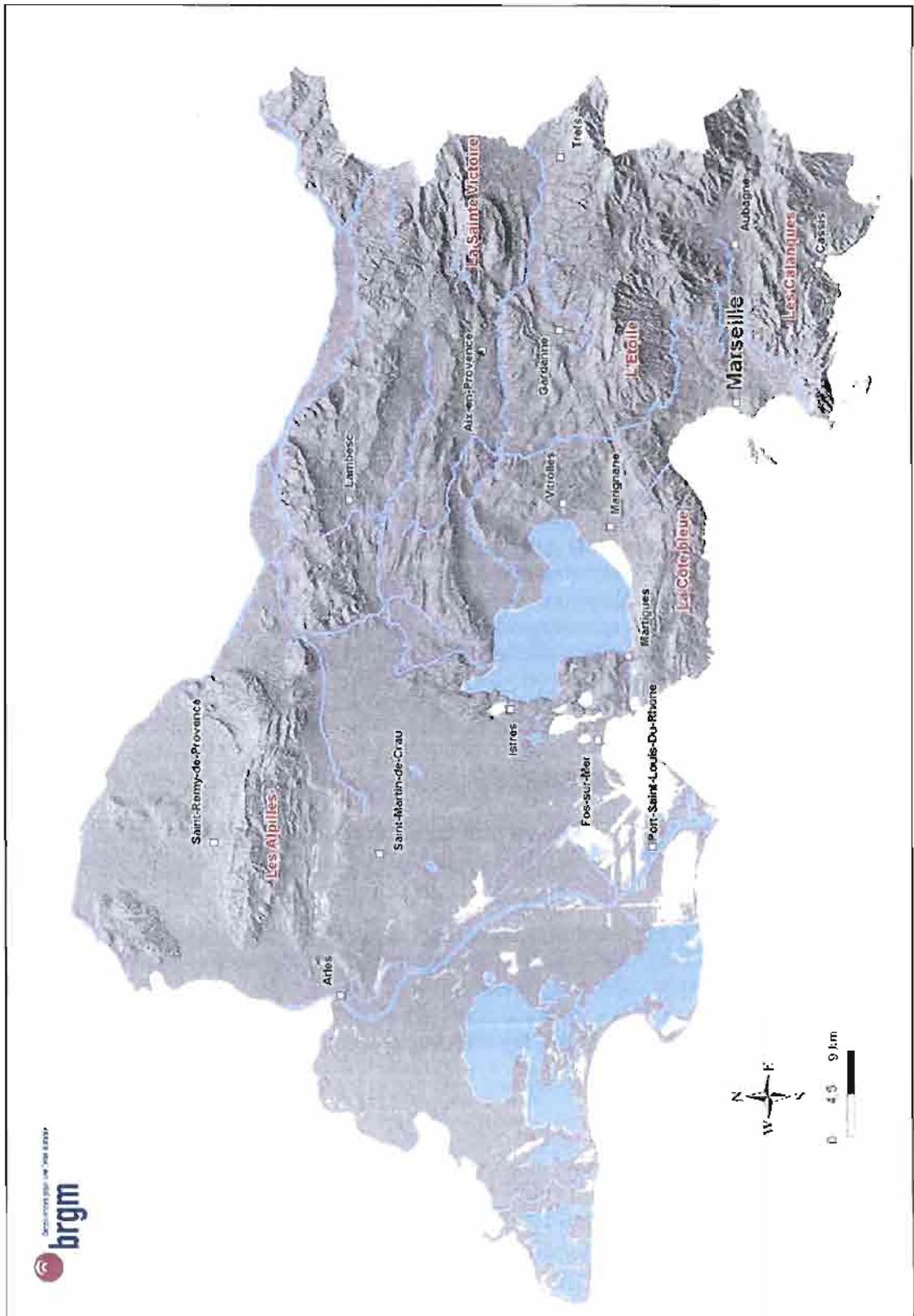


Illustration 3 : Géomorphologie du département des Bouches-du-Rhône (d'après le Modèle Numérique de Terrain de l'IGN)

Secteurs de plaines (d'est en ouest et du nord au sud) :

- la rive gauche de la moyenne Durance, de Peyrolles à Orgon,
- la vallée de l'Arc en amont d'Aix-en-Provence,
- la vallée de l'Arc en aval de Coudoux,
- la vallée de l'Huveaune,
- la dépression de Cuges-Les-Pins,
- la moyenne Touloubre ou secteur de Salon-Pélissanne,
- le Sud Comtat de Châteaurenard et de Saint-Rémy-de-Provence,
- la Crau et le marais des Baux,
- le delta du Rhône.

Les plaines caillouteuses sèches sont localisées dans la Crau et sur les terrasses en bordure des plaines alluviales de la Durance et de l'Arc. Leurs sols sont caillouteux ou limoneux, selon l'âge des dépôts qui les forment. Non inondables, elles possèdent des ressources hydrogéologiques importantes. Les plaines alluviales limoneuses sont aussi présentes dans les dépressions des plateaux. Leurs sols profonds sont très favorables à l'agriculture irriguée. Les dépressions humides (marais des Baux et Paluds de Noves) sont naturellement marécageuses et artificiellement drainées depuis plusieurs siècles. Leurs sols sont argileux, organiques et fertiles. Ces dépressions disposent de ressources hydrologiques abondantes. Les collines en roches tendres localisées dans les bassins sédimentaires d'Aix, de Marseille et d'Aubagne sont propices à l'activité agricole. Constituées de marnes et d'argiles, elles sont généralement imperméables. La présence de faciès gypseux, notamment dans la région d'Aix, induit des risques de glissements de terrain.

3.2. CONTEXTE HYDROLOGIQUE

Les principaux cours d'eau du département sont les suivants (Illustration 4) :

- La Durance

A son entrée dans le département, au niveau de Cadarache, la Durance draine un bassin versant de 11 920 km², situé à une altitude moyenne voisine de 1 300 m. La constitution de réserves dans son bassin versant a permis de régulariser son cours. Le débit moyen s'établit, à Cadarache, à 194 m³/seconde. Les crues d'hiver sont proches de 6 000 m³/seconde alors que les étiages ont pu descendre en dessous de 50 m³/seconde.

- Le Rhône

Dans le département, le Rhône s'étend du confluent de la Durance jusqu'au delta dans la mer méditerranée, sur une longueur de 70 km. Le bassin versant du Rhône est de 95 590 km² au niveau de Beaucaire. Le régime normal du fleuve s'étend en moyenne sur les 3/4 de l'année et correspond à un débit compris entre 1 000 et 3 000 m³/seconde. Le débit moyen annuel de 1 700 m³/seconde et un débit semi-permanent de 1 500 m³/seconde. En période de crue décennale, le débit du Rhône peut atteindre 7 000 m³/seconde.

- L'Arc

L'Arc prend sa source dans le département du Var, sur le territoire de Saint-Maximin, à une altitude de 437 m. Il se jette après un parcours de 85 km, dans l'étang de Berre entre Berre et Saint-Chamas. La superficie totale de son bassin versant est de 726 km².

-L'Huveaune

L'Huveaune prend sa source dans le département du Var, sur le versant nord de la Sainte-Baume, à une altitude 571 m. Elle se jette après un parcours de 51 km dans la Méditerranée à Marseille, sur la plage du Prado. La superficie totale de son bassin versant est de 490 km² dont 120 pour le Jarret et la Gouffonne qui rejoignent l'Huveaune trois kilomètres avant son débouché à la mer.

- La Touloubre

La Touloubre, longue de 60 km, prend sa source dans la commune de Venelles à une altitude de 335 m et se jette dans l'étang de Berre, à proximité de l'agglomération de Saint-Chamas. La superficie totale de son bassin versant est de 417 km², compte-tenu du sous bassin du canal d'assèchement de Cornillon-Confoux, de 92 km².

3.3. CONTEXTE CLIMATIQUE

Le département des Bouches-du-Rhône s'inscrit dans le domaine climatique méditerranéen provençal, à l'exception du nord-est qui, par l'effet des reliefs et de la continentalité relative, s'inscrit dans un climat oro-méditerranéen alpin limitrophe. Soumis à plusieurs influences, le département présente différentes zones climatiques.

3.3.1. Les différentes influences

- Influence de la Méditerranée : Mer relativement chaude, elle détermine des températures plus douces en hiver. Sensible sur une largeur de quelques kilomètres, cette influence disparaît assez rapidement à l'est à cause des reliefs, beaucoup moins à l'ouest où, du fait de la présence de l'Étang de Berre et de la Plaine de la Crau, elle se prolonge jusqu'aux Alpilles.

- Influence du Mistral : C'est un vent fort desséchant de secteur nord-ouest, qui souffle par situation dépressionnaire, dans le couloir du Rhône et tourne à l'ouest sur la côte varoise jusqu'à Fréjus. Il est souvent synchrone avec la Tramontane (qui souffle sur le Roussillon) et confère à l'air une transparence exceptionnelle. Sa force est due à l'étranglement et au prodigieux couloir d'accélération rectiligne que constitue la vallée du Rhône. L'hiver, il procure une sensation de froid intense, en revanche il chasse toutes les pollutions ; il est associé à un temps clair, lumineux et bien ensoleillé. L'été, il accélère la propagation des incendies de forêts. Les vents de sud-est, moins fréquents que le Mistral, sont aussi violents. De plus, ils précèdent et accompagnent de fortes pluies à l'automne. Ils surviennent quand une dépression importante arrive sur

l'Espagne. S'ils s'installent pendant plusieurs jours, ils provoquent de fortes houles qui peuvent persister après la disparition du vent.

- Influence des reliefs : Ils deviennent montagneux à l'est avec la Sainte-Victoire (1 021 m), la Sainte-Baume (1 041 m), les chaînes de Saint-Cyr et Carpiagne, du Regagnas et du Concors. Ces reliefs orientés est-ouest ont pour effet :

- d'abaisser les températures minimales,
- d'augmenter les précipitations : les massifs montagneux reçoivent deux fois plus de précipitations que les plaines de l'ouest,
- d'affirmer les zones de fond de vallées qui connaissent des phénomènes de subsidence d'air froid et de brouillard en hiver.

La ligne Mallemort - La Ciotat sépare les régions nord-est, caractérisées par des gelées profondes et fréquentes en hiver, de celle du sud-ouest où les gelées sont moins prononcées et plus irrégulières.

3.3.2. Les différentes zones climatiques

Le graphique présenté sur l'illustration 5 correspond aux enregistrements effectués sur la station météorologique d'Aix-en-Provence sur la période 1971 – 2000. Le climat ainsi représenté (précipitations et températures mini et maxi) est assez représentatif de celui de tout le département des Bouches-du-Rhône.

Normales de températures et de précipitations
à Aix-en-Provence

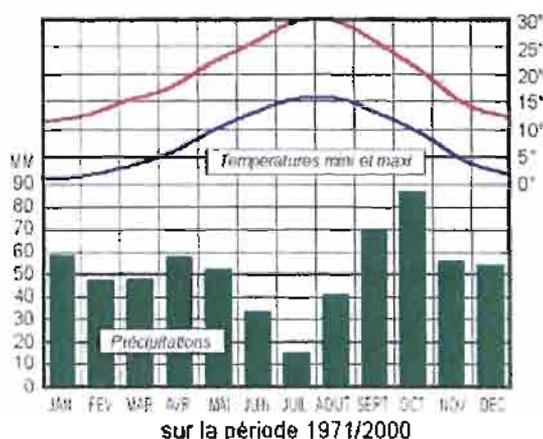


Illustration 5 : Précipitations et températures mini et maxi sur Aix-en-Provence (météo France)

Le département, sous l'apparente uniformité du climat méditerranéen caractérisé par la sécheresse et l'ensoleillement, peut se décrire ainsi (Illustrations 6 et 7) :

- l'est est plus humide que l'ouest,
- le littoral est plus doux que le nord-est,

- l'Ouest est plus affecté par les vents dominants de nord et de nord/ouest que le sud et l'est.

LE LITTORAL : à l'ouest, le littoral sableux est soumis à des vents forts et réguliers de secteur nord/ouest. Il est relativement arrosé. A l'est, le littoral rocheux, à sécheresse accentuée, a des températures d'hiver relativement douces. Entre l'est et l'ouest, une zone bioclimatique semi-aride particulièrement sèche se développe de Fos-sur-Mer au Cap Croisette.

LES PLAINES : la grande plaine de la Crau, à sécheresse relativement marquée, présente une saison hivernale froide et des étés chauds et secs. Des vents violents de secteur nord/ouest la balayent. Les plaines du Rhône et de la Durance sont relativement bien arrosées, avec des températures froides en hiver et un nombre de jours de gélivité assez important. Le Bassin d'Aix est moyennement arrosé et des phénomènes de subsidence d'air froid, sont à l'origine des températures basses de l'hiver provoquant des gelées, alors qu'il est surchauffé en été.

LES MONTAGNES : les massifs d'Allauch et de la Sainte-Baume au sud/est ont une assez forte pluviosité. Les hivers sont froids dans les fonds de vallées et avec des gels fréquents. Ces caractéristiques s'accroissent dans les montagnes du Regagnas au nord/est du département.

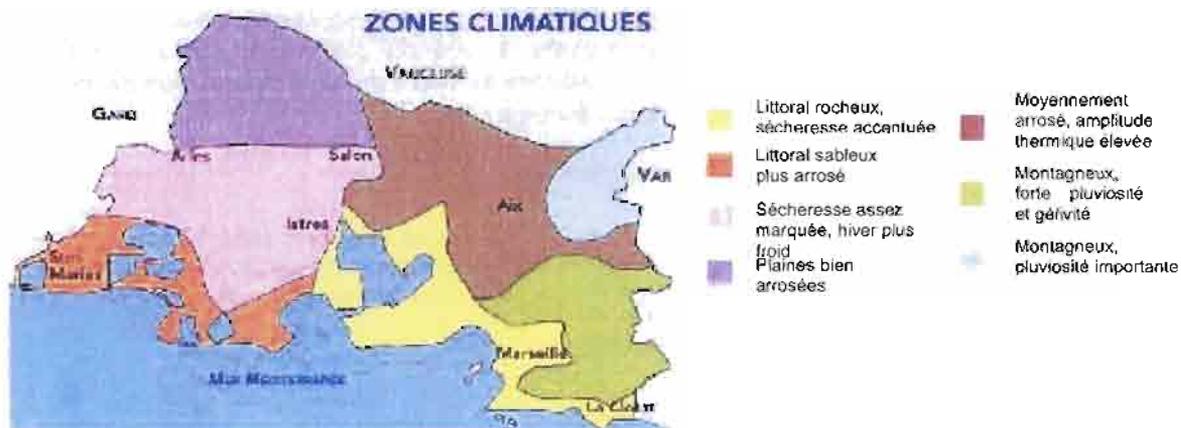


Illustration 6 : Les zones climatiques dans les Bouches-du-Rhône (météo France)

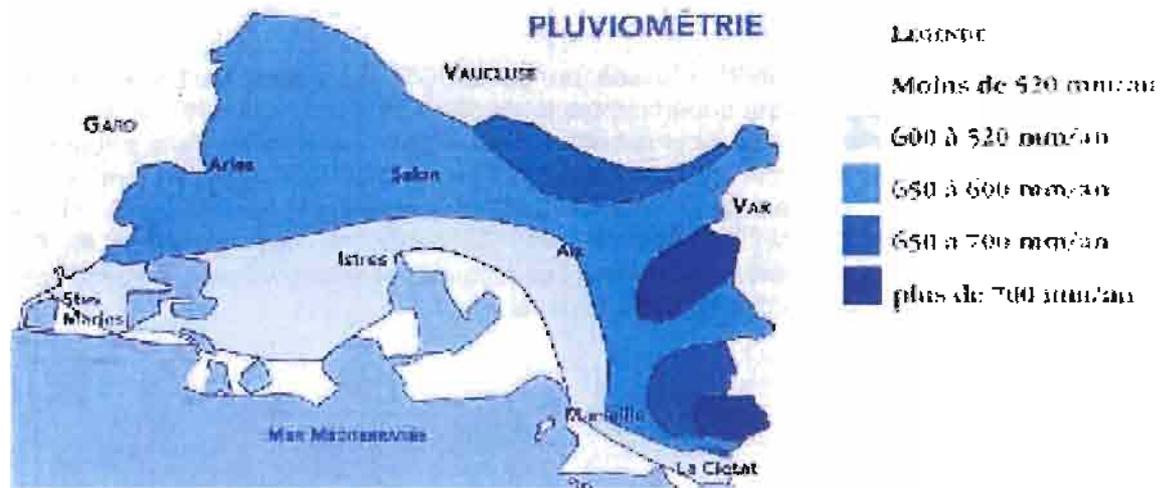


Illustration 7 : La pluviométrie dans les Bouches-du-Rhône (météo France)

3.4. URBANISATION DU DÉPARTEMENT

La population totale en 1999 du département des Bouches-du-Rhône s'élevait à 1 835 719 habitants.

Marseille présente la densité de population la plus forte, avec 3 311 habitants par km², toujours en 1999. Toutefois, depuis au moins 1975, on constate une baisse notable du nombre des habitants (908 600 en 1975, 796 625 en 1999).

Par ailleurs, les autres communes qui présentent en 1999 une densité de population supérieure à 1 000 habitants par km², sont Carnoux-en-Provence (d = 2041), la Penne-sur-Huveaune (d = 1687), Marignane (d = 1468), Port-de-Bouc (d = 1456), Saint-Victoret (d = 1440), Plan-de-Cuques (d = 1233), Gignac-la-Nerthe (d = 1064). Hormis la commune de Port-de-Bouc qui voit le nombre total d'habitants décroître, les six autres communes précitées présentent une augmentation de la population entre 1975 et 1999. La population de la commune de Gignac-la-Nerthe a presque triplé en l'espace de vingt cinq ans, avec 3568 habitants en 1975, 4361 en 1982, 8772 en 1990 et 9189 en 1999.

Quatre communes ont une densité de population inférieure à 20 habitants au km², en 1990. Il s'agit des Saintes-Maries-de-la-Mer (d = 7), de Saint-Antonin-sur-Bayon (d = 9), de Vauvenargues (d = 13) et de Saint-Paul-Les-Durance (d = 17).

Les fortes concentrations de populations sont liées aux grands centres d'activité concentrés autour de Marseille et de l'Étang de Berre.

La carte présentée page suivante (Illustration 8) est issue d'un travail effectué à partir des POS numérisés sur les Bouches-du-Rhône mis à disposition par la DDE 13 et de la cartographie de l'évolution de l'occupation du sol en région Provence-Alpes-Côte

d'Azur, entre 1988 et 1999⁵, réalisée par le CRIGE⁶. Les zones urbanisées ainsi identifiées représentent une superficie totale de 582,143 km², soit 11,4% de la surface totale du département. Cette carte fait une répartition très hétérogène de la population, avec une concentration principalement sur Marseille (798 430 habitants), et sur les agglomérations d'Aix-en-Provence, Arles, Martigues, Aubagne et Istres (respectivement 134 222 habitants, 50 513 habitants, 43 493 habitants, 42 638 habitants et 38 993 habitants, tandis que les plateaux et reliefs montagneux montrent un habitat beaucoup plus dispersé et plus rural.

⁵ Cartographie de l'évolution de l'occupation des sols de la Région PACA entre 1988 et 1999 réalisée par croisement de la carte d'occupation du sol 1999 (élaborée à partir d'images satellitaires Landsat ETM et IRS de 1999) et de la base de données Corine Land Cover (élaborée à partir d'images satellitaires Landsat MSS de 1988).

⁶ Centre Régional de l'Information Géographique

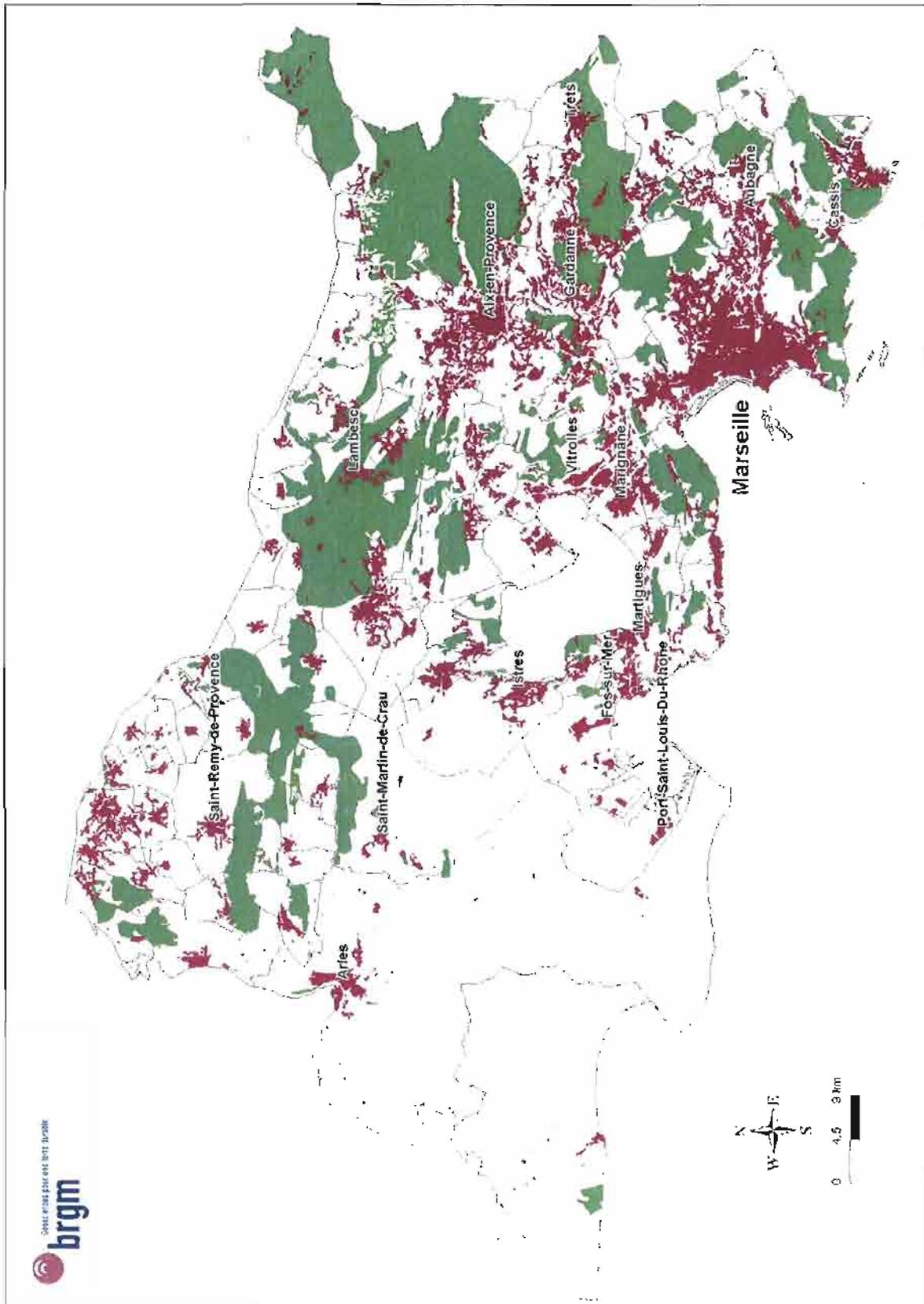


Illustration 8 : Urbanisation du département des Bouches-du-Rhône

4. Identification et cartographie des formations géologiques argileuses ou marneuses

4.1. CADRE GÉOLOGIQUE DÉPARTEMENTAL

Les différentes formations géologiques qui affleurent sur le département permettent de reconstituer l'histoire géologique de cette région depuis le Jurassique (-200 Ma¹) jusqu'à aujourd'hui :

→ - **200 à - 125 Ma** : au début du Jurassique, règne une sédimentation marine de type carbonatée qui se poursuit jusqu'à la fin du Crétacé inférieur.

→ - **125 Ma** : du fait d'un soulèvement régional, une émergence se produit.

→ - **65 Ma** : à la fin du Crétacé apparaissent les premières manifestations de la phase orogénique pyrénéo-provençale (mise en place de plis sous la forme de rides anticlinales ou synclinales orientées est-ouest).

→ - **50 à - 30 Ma** : le paroxysme de la phase pyrénéo-provençale, à l'Éocène, donne lieu à la mise en place de grandes structures tangentes ou chevauchantes, d'orientation générale est-ouest, telles que celle de la Sainte-Victoire, de l'Étoile, des Alpilles, des Costes ou de la Sainte-Baume.

→ - **30 à - 25 Ma** : pendant l'Oligocène, la région est soumise à une distension, entraînant la formation de bassins de sédimentation (dépôts de conglomérats et d'argiles), localisés en particulier le long de la faille de la Durance (bassin d'Aix) qui fonctionne en faille normale.

→ - **25 à - 10 Ma** : le Miocène débute par une transgression donnant lieu à une sédimentation marine importante.

→ - **10 à - 1,5 Ma** : Au Mio-Pliocène se produisent des mouvements verticaux (failles inverses ou chevauchantes des Costes, des Alpilles, de la Sainte-Victoire) ou horizontaux (failles décrochantes de la Durance, de Salon-Cavaillon), manifestations de la phase orogénique alpine.

→ **Le Quaternaire** est dominé par des phénomènes d'érosion qui donnent à la région les principaux traits morphologiques actuels. Il est caractérisé par la formation d'éboulis de pente (apports latéraux des versants) et de formations alluviales liées principalement dans le département au Rhône et à la Durance.

¹ Ma : Million d'années

De part son histoire géologique, et au regard du relief actuel et des affleurements, le département des Bouches-du-Rhône peut schématiquement être subdivisé en deux unités géologiques principales :

- les plaines rhodaniennes ou du bas Rhône, qui séparent le Languedoc de la Provence et qui sont constituées par de larges plaines alluviales, arrosées par le Rhône et la Durance ;

- une basse Provence calcaire formée de chaînons, de direction moyenne est-ouest.

- ◆ **Les plaines rhodaniennes**, dans les Bouches-du-Rhône sont constituées de la basse Durance, de la Crau et de la Camargue

- **La plaine de la Crau** : Au sud des Alpilles, elle occupe schématiquement le triangle Arles - Fos - Lamanon. La Crau est constituée par au moins trois nappes d'épandages successifs d'origine durancienne, témoignant ainsi du passage de la Durance à travers les seuils d'Eyguières et de Lamanon, directement en direction de la mer, durant la période plio-quadernaire (-5,3 Ma à -28 000 ans). La surface de la Crau est inclinée vers le sud-ouest. Son épaisseur est de quelques mètres, au nord, à environ 50 m, au sud-est. La plaine de la Crau est le siège d'un aquifère important qui s'écoule du nord-est vers le sud-ouest.

- **Les plaines de la basse Durance** : Entre le chaînon des Alpilles et celui du Lubéron, la Durance débouche dans une vaste plaine à la limite ouest de laquelle elle va se jeter dans le Rhône. Les alluvions qui tapissent la plaine sont récentes (Würm, -28 000 à -10 000 ans). Elles sont constituées d'éléments roulés de roches silico-calcaires (roches éruptives, roches vertes calcaires). A l'est, la plaine de la Durance constitue la limite nord du département sur près de 100 km de longueur.

- **La Camargue** : Il s'agit du delta du Rhône, proprement dit, triangle de 40 km de côté dont le point le plus élevé est à 7 m au-dessus de la mer (dunes de Beauduc). De la mer vers la tête du delta s'échelonne une série de dépressions très plates bordées par les anciens cordons au sud et par les anciens bras du fleuve pour le reste du delta. En s'éloignant de la mer, le gradient de salinité diminue, donnant lieu alors à toute une gamme d'environnements particuliers (milieux salés littoraux, lagunes saumâtres, marais, faciès palustres à tourbes).

⇒ Interférant avec le relief aplani de la région du bas Rhône, **la chaîne des Alpilles** dresse, d'ouest en est, entre la Crau au sud et la plaine de la basse Durance au nord, une barrière longue de 30 km. Le corps principal des Alpilles est formé par une structure anticlinale rompue axialement par la faille des Baux, à jeu inverse et vergence sud. La chaîne des Alpilles a acquis l'essentiel de son relief au cours de l'orogénèse pyrénéo-provençale (fini crétacé à éocène, -65 Ma à -30 Ma), tout comme les chaînons calcaires constituant les reliefs de la basse Provence.

- ◆ **La basse Provence calcaire** est constituée de différents chaînons dont la Sainte-Victoire, la Sainte-Baume, le Mont Aurélien, l'Étoile, la Nerthe, Carpiagne, séparés

par des bassins dont le plus grand est celui de l'Arc (synclinal de l'Arc). Les déformations principales correspondent à des chevauchements vers le nord de la couverture sud-provençale, à la fin de l'Éocène (orogénèse pyrénéo-provençale). Dans la partie nord de la basse Provence calcaire, les anticlinaux ou chevauchements des Costes, de la Sainte Victoire et du Concors, de même que l'anticlinal des Alpilles, ont été redéformés lors de l'orogénèse alpine, au Mio-Pliocène (-10 à -5,3 Ma), donnant lieu, essentiellement, à des chevauchements vers le sud de la couverture.

- ◆ En plus des nombreuses failles inverses ou chevauchantes qui déforment la couverture de la basse Provence, deux autres accidents majeurs déforment le sous-sol du département. Il s'agit de la **faille de la moyenne Durance** et de la **faille de Salon-Cavaillon**. Ces deux accidents ont eu au cours de leur histoire géologique un mouvement décrochant, lors des épisodes tectoniques compressifs, et un mouvement normal, lors des épisodes tectoniques distensifs. Au cours de la distension oligocène (-30 à -25 Ma), le jeu normal de la faille de la moyenne Durance a donné lieu à l'installation du bassin d'Aix et de Pertuis et au nord du département, à celui de Manosque. A l'ouest, la faille de Salon-Cavaillon sépare la chaîne des Alpilles des chaînes des Costes et du Luberon. Le rejeu de cette faille au cours du Quaternaire est une des causes de la dérivation de la Durance vers le nord (la Crau constituant le paléo-delta durancien).

La carte géologique simplifiée (Illustration 9) est issue des cartes géologiques du BRGM au 1/50 000 numérisées et harmonisées dans le cadre de l'étude.

Cette géologie synthétique du département des Bouches-du-Rhône est basée sur les cartes géologiques au 1/50 000 :

- 1. QUATRIÈME ère (Cenozoïque, Quaternaire)
- 2. TERTIAIRE (Mioène, Pliocène, Comptien, Sable et argile)
- 3. JURASSIEN (Lias, Dogger, Oligocène, Crétacé, argile et sables)
- 4. SECONDAIRE (Crétacé Supérieur, Crétacé, gres et sables)
- 5. SECONDAIRE (Crétacé inférieur, gres, sables et argiles)
- 6. SECONDAIRE (Jurassien, lias, sables et argiles)
- 7. SECONDAIRE (Trias, Dogger, Dogger et sables)
- 8. Formation volcaniques



Illustration 9 : Carte géologique synthétique des Bouches-du-Rhône

4.2. OBJECTIFS, DOCUMENTS UTILISÉS ET PROCÉDURES DE RÉALISATION

4.2.1. Méthode utilisée

L'objectif visé est de disposer d'une carte des formations géologiques argileuses ou marneuses du département des Bouches-du-Rhône, afin d'identifier les zones de susceptibilité au retrait-gonflement.

La cartographie des formations géologiques du département des Bouches-du-Rhône a été réalisée essentiellement à partir des 16 cartes géologiques du BRGM éditées au 1/50 000 et couvrant en tout ou partie le territoire du département (Illustration 10). Pour cela, l'ensemble des 16 cartes a été harmonisé et vectorisé (sous Microstation puis converties sous Mapinfo).

L'harmonisation a consisté d'une part à assurer la continuité géologique entre cartes voisines notamment au niveau des bordures de cartes et d'autre part à élaborer une légende commune pour l'ensemble des cartes du département. En effet, les cartes géologiques, réalisées à des époques différentes, ne se raccordent pas toujours et ont été parfois réalisées avec une nomenclature lithostratigraphique distincte d'une carte à l'autre.

La vectorisation (ou numérisation) a consisté à réaliser la saisie en DAO (dessin assisté par ordinateur) des cartes géologiques à 1/50 000 harmonisées et à élaborer une base de données intégrant tous les éléments des cartes et des notices géologiques.

La cartographie géologique synthétique a donc été réalisée à partir des cartes géologiques harmonisées et vectorisées à 1/50 000 (ce qui correspond à l'échelle de validité de la donnée brute). Les contours géologiques ont été localement actualisés à l'aide des données de forages provenant de la Banque des données du Sous-Sol (BSS) gérées par le BRGM.

Les 16 cartes géologiques concernées sont les suivantes :

- **Nîmes** (Numéro 965 – Bonnet A., Ménillet F., Berger G. et Coubès L., 1973)
- **Arles** (Numéro 992 - Toni C., Barrière J., L'Homer A., Bouteyre G., L'Homer A., Brun P., Colomb E., Roux M. et Glintzboeckel Ch., 1975)
- **Eyguières** (Numéro 993 – Catzigras F., Colomb E., Gervais J., Gouvernet C., L'Homer A., Masse J.-P., Roussét C., Roux M., Clintzboeckel Ch. et Rouire J., 1975)
- **Salon-de-Provence** (Numéro 994 – Gouvernet Cl., Gueirard S., Catzigras F., Colomb E., Gervais J., Blanc J.-P., Busser T., Grégoire J.-Y., Lambert C. et Rouire J., 1968)
- **Tavernes** (Numéro 996 - Mennessier G., Modret D. et Goguel J., 1966)
- **Le-Grau-du-Roi** (Numéro 1017)
- **Saintes-Maries-de-la-mer** (Numéro 1018 – L'Homer A., Tal A., Toni C., Glintzboeckel Ch., Clairefond P. et Blanc J.- J., 1975)

- **Istres** (Numéro 1019 - Colomb E., Roux M., Guieu G., L'Homer A., Toni C., Glintzboeckel Ch., Blanc J.-J., Vernier E. et Rouire J., 1976)
- **Martigues-Marseille** (Numéro 1020 – Arlhac P., Catzigras F., Colomb E., Durand J.-P., Gervais J., Guieu G., Masse J.-P., Nury D., Philip J., Rousset C., Blanc J.-J., Roux M. et Rouire J., 1977)
- **Aix-en-Provence** (Numéro 1021 – Denizot G., Corroy G., Catzigras F., Colomb E., Durand J.-P., Guieu G., Rousset C., Tempier C., Nury D., Rousset C. et Rouire J., 1969)
- **Châteaurenard** (Numéro 996 – Catzigras F., Colomb E., Durand J.-P., Gervais J., Gouvernet C., Masse J.-P., Rousset C., Triat J.-M., Truc G. et Rouire J., 1977)
- **Cavaillon** (Numéro 967 – Germain C., Liouville M., de Bouchony P., Roch E., Demarcq G. et Goguel J., 1966)
- **Brignoles** (Numéro 1022 – Mennessier G., Modret D., Thiers R., Aussedat J.-L., Caron J.-P., Durand J.-P., Ferrandini J., Guieu G., Rousset C. et Rouire J., 1979)
- **Aubagne-Marseille** (Numéro 1044 – Haug E., Lanquine A., Maury E., Denizot G., Lutaud L., Pfender J., Blanc J.-J., Bonifay E., Campredon R., Caron J.-P., Guieu G., Humbert S., Philip J., Taxy-Fabre S., Tempier C., Pérès J.-M., Picard J., Rouire J. et Guieu G., 1969)
- **Pertuis** (Numéro 995 – Arlhac P., Catzigras F., Colomb E., Gervais J., Gouvernet C., Gueirard S., Lambert C., Mercier H., Nury D., Rousset C., Tempier C., Vincent H., Weydert P. et Rouire J., 1970)
- **La Ciotat** (Numéro 1063 – Haug E., Lanquine A., Maury E., Blanc J.-J., Gouvernet C., Philip J., Tempier C., Froget C., Muschotti E. et Rouire J., 1977)

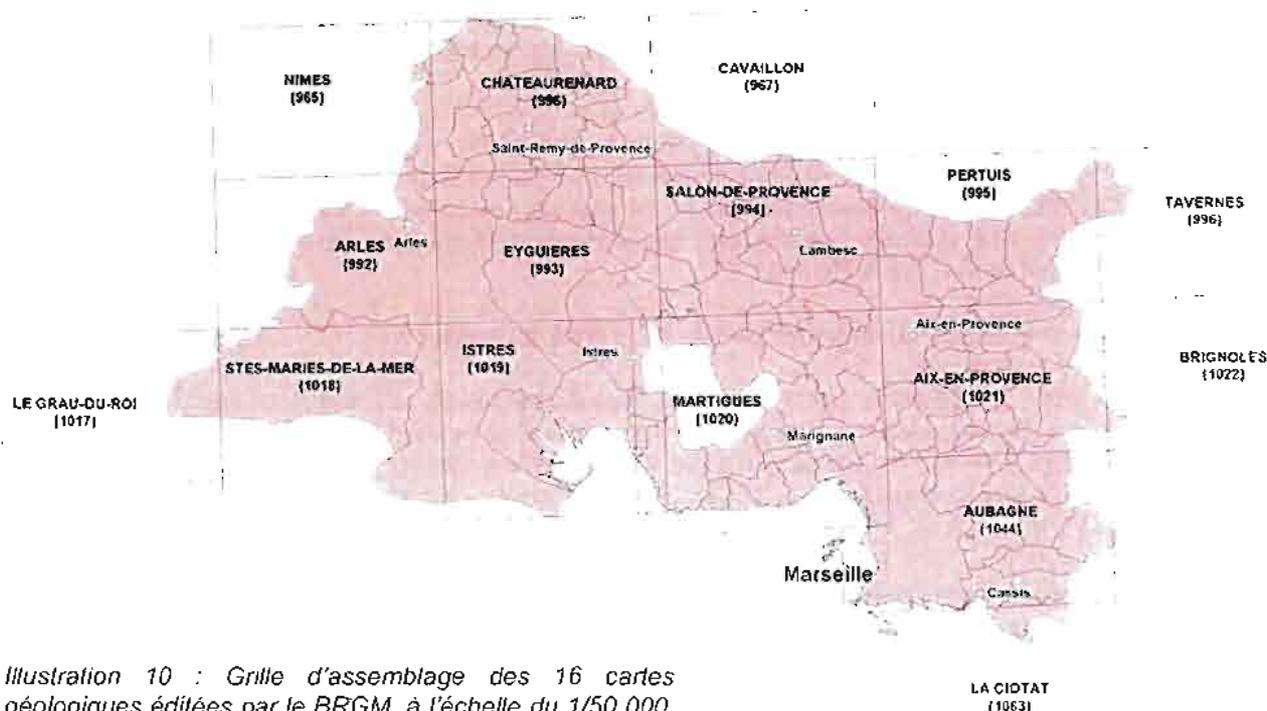


Illustration 10 : Grille d'assemblage des 16 cartes géologiques éditées par le BRGM, à l'échelle du 1/50 000, couvrant le département des Bouches-du-Rhône

4.2.2. Etablissement de la carte des formations argileuses ou marneuses du département des Bouches-du-Rhône

Sur la surface couverte par le département, ont été dénombrées plus de 200 formations géologiques cartographiées à l'échelle du 1/50 000 avant toute harmonisation.

Dans un deuxième temps, à partir de cette première carte de synthèse, a été réalisée une deuxième carte toujours à l'échelle 1/50 000, sur laquelle n'ont été prises en compte que les formations argileuses ou marneuses, qui sont au nombre de 141 (avant harmonisation). Il a également été établie une légende lithologique sommaire décrivant ces types de formations en adoptant une nomenclature lithostratigraphique.

Dans un troisième temps, à partir de cette deuxième carte brute des formations argileuses ou marneuses, a été réalisée une ultime carte d'interprétation, plus synthétique, sur laquelle certaines formations ont été regroupées dans la mesure où leur nature lithologique et donc leur comportement vis à vis du phénomène de retrait-gonflement étaient supposées semblables. On aboutit ainsi aux formations géologiques identifiées comme susceptibles de contenir des minéraux argileux gonflants. Par regroupements successifs, le nombre de ces formations (ou groupes de formations) argileuses ou marneuses prises en compte est ainsi ramené à 39. Les formations superficielles de faible épaisseur (inférieur à 1 m) reposant sur des terrains argileux manifestement très sensibles au phénomène retrait-gonflement n'ont pas été représentées : dans ce cas, il a été jugé préférable d'afficher sur la carte de synthèse la formation argileuse sous jacente.

A partir de ces critères et en prenant pour support la carte géologique à 1/50 000, chacune de ces formations géologiques globalisées a fait l'objet d'une délimitation, pour aboutir à une carte synthétique qui servira de support à l'élaboration de la carte de susceptibilité au retrait-gonflement (Illustration 11).

4.3. LITHOSTRATIGRAPHIE DES FORMATIONS ARGILEUSES OU MARNEUSES

Ce chapitre dresse un inventaire des 39 formations ou groupes de formations géologiques argileuses ou marneuses sélectionnées dans le département des Bouches-du-Rhône (Illustration 12) et caractérise leur nature lithologique.

Ces formations couvrent la quasi totalité du territoire des Bouches-du-Rhône hormis, bien évidemment, les massifs calcaires de la Sainte-Victoire, des Calanques, des Alpilles et de la Sainte-Baume.

D'un point de vue stratigraphique, elles concernent quasiment tous les étages géologiques représentés dans le département, depuis le Trias à la base jusqu'au Quaternaire.

Les formations argileuses ou marneuses sont décrites depuis les plus anciennes jusqu'aux plus récentes. Une carte géologique synthétique de ces formations est présentée en carte hors-texte à l'échelle 1/120 000.

Formations argileuses

- Alluvions à limons argileux (Quaternaire)
- Alluvions et cônes de déjection (Quaternaire)
- Marnes et argiles Quaternaires
- Colluvions (Quaternaire)
- Tourbes, limons, sables et vases (Quaternaire)
- Marnes et sables Plaisancien et poudingues du Miocène supérieur (Valensole)
- Calcarénite, calcaires, sables et argiles du Vindobonien
- Argiles calcaire d'Istres du Vindobonien
- Marnes sableuses micacées de l'Helvétien
- Sables, molasse et argile du Burdigalien
- Calcaire marneux du Burdigalien
- Conglomérats, grès et calcaires de l'Oligocène - Miocène inférieur
- Sables, calcaires, marnes et argiles de l'Oligocène - Miocène inférieur
- Formation des Milles de l'Oligocène moyen
- Calcaire de Piedautry, argiles et poudingues du Stampien
- Marnes à Microcodium de l'Éocène indifférencié
- Sables argileux et marnes de l'Éocène
- Calcaire Lutétien
- Calcaires et marnes du Thanétien - Sparnacien
- Argiles et calcaires argileux du Montien
- Argiles, grès et calcaires indifférenciés du Maestrichtien supérieur
- Argiles et grès du Maestrichtien supérieur
- Calcaire de la gare de Rognac
- Argiles, marnes et grès du Maestrichtien inférieur
- Calcaires, marnes et poudingues du Maestrichtien inférieur
- Calcaires, argiles et calcaires argileux du Valdo-fuvélien
- Marnes du Coniacien Santonien
- Marnes, grès et calcaires marneux du Turonien Cénomaniens
- Marno-calcaires, grès et sables du Crétacé Supérieur
- Calcaires et marnes noires du Gargasien
- Calcaires argileux et marneux du Bédoulien
- Marnes et calcaires argileux de l'Hauterivien supérieur (faciès Urgonien)
- Marnes à Toxaster de l'Hauterivien inférieur
- Marnes et calcaires argileux du Jurassique supérieur et Néocomien
- Calcaires argileux du Jurassique supérieur et Néocomien
- Calcaires marneux du Jurassique
- Calcaires et calcaires marneux du Toarcien et Callovo-Oxfordien
- Marnes noires et grises du Toarcien et Callovien - Oxfordien
- Cargneules, dolomies et gypse du Trias



Illustration 11 Carte synthétique interprétée des formations argileuses du maritimes sur le département des Bouches-du-Rhône

N°	Nom de la formation géologique	Age	Superficie de la formation (km²)	% de la superficie totale
39	Alluvions à limons argileux	Quaternaire	706,2	12,71
38	Argiles et limons de Néocène	Quaternaire	251,7	4,30
37	Marnes et argiles	Quaternaire	3,8	0,07
36	Diluvion	Quaternaire	499,4	8,78
35	Tourbes, limons, sables et vaseux	Quaternaire	1038,2	20,03
34	Marnes, sables et poulingues (Vivariens)	Miocène supérieur et Pliocène (Pliocène)	67,6	1,32
33	Calcaires, calcaires, sables et argiles	Miocène moyen et supérieur (Vindoborien)	13,0	0,25
32	Argiles calcareuses d'aves	Miocène moyen et supérieur (Vindoborien)	0,3	0,01
31	Marnes micacées moyennes	Miocène moyen (Fischbacher)	11,7	0,23
30	Sables, marnes et argiles	Miocène inférieur (Burdigalien)	11,4	0,22
29	Calcaire marneux	Miocène inférieur (Burdigalien)	0,6	0,01
28	Conglomérats, grès et calcaires	Oligocène et Miocène inférieur	88,4	1,68
27	Sables, calcaires, marnes et argiles	Oligocène et Miocène inférieur	36,9	0,72
26	Formation des Mées	Oligocène moyen	53,0	1,04
25	Calcaires de Padourby, argiles et poulingues	Oligocène inférieur (Stempin)	97,0	1,82
24	Marnes à Murchisonia	Éocène indifférencié	1,4	0,03
23	Sables argileux et marnes	Éocène	6,8	0,13
22	Sables	Éocène moyen (Lutétien)	30,1	0,57
21	Calcaires et marnes	Paléogène (Thanétien) et Éocène inférieur (Spartanien)	85,7	1,68
20	Argiles et calcaires argilo-sableux	Paléogène moyen (Mullien)	17,8	0,35
19	Argiles, grès et calcaires indifférenciés	Crétacé supérieur (Maestrichien supérieur)	58,5	1,15
18	Argiles et grès	Crétacé supérieur (Maestrichien supérieur)	42,4	0,83
17	Calcaires de la gare de Rognac	Crétacé supérieur (Maestrichien supérieur)	1,4	0,03
16	Argiles, marnes et grès	Crétacé supérieur (Maestrichien inférieur)	48,3	0,91
15	Calcaires, marnes et poulingues	Crétacé supérieur (Maestrichien inférieur)	43,3	0,84
14	Calcaires, argiles et calcaires argileux	Crétacé supérieur (Vaux-Salorien)	31,4	0,61
13	Marnes	Crétacé supérieur (Corasien - Santonien)	4,3	0,09
12	Marnes, grès et calcaires marneux	Crétacé supérieur (Turonien - Campanien)	9,9	0,19
11	Marno-calcaires, grès et sables	Crétacé supérieur	26,3	0,52
10	Calcaires et marnes noirs	Crétacé inférieur (Cenomanien)	13,4	0,26
9	Calcaires argileux et marneux	Crétacé inférieur (Bédoulien)	27,1	0,53
8	Marnes et calcaires argileux	Crétacé inférieur (Hauteriviens supérieur / local Argens)	137,0	2,66
7	Marnes à Touraine	Crétacé inférieur (Hauteriviens inférieur)	0,7	0,01
6	Marnes et calcaires argileux	Crétacé inférieur et Paléogène	61,5	1,21
5	Calcaires argileux	Jurassique supérieur et Néocène	82,8	1,62
4	Calcaires marneux	Jurassique inférieur (Oxfordien et Toarcien) et Cretacé inférieur - Bathonien indifférencié	29,2	0,58
3	Calcaires et calcaires marneux	Jurassique moyen et supérieur (Toarcien et Callovien - Oxfordien)	6,0	0,12
2	Marnes roses et grès	Jurassique moyen et supérieur (Toarcien et Callovien - Oxfordien)	4,9	0,09
1	Calcaires, dolomies et gypse	Trias (Rauracien)	4,8	0,09
Total formations argileuses			3 738	73%
999	Réseau hydrographique		292	6%
1000	Formations à priori non argileuses		1 078	21%
Total département			5 108	100%

Illustration 12 : Liste des formations argileuses ou marneuses des Bouches-du-Rhône

4.3.1. Cargneules, dolomies et gypse du Trias (1)

Le Trias supérieur ou Keuper est bien représenté tout autour du massif d'Allauch et à Auriol. Ce niveau est sujet à des variations d'épaisseur importantes, d'origine tectonique.

Par endroits, il est formé d'argiles et de marnes bariolées. La stratification est confuse et des amas irréguliers de cargneules s'y intercalent, tandis qu'au contact des accidents se localisent des lentilles de gypse, ayant fait l'objet d'exploitations anciennes.

À Pont-de-Joux, des passées de conglomérats à éléments anguleux, d'âges variés (jusqu'au Crétacé inférieur) sont intercalés dans le gypse.

On en retrouve des lambeaux à l'ouest de Mimet en direction de Septèmes-les-Vallons. Ce sont des niveaux argileux rouges avec des veines verdâtres entremêlés d'effilochures de gypse et emballant des blocs épars de cargneules, dolomie, voire calcaire du Trias moyen. Ce mélange de puissance indéterminable, laminé à la base des unités allochtones, a été rapporté au Keuper.

4.3.2. Marnes noires et grises du Toarcien et Callovien - Oxfordien (2)

Domérien inférieur : marnes

Cette formation, dont la puissance dépasse 140 m entre Aix et les Bonfillons, se réduit rapidement vers l'est (20 m à Guérin, à l'ouest de Claps). Elle est constituée d'alternances de marnes et de calcaires argileux gris, pyriteux.

Callovien : marnes

Le Callovien marneux affleure au nord de la Sainte-Victoire jusqu'à Aix. On peut distinguer dans cette puissante formation de marnes grises ou brunes (300 m d'épaisseur) de haut en bas :

- des marnes gris bleu,
- une alternance de marnes grises et de calcaires argileux gris, avec un banc calcaire plus dur,
- des calcaires argileux en « miches »,
- des marnes brunes pyriteuses très épaisses,
- des alternances de marnes grises et de calcaires argileux.

Oxfordien inférieur-Oxfordien s.s. : marnes gris-bleues

Ces marnes, épaisses de 75 m, affleurent au nord de la Sainte-Victoire jusqu'à Aix.

4.3.3. Calcaires et calcaires marneux du Toarcien et Callovo - Oxfordien (3)

Toarcien : calcaires marneux

A l'est d'Aix-en-Provence, le Toarcien, épais de 30 m, est représenté par des alternances de calcaires noirs à Pentacrines et de marnes noires.

Callovien et Oxfordien non différenciés : calcaires et calcaires marneux

Dans les plis du Sambuc, entre Lambruisse et les Vacons, la végétation et les cultures masquent les affleurements et ne permettent pas de distinguer l'Oxfordien du Callovien. Leur épaisseur confondue est de 150 m. L'Oxfordien est constitué de marnes grises, le Callovien d'une alternance de marnes grises et de calcaires argileux.

Dans l'Étoile et l'Aurélien, on observe des calcaires gris souvent noduleux attribués à cette formation non différenciée.

A Septèmes-les-Vallons, l'épaisseur de la formation est de 10 m avec une base calcaire moins argileuse.

4.3.4. Calcaires marneux du Jurassique (4)

Domérien-Toarcien : calcaires marneux, calcaires biodétritiques, calcaires biodétritiques clairs à chailles

Cette formation, épaisse de 15 à 25 m, est constituée de 2 à 3 m de calcaires marneux gris surmontés de calcaires biodétritiques à chailles avec des joints marneux au sommet.

Elle affleure au sud de Cadolive, au sud-est d'Auriol et dans l'extrémité occidentale du massif de la Sainte-Baume.

Bajocien et Bathonien non différenciés : calcaires marneux, calcaires phosphatés

La puissante série du Bathonien et du Bajocien supérieur (200 à 450 m) est formée par des alternances de calcaires et de calcaires argileux à délit schisteux ou en plaquettes.

Les faciès marneux sont plus marqués vers le sud du département.

La série est présente dans la Sainte-Victoire, au nord de Septèmes-les-Vallons, à l'est de l'Étoile, dans la Sainte-Baume et à Vaufrège au pied du col de la Gineste.

4.3.5. Calcaires argileux du Jurassique supérieur et Néocomien (5)

Berriasien : calcaires gris argileux noduleux, calcaires à silex et calcaires blancs

Dans le massif de l'Anellier, au sud de Mouriès, le Berriasien est représenté par un calcaire gris beige sub-lithographique, en gros bancs séparés par des joints marneux peu développés.

Dans les Alpilles, le Berriasien est constitué par des calcaires gris, en bancs épais, formant relief.

L'épaisseur de l'étage atteint une centaine de mètres.

Au nord et l'est de Pelissanne, le Berriasien présente à sa base des minces lits d'argiles jaunes ou noires.

Bien représenté dans le massif du Concors et dans le secteur de Cadarache, le Berriasien atteint 150 m d'épaisseur. Une combe de calcaire argileux sépare deux unités de calcaires gris, très légèrement argileux, sub-lithographiques se délitant en petits bancs ou plaquettes.

Valanginien : calcaire argileux

Dans les Alpilles, dans la partie sommitale du Valanginien, des calcaires argileux beige en petits bancs forment une combe. Cette formation calcaro-marneuse est épaisse d'environ 150 m.

Hauterivien inférieur : (La Montagnette) alternance rythmique marno-calcaire

Cette formation de la Montagnette est constituée de calcaires argileux en miches, bicolores. Elle se termine par des niveaux de calcaires microcristallins, quelquefois glauconieux. L'épaisseur visible est de 230 m environ.

Hauterivien supérieur : (La Montagnette) calcaires argileux et marnes calcaires en plaquettes

C'est une alternance de calcaires marneux noduleux et de marnes grises en plaquettes avec des intercalations de quelques bancs calcaires massifs et résistants.

Hauterivien moyen : alternance de calcaire et calcaire marneux

Ce sont des calcaires gris marneux en bancs bien lités. Ils sont observables au centre d'Arles.

Dans les Alpilles, l'Hauterivien moyen est représenté par des calcaires marneux plus ou moins durs d'une épaisseur de 400 m.

L'épaisseur de la formation se réduit vers l'est du département : 120 à 80 m dans la région de Lambesc avec une alternance de calcaires argileux et de calcaires en petits bancs ; 100 à 50 m à l'est de Venelles avec des faciès plus marneux se délitant en feuillets.

4.3.6. Marnes et calcaires argileux du Jurassique supérieur et Néocomien (6)

Valanginien inférieur et Berriasien : calcaires argileux et marnes verdâtres

Ces calcaires légèrement marneux, accompagnés de marnes verdâtres affleurent dans la chaîne de l'Étaque et au sud de Septèmes-les-Vallons ; leur puissance est de l'ordre de 45 à 50 m.

Valanginien : calcaires, calcaires argileux, marnes

Dans le massif de l'Anellier, le Valanginien, épais de 50 m, est représenté par des alternances de calcaires argileux et de marnes jaunâtres. Une intercalation de calcaire à entroques constitue un banc repère très constant dans tout le massif.

A l'ouest de Salon et au nord de Rognes, le Valanginien présente le même faciès avec au sommet des bancs calcaires s'altérant en « boules ». Son épaisseur est plus importante : de 150 à 200 m.

Dans le Concors, le Valanginien est représenté dans sa partie inférieure par des marnes bleues avec des intercalations de calcaires marneux à joints ondulés. La partie supérieure est constituée par des calcaires limonitisés.

Dans la région marseillaise, le Valanginien est largement représenté notamment dans :

- le massif « Marseilleveyre-Puget-Carpiagne » avec à la base 30 à 50 m de calcaires légèrement argileux ; le Valanginien supérieur (30 à 80 m) calcaire forme falaise ;
- la chaîne de l'Étoile où il peut être entièrement dolomitisé ;
- le massif d'Allauch entrecoupé de nombreux bancs de calcaire lithographique ;
- la Sainte-Baume avec à la base dans la série renversée 50 m de marno-calcaires et 50 m de calcaires biodétritiques au sommet. Dans la série normale, les bancs marno-calcaires sont plus réduits en épaisseur.

Valanginien : marnes et calcaires fins

La base du Valanginien dans les Alpilles est constituée de marnes et de calcaires argileux à pâte fine.

Hauterivien terminal : (La Montagnette) calcaires argileux à spicules de spongiaires et à rognons de silex au sommet.

Il s'agit d'un calcaire argileux à spicules qui présente une apparition de nodules siliceux vers le haut et plus de calcaire. L'épaisseur est de 80 m environ.

4.3.7. Marnes à Toxaster de l'Hauterivien inférieur (7)

Hauterivien inférieur : marnes à Toxaster

Ces marnes affleurent au sud de Martigues avec une épaisseur de 40 à 50 m.

4.3.8. Marnes et calcaires argileux de l'Hauterivien supérieur (faciès Urganien) (8)

Hauterivien supérieur : marno-calcaires

Cette formation marno-calcaire, très peu étendue, affleure au sud de Martigues. Son épaisseur est de 20 m.

Hauterivien supérieur : calcaires à intercalations marneuses

Dans les Alpilles, des calcaires gris et roux à intercalations marneuses sont présents vers le sommet de l'Hauterivien supérieur. Leur épaisseur est de 200 m environ.

Hauterivien supérieur : calcaires à silex, alternance de calcaires et de calcaire argileux

Dans les Alpilles, cette formation surmonte la précédente et représente le dernier terme de l'Hauterivien supérieur. Elle débute à la base par des marno-calcaires et des calcaires. Au-dessus vient une barre (10 à 15 m) de calcaires à silex. Enfin, l'Hauterivien se termine par une vingtaine de mètres de calcaires noduleux argileux.

A l'est de Salon-de-Provence, l'Hauterivien supérieur débute par un calcaire biodétritique glauconieux. Au-dessus viennent des calcaires et des marno-calcaires en miches alternant avec de minces lits marneux, puis des calcaires en gros bancs (1^{er} niveau calcaire) localement séparés par des joints plans argileux. La série se termine par des calcaires compacts microcristallins (2^{ème} niveau calcaire) Les deux niveaux calcaires sont séparés, dans le massif de Vernègues, le chaînon des Costes, et le chaînon de la Fare, par des calcaires noduleux en petit bancs d'apparence marneuse déterminant dans la topographie une combe. L'épaisseur totale de la formation est de 400 à 500 m.

Dans le massif de Beaumont, ce sont des calcaires bien stratifiés, dont l'épaisseur atteint 200 m. Le sommet plus massif contient des silex.

Dans le pli de Mirabeau, le Concors et la région de Jouques, ce sont des calcaires en dalles, plus ou moins argileux. L'épaisseur diminue dans le sud du Concors à moins de 100 m.

Sur la bordure orientale de la chaîne des Costes, près du Puy-Sainte-Réparate, l'Hauterivien se termine par des calcaires sublithographiques, avec des rognons de silex. Ces calcaires reposent sur une série marno-calcaire, à la base de laquelle se trouve un banc de calcaire glauconieux à débris. La puissance est de 300 m environ.

Hauterivien : calcaires à faciès urgonien (partie supérieure), marnes et calcaires argileux (partie inférieure)

Les faciès de l'Hauterivien sont très variés selon les secteurs. : calcaires, calcaires marneux, marnes calcaires, calcaires noduleux, lits de silex.

A l'est de Venelles comme dans le chaînon de la Fare-Lançon il est constitué d'une unité calcaire comprise entre deux unités calcaro-argileuses. Son épaisseur peut atteindre 400 m.

On l'observe également dans le massif « Marseillevyre-Puget-Carpiagne », le massif de l'Étoile, la massif de Notre-Dame de la Garde, le massif d'Allauch et le massif de la Sainte-Baume.

4.3.9. Calcaires argileux et marneux du Bédoulien (9)

Aptien inférieur (Bédoulien) : calcaires et calcaires marneux siliceux ou à silex

La coupe type de la Bédoule débute par une vingtaine de mètres de calcaires marneux, puis viennent 15 m de calcaires gris plus ou moins siliceux à silex noirs. La partie supérieure montre une quarantaine de mètres de marnes pyriteuses bleutées. La partie sommitale comprend des bancs calcaro-marneux épais et des marnes compactes (10 m).

Dans le chaînon de la Fare-Lançon, le Bédoulien comprend à la base des calcaires argileux et des calcaires à silex (épaisseur 10 à 15 m) et au sommet des calcaires à rudistes (épaisseur 50 à 60 m).

Dans le chaînon de la Nerthe, il est constitué presque exclusivement de calcaires argileux contenant de nombreux silex (épaisseur 40 à 50 m).

Le Bédoulien existe sur le front de chevauchement de l'Étoile. Les faciès sont nombreux : calcarénites glauconieuses, marno-calcaires, calcaires siliceux. Les couches, très disloquées, ne montrent pas de succession complète.

Au sud-est du département, on rencontre le Bédoulien à Luminy, au nord et à l'est de Marseille, à l'est d'Allauch, dans la Sainte-Baume et dans le massif de Notre-Dame de la Garde.

Le Bédoulien a un faciès essentiellement siliceux et glauconieux dans le ravin de Saint-Pons à Gémenos, dans la bordure plissée du massif d'Allauch, dans le massif de la Salette, dans la région de Pichauris ainsi que sur la bordure septentrionale de l'Étoile et d'une partie de la Nerthe.

Aptien inférieur (Bédoulien) : calcaires argileux et calcaires à silex

Très fossilifère, ce calcaire présente néanmoins des niveaux argileux.

4.3.10. Calcaires et marnes noires du Gargasien (10)

Aptien supérieur (Gargasien) : marnes grises à céphalopodes, calcaires glauconieux, calcaires siliceux

Dans la chaîne de l'Étaque, le Gargasien présente le faciès classique des marnes grises à Céphalopodes. Affleurant mal, ou impliqué dans des déformations tectoniques, son épaisseur est difficile à évaluer (entre 80 et 100 m). Au sommet peuvent apparaître des calcaires argileux glauconieux.

Le Gargasien existe aussi sur les bords des unités allochtones de l'Étoile et de Peypin avec à la base, des calcaires très siliceux et aux sommet des marnes et des calcaires noirâtres.

Dans la région de la Bédoule, ce sont des marnes bleutées à quelques bancs minces de calcaire marneux. Au sud de Cuges et dans les environs de Cassis, ces marnes sont profondément ravinées.

Dans le ravin de Saint-Pons sous le Bédoulien renversé, le Gargasien est représenté par 70 m de marno-calcaires siliceux et glauconieux gris, surmontés par une trentaine de mètres de calcaires siliceux.

Dans la bordure méridionale du massif d'Allauch affleurent des marno-calcaires siliceux et glauconieux et des calcaires marneux pyriteux.

Albien : marnes noires

Ce sont des marnes noires, avec à la base soit des calcaires grésoglaucieux soit des marnes sableuses. La puissance, très variable, atteint 50 m au maximum.

A Luminy (sud-est de Marseille), un gisement de calcaires marneux est conservé à la faveur de l'affaissement du massif de Marseilleveyre contre celui du Puget, le long de la faille de Sainte-Croix.

4.3.11. Marno-calcaires, grès et sables du Crétacé supérieur (11)

Cénomaniens : calcarénites, marno-calcaires, grès et sables, calcaires à rudistes sur Martigues

La partie inférieure du Cénomaniens montre des alternances de couches marno-calcaires, gréseuses et sableuses. Au-dessus ce sont des calcarénites compactes. L'ensemble atteint une trentaine de mètres d'épaisseur.

Dans la région de Martigues, seul le Cénomaniens supérieur est représenté avec, de bas en haut, des sables et des grès à *Praealveolina* et des calcaires à Rudistes.

Turonien indifférencié : marnes et grès

Coniacien-Santonien non différenciés : calcaires noduleux et calcaires marneux, calcaires à rudistes

Sur la bordure nord de la Nerthe (Ouest de la Mède), cette formation est représentée par des calcaires noduleux et des calcaires marneux, localement sableux à intercalations de filons ligniteux, assez pauvres en rudistes. Son épaisseur traversée en sondage est de 75 m.

Coniacien : grès, marnes sableuses, calcaires à entroques, calcaires à rudistes

Santonien : grès et marnes sableuses

Santonien : marnes et calcaires à rudistes, grès

A l'est de Coudoux, le Santonien débute par des calcaires grossiers, rognoneux à rudistes, surmontés par des calcaires compacts et des marnes sableuses. La série se complète par des marnes sableuses à huîtres, puis par des calcaires gréseux.

Dans le chaînon de la Fare, le Santonien est représenté par des calcaires à rudistes. On note au sommet de la série quelques passées gréseuses lenticulaires, des marnes sableuses et des calcaires ferrugineux.

Dans la région située au sud de Martigues, le Santonien est également représenté par des calcaires à rudistes (100 m d'épaisseur). Il se termine par des marnes (70 m).

Dans le synclinal de Méjean-La Redonne, le Santonien montre une cinquantaine de mètres de marnes sableuses avec des intercalations calcaires.

Au nord d'Auriol, les calcaires à rudistes sont surmontés de calcaires argileux.

4.3.12. Marnes, grès et calcaires marneux du Turonien-Cénomaniens (12)

Cénomaniens : marnes et grès

Dans la région de Cassis, le Cénomaniens est représenté par des grès ferrugineux et des marnes sableuses (Cénomaniens supérieur).

La bordure septentrionale du synclinal du Beausset montre des formations saumâtres ou lagunaires : marnes, calcaires marneux, argillites sableuses et ligniteuses.

Le Cénomaniens marneux se rencontre également au nord et au sud d'Aubagne.

Turonien inférieur : marnes gréseuses, marnes bleues, calcaires marneux

Les marnes bleues pyriteuses et les calcaires marneux du Turonien inférieur sont bien développés dans la région de Cassis. Dans la région du Camp, les formations passent à des calcaires gréseux et des argillites charbonneuses.

Turonien supérieur : calcaires marneux, marnes gréseuses, marnes et sables ligniteux.

Dans la région de Martigues, le Turonien supérieur présente à la base une vingtaine de mètres de grès et de sables jaunes, dans lesquels s'intercalent des horizons ligniteux.

4.3.13. Marnes du Coniacien-Santonien (13)

Coniacien : marnes de Ceyreste

La formation des « marnes de Ceyreste », épaisse d'une cinquantaine de mètres, est constituée de marnes bleutées, glauconieuses et de calcaires argileux.

Santonien : intercalations marneuses

Entre Ceyreste et Saint-Cyr-sur-Mer, le Santonien est constitué par des formations marneuses calcaires très sableuses ou marno-gréseuses épaisses d'une centaine de mètres.

4.3.14. Calcaires, argiles et calcaires argileux du Valdo-Fuvélien (14)

Campanien inférieur (Valdonnien) : argiles, grès, calcaires

Le Valdonnien, comme le Fuvélien qui le surmonte, affleure dans le bassin de l'Arc en larges auréoles concentriques autour du massif du Regagnas et en étroites bandes à la périphérie du bassin : au nord-est du Cengle, au pied de la Sainte-Victoire et au sud d'une ligne Cadolive, Mimet, Simiane-Collongue. Le Valdonnien comporte, à la base, des argiles rougeâtres à lentilles gréseuses, puis des marnes grises ou blanches et des calcaires à characées en petits lits ou en gros bancs avec localement des pisolithes. La puissance est de 70 m.

Des horizons fluviatiles argilo-gréseux, associés à quelques calcaires argileux, sont visibles sur la bordure nord du bassin de l'Arc, à l'est de Coudoux vers les Courgoulons.

Aux Martigues sont considérés comme valdonniens des calcaires argileux et des marnes, avec quelques bancs gréseux et une couche principale de lignite de 3,65 m d'épaisseur dont 2,05 m de charbon.

La puissance du Valdonnien dans ce secteur est de l'ordre de 80 m. Vers Port-de-Bouc, elle dépasserait 100 m.

Campanien supérieur (Fuvélien) : calcaires argileux et marnes

Son extension géographique est identique à celle du Valdonnien.

Cet étage est représenté par des calcaires gris à characées, en plaquettes ou en gros bancs, parfois un peu argileux, utilisés autrefois comme pierre à ciment.

On constate vers l'est, dans la région de Peynier et de Trets, d'importantes variations de faciès rendant imprécise la distinction entre Valdonnien et Fuvélien. L'épaisseur normale de l'étage est de 200 m, mais peut atteindre 300 m dans le lambeau de Gardanne. Elle se réduit à 150 m vers l'est, et tombe même à 20 m au nord-est, vers Pourrières.

Le Fuvélien contient plusieurs couches de charbon (ravettes) dont les plus épaisses (ou mines) ont fait l'objet d'exploitation dans le passé dans le bassin de l'Arc. La couche principale appelée « Grande Mine » a été exploitée industriellement encore très récemment à Gardanne.

Campanien : calcaires noirs riches en Corbicules et Unios, marnes, argillites ligniteuses, argiles gréseuses

Hors du bassin de l'Arc, un Campanien indifférencié, constitué de calcaires, calcaires argileux et de marnes à smectites, se retrouve sur les bordures nord et sud des Alpilles avec une épaisseur comprise entre 100 et 150 m.

Dans les massifs de la Sainte-Baume et d'Allauch, le faciès valdo-fuvélien est représenté par des calcaires noirs alternants avec des argillites ligniteuses. Son épaisseur est très réduite : 20 m.

4.3.15. Calcaires, marnes et poudingues du Maestrichtien inférieur (15)

Maestrichtien inférieur (Bégudien) : poudingues et marnes

Sur la bordure du synclinal de l'Arc, des poudingues à ciment mameux blanchâtre à smectite et localement attapulгите affleurent vers Plan-de-Campagne et se retrouvent, au sud-ouest des Pennes-Mirabeau, jusqu'auprès de l'étang de Berre, accompagnés localement d'argiles calcaires rouges. Au sud de la Malle, ils apparaissent localement en discordance sur la brèche des Cadeneaux.

Maestrichtien inférieur (Bégudien) : calcaires, marnes et poudingues

Au voisinage de la Sainte-Victoire, le Bégudien prend un faciès conglomératique (150 m d'épaisseur).

Les niveaux bégudiens conglomératiques affleurent dans la bordure orientale du massif d'Allauch, dans la région d'Auriol et dans le massif de la Sainte-Baume.

Dans le synclinal de Maussanne, ce sont des alternances de calcaires lacustres en petits bancs et d'argillites carbonatées riches en montmorillonite (nord-est du massif de l'Anellier) avec des niveaux de grès et de conglomérats.

Le Bégudien est représenté sur le flanc nord des Alpilles par deux ou trois niveaux calcaires, noduleux ou argileux, intercalés dans des marnes grises ou jaunes, à

smectites dominantes. Dans le synclinal des Baux, la puissance du Bégudien paraît varier entre 100 et 150 m.

Entre Rognac et Ventabren, un ensemble de niveaux calcaires (15 m) s'intercale (bancs calcaires, marnes ou argiles calcaires) dans les argiles bégudiennes. L'épaisseur du Bégudien serait d'au moins 500 m.

Maestrichtien inférieur (Bégudien) : marnes à lentilles de grès

Au nord de Martigues, des marnes et argiles du Bégudien alternent avec des barres lenticulaires de poudingues ou de grès sur au moins 400 m d'épaisseur.

Maestrichtien inférieur (Bégudien) : marnes à lentilles de poudingues

4.3.16. Argiles, marnes et grès du Maestrichtien inférieur (16)

Maestrichtien inférieur (Bégudien) : argiles et grès

Les argiles bégudiennes affleurent également entre Rognac et Ventabren. Généralement peu calcaires, presque exclusivement à smectites, elles renferment quelques lentilles de grès.

Maestrichtien inférieur (Bégudien) : argiles et marnes

Dans le bassin de l'Arc, les argiles et marnes rouges (300 m d'épaisseur), avec des lentilles de grès irrégulièrement réparties, passent sans limite nette au Rognacien vers l'est. En revanche, dans la partie centrale du bassin se développent des formations calcaires.

4.3.17. Calcaire de la Gare de Rognac (17)

Il s'agit d'un calcaire lacustre, épais de quelques mètres, avec des intercalations de marnes, à cristaux de gypse centimétriques. Il forme au nord de Rognac une cuesta se prolongeant en contrebas des villages de Velaux et de Ventabren.

4.3.18. Argiles et grès du Maestrichtien supérieur (Rognacien) (18)

Le Rognacien inférieur, représenté par des marnes rouges ou marmorisées à smectite, avec lentilles gréseuses, est visible de Serraillet à Orgon. Dans le synclinal des Baux, la puissance du Rognacien inférieur dépasse 250 m.

Des argilites gréseuses rouges gisent sous la barre calcaire rognacienne ployée dans le synclinal de Maussane et son prolongement du Grand Barbegal.

Les marnes sableuses blanchâtres ou versicolores surmontées par des calcaires lacustres qui affleurent sur le revers nord du Mont des Cordes, ont aussi été rapportées au Rognacien.

En bordure ouest du plateau de l'Arbois, les argiles calcaires et les marnes rouges à smectites et lentilles gréseuses du Rognacien atteignent une centaine de mètres d'épaisseur.

Les argiles et grès inférieurs à reptiles du Rognacien affleurent largement dans le bassin de l'Arc. Vers l'est, à partir de Trets, étant donnée la convergence de faciès, la limite Bégudien-Rognacien devient imprécise dans la série monotone des argiles rouges à lentilles gréseuses. L'épaisseur des argiles du Rognacien est importante, de 250 à 300 m d'épaisseur.

4.3.19. Argiles, grès et calcaires indifférenciés du Maestrichtien supérieur (Rognacien) (19)

Maestrichtien supérieur (Rognacien) : bancs de calcaires lacustres

Les calcaires rognaciens forment une barre capricieusement ployée dans le synclinal de Maussane et son prolongement du Grand Barbegal.

Les calcaires rognaciens affleurent également sur le flanc nord des Alpilles avec une épaisseur de 20 m, depuis Seraillet, au Sud-Est de Saint-Rémy jusqu'à Eygalières, puis fournissent jusqu'à Orgon des reliefs discontinus. Dans le synclinal des Baux leur épaisseur atteint 40 m.

Plus à l'est, on relève de nombreux affleurements en bordure de la chaîne des Costes, ou à l'intérieur de celle-ci. Dans le massif de Pécoule, la Cabre, les Lanciers, au nord-ouest d'Alleins, le Rognacien calcaire couronne des reliefs à soubassement urgonien. Il s'agit de calcaire compact, sublithographique de 20 m environ d'épaisseur.

A l'est du Concors, le Rognacien supérieur est constitué dans son tiers inférieur par des calcaires marneux en bancs moyens et dans les deux tiers supérieurs d'un calcaire cristallin, fin et gris. L'ensemble dépasse 250 m de puissance.

Sur la bordure méridionale du bassin de l'Arc, près des Pennes-Mirabeau, la puissance du calcaire de Rognac dépasse 50 m. Plus à l'est en direction du Plan-de-Campagne l'épaisseur totale se réduit à quelques mètres.

Dans la moitié orientale du bassin de l'Arc, les calcaires de Rognac (30 m) commencent souvent par des marnes grises ligniteuses. Des intercalations d'argile rouge se développent vers l'est, surtout à partir de Rousset.

Maestrichtien supérieur (Rognacien) : argiles et grès à lentilles calcaires

Entre Saint-Rémy et Eygalières, au sud de Viret, des marnes roses à smectites et attapulгите ont été distinguées sur le calcaire rognacien et sous un niveau attribué au Vitrollien.

Entre l'étang de Berre et le plateau de l'Arbois, des argiles calcaires et des marnes rouges à smectites dominantes atteignent 50 m d'épaisseur. Elles renferment des

lentilles de grès et de poudingues fluviatiles et localement en abondance de grosses pisolithes.

Dans la moitié orientale du bassin de l'Arc, l'épaisseur des argiles et grès supérieurs à reptiles du Rognacien atteint une centaine de mètres.

Maestrichtien supérieur (Rognacien) : argiles, grès, calcaires indifférenciés

Au nord et à l'est du plateau du Cengle, au pied de la Sainte-Victoire, les argiles inférieures et supérieures du Rognacien n'ont pas été distinguées. Leur épaisseur cumulée est de l'ordre de 100 à 200 m.

4.3.20. Argiles et calcaires argileux du Montien (20)

Montien : argiles calcaires, marnes, calcaires argileux rouges et marmorisés

En bordure occidentale du plateau de l'Arbois, la partie supérieure du Montien est constituée par des argiles calcaires, des marnes et des calcaires argileux à illite et smectite, épais de plus de 50 m au sud-est de Vitrolles.

Autour du plateau du Cengle, le Montien présente au sommet des argiles et des marnes rouges généralement kaolino-illitiques (100 m d'épaisseur).

Montien (Vitrollien) : argilites carbonatées et argilites gréseuses

Au sud des Alpilles, des argilites carbonatées et des argilites gréseuses représente la base de l'Éocène. Près des Baux, des argilites rouges reposant sur la barre du Calcaire de Rognac, sont également attribuées au Vitrollien.

A l'est du Concors, le Montien est représenté par une série d'argilites lie-de-vin, puissante de 50 m.

4.3.21. Calcaires et marnes du Thanétien - Sparnacien (21)

Thanétien : calcaires argileux, marnes, argiles calcaires rouges ou bariolées, calcaire silicifié au nord-est du département

En continuité avec le Montien, le Thanétien se rencontre dans les mêmes secteurs géographiques.

A l'ouest du plateau de l'Arbois, des calcaires argileux, des marnes, et des argiles calcaires rouges alternent sur une cinquantaine de mètres.

Dans le bassin de l'Arc, la partie supérieure du Thanétien est formée d'argiles et de marnes rouges (sur 100 m d'épaisseur)

A l'est du Concors, le Thanétien est représenté par des argiles rouges, épaisses d'une centaine de mètres.

Thanétien : calcaire du Réaltort ; calcaires et marnes à characées

Constituant le plateau de l'Arbois, la partie supérieure du Thanétien comprend les calcaires et les marnes du Réaltort et du Grand Arbois. Cet ensemble atteint plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur dans les gorges de l'Arc à Roquefavour.

Sparnacien : calcaires et marnes lacustres

Ce sont des calcaires et des marnes qui forment le plateau du petit Arbois, à l'est du bassin de décantation du Réaltort, et les collines au sud de Calas. L'ensemble atteint 50 m d'épaisseur.

Dans le bassin de l'Arc, le sommet du Sparnacien est constitué d'argiles rouges (40 m)

4.3.22. Calcaire Lutétien (22)

Lutétien : calcaires lacustres blancs ou gris à characées

Les calcaires blancs lutétiens d'Eygalières dessinent une cuesta presque continue dans le paysage depuis Orgon (Mont Sauvy) jusqu'au village d'Eygalières. Leur épaisseur est très faible à l'est de Saint-Rémy puis augmente régulièrement jusqu'à Orgon (30 m). Au nord-ouest d'Eygalières, une barre de calcaire à silex (15 m) surmonte des calcaires argileux (5 m).

Les calcaires blancs lutétiens se retrouvent au nord de Mouriès avec des faciès très variables.

Au sud d'Aix-en-Provence, le Lutétien présente trois niveaux :

- au sommet, le calcaire de la butte de Cuques (60 m), blanc ou gris ;
- la partie moyenne est formée par les calcaires de Montaiquet (60 m), de teinte grise ou brunâtre, avec quelques lits marneux et ligniteux ;
- à la base, les calcaires de Langesse (40 m) séparés des précédents par des lentilles d'argile ligniteuse.

4.3.23. Sables argileux et marnes de l'Éocène (23)

Éocène inférieur : sables argileux bariolés

Sur la butte de Mallemort, des sables argileux bariolés sont intercalés entre le Rognacien et les calcaires lutétiens à silex. Leur épaisseur est de 25 m.

Bartonien : marnes bariolées, calcaires blancs à silex

Au sud de Plan d'Orgon, affleurent des marnes rougeâtres marmorisées bartoniennes à attapulgite et des calcaires noduleux (épaisseur 50 m).

4.3.24. Marnes à *Microcodium* de l'Éocène indifférencié (24)

Cette formation qui affleure au sud-ouest de Plan-d'Orgon, est constituée à la base de marnes rouges à smectites et kaolinite alternant avec des calcaires à *Microcodium* en bancs épais. Son épaisseur est de 20 à 25 m.

4.3.25. Calcaire de Piedautry, argiles et poudingues du Stampien (25)

Oligocène inférieur : calcaires lacustres blancs, localement marnes, argiles et grès verts

Une puissante formation de calcaires lacustres, tendres blanchâtres à texture crayeuse et à intercalations de marnes blanches, comble en grande partie un graben, au sud-ouest de la Roque-d'Antheron, à l'extrémité de la chaîne des Costes. Son épaisseur est estimée à une centaine de mètres.

Au sud du département, les calcaires oligocènes sont représentés par :

- le calcaire de Saint-Pons (10 m d'épaisseur) : calcaire blanc, d'aspect crayeux ;
- les calcaires de l'Éstaque : calcaires en petits bancs pouvant se débiter en minces feuilletés avec fréquentes intercalations d'argile verte et de grès ; ces calcaires se rencontrent sur le pourtour du bassin de Marseille et de l'Huveaune ; leur puissance est au minimum de 50 m.
- les marnes et les calcaires de Saint-Pierre (100 m), dans le massif de la Nerthe : calcaire en bancs épais (20 cm), très purs, calcaires en plaquettes plus ou moins feuilletés, calcaires marneux, marnes roses et vertes avec présence de gypse à Saint-Pierre en bancs épais (1 m).

Oligocène inférieur (Stampien) : argiles et poudingues, lentilles calcaires, brèches de base

Ce sont des formations détritiques très variées accumulées sur de très grandes puissances (environ 1000 m) dans le bassin de Marseille, moins épaisses dans la vallée de l'Huveaune.

En dehors de la banlieue nord de Marseille (argile de Saint-Henri, de Saint-André), on observe surtout une formation argilo-gréseuse et conglomératique au sein de laquelle les variations latérales et verticales de faciès sont très rapides.

Oligocène inférieur (Stampien) : calcaire de Piedautry (calcaire tendre avec marnes et argiles)

Cette formation, constituée d'alternance de calcaires et de marnes grises, affleure à l'ouest d'Allauch.

4.3.26. Formation des Milles de l'Oligocène moyen (26)

La formation des Milles est constituée essentiellement d'argiles rouges, renfermant des bancs gréseux et des lentilles conglomératiques. Dans le secteur de Rognes, son épaisseur est de 100 m. Elle constitue le soubassement de la Trévaresse.

Dans le bassin d'Aix, elle recèle 5 niveaux d'argiles plus ou moins sableuses à passées conglomératiques alternant avec 5 niveaux de conglomérats à ciment argilo-sableux.

La fraction argileuse montre un enrichissement en illite (traces jusqu'à 60 %) aux dépens de la montmorillonite de la base vers le sommet cumulée à un enrichissement en chlorite (10 à 20 %). Sa puissance est de 250 à 300 m.

4.3.27. Sables, calcaires, marnes et argiles de l'Oligocène - Miocène inférieur (27)

Oligocène moyen : calcaires en plaquettes et marnes à gypse

Une série de calcaires compacts et de niveaux marneux couronne les buttes au nord de la chaîne de la Trévaresse.

Au nord d'Aix, les calcaires en plaquettes alternent avec des marnes à gypse (80 à 100 m d'épaisseur). Les calcaires présentent parfois des niveaux finement lités et souvent même feuilletés.

Oligocène moyen : sables siliceux (des Figons)

Le Sable des Figons, plus ou moins continu, affleure notamment dans le village d'Eguilles au nord d'Aix.

Il s'agit d'un niveau de sables fins siliceux et argileux, brun jaunâtre. Sa puissance moyenne est de 4 à 10 m.

Oligocène supérieur : grès, conglomérat, marnes et argiles du Bassin de Marseille

Dans la partie nord-ouest du bassin de Marseille, la séquence argileuse est exploitée en carrières. Vers Marseille, ces formations passent latéralement et verticalement à des sables marneux, marnes sableuses, grès à galets épars et conglomérats, faciès qui se généralise vers le sud et le sud-est.

Aquitanién supérieur : formation du Cap de Nantes, marnes et calcaires

Cette formation, épaisse de 22 m, comprend :

- à la base, des marnes, des sables, des sables argileux, recouverts par des marnes grises à débris ligniteux, puis par des calcaires gréseux fossilifères ;

- dans la partie moyenne, des niveaux lenticulaires à polypiers intercalés dans des marnes sableuses
- au sommet, des calcaires à foraminifères et polypiers. Cet ensemble est raviné par un niveau de conglomérat à éléments calcaires marquant le toit de la formation du cap de Nautes.

Aquitaniens supérieurs : formation saumâtre de Rousset, marnes et sables

Cette formation, épaisse de 10 m, comprend :

- à la base, des sables fluviatiles, des marnes sableuses grises, et un niveau à stromatolite intercalé ;
- au sommet un calcaire fin à ostracodes.

Aquitaniens supérieurs : formation de Sausset, sables, marnes et calcaires

Cette formation, épaisse de 25 m, comprend :

- à la base, une lumachelle rose à turitelles, et une calcarénite fine reposant sur des marnes bleues et grises,
- au sommet, une calcarénite à débris d'échinodermes avec des passées microconglomératiques, recouvrant des marnes bleues et des sables.

4.3.28. Conglomérats, grès et calcaires de l'Oligocène - Miocène inférieur (28)

Oligocène moyen : calcaires lacustres (d'Eguilles, de la Trévaresse)

Entre Lambesc et Aix, ils constituent les entablements du chaînon de la Trévaresse et le soubassement de la dépression synclinale du Grand Saint-Jean et de Puyricard.

Le calcaire de la Trévaresse est épais de 25 m environ ; le calcaire d'Eguilles qui comprend quelques intercalations marneuses est épais d'une trentaine de mètres.

Oligocène supérieur : formation du Rouet

Cette formation, très peu étendue, à l'est de Carry-le-Rouet, montre une alternance de poudingues ravinant des bancs de grès surmontée d'une séquence formée de lentilles conglomératiques réparties dans des séries marno-sableuses rubéfiées.

Formations remaniées (Trias à Oligocène)

Dans la vallée de l'Huveaune, en amont du Pont-de-l'Étoile et jusqu'à Saint-Zacharie une formation remaniée, puissante et très composite atteint une trentaine de mètres d'épaisseur au nord-est de Roquevaire.

Il s'agit d'un mélange très hétérométrique de blocs de calcaires du Muschelkalk, de cargneules de Keuper, emballés par de l'argile jaune ou rouge, mais renfermant aussi des calcaires jurassiques et crétacés, des passées de sables, des quartzites, et des phanites.

Tertiaire indéterminé (post-Oligocène) : conglomérat de Saint-Julien

Cette formation conglomératique se développe largement sur le versant nord du bassin de Saint-Pierre et de Saint-Julien-lès-Martigues. Sa puissance, de 80 m environ au nord de Saint-Julien, diminue rapidement vers l'ouest par érosion.

Tertiaire indéterminé (post-Oligocène) : brèches du Cap de la Vierge

Cette brèche à ciment argilo-sableux rouge, forme l'entablement du cap de la Vierge. L'épaisseur visible est de 20 m.

Aquitainien supérieur : formation de Carry, marnes et calcaires

Cette formation, épaisse de 10 m, comprend :

- à la base, une calcarénite à bryozoaires et un calcaire roux à turitelles,
- dans la partie moyenne, une masse récifale à polypiers,
- au sommet, une calcarénite grossière rose et un grès calcaire, un hard-ground marque le toit de la formation.

4.3.29. Calcaire marneux du Burdigalien (29)

Burdigalien : cailloutis de base des calcarénites blanches

Le versant sud des Alpilles, à l'ouest du vallon des Baux montre des affleurements quasi continus de calcaires blancs burdigaliens (Pierre de Fontvieille). A la base, et localement, on rencontre soit des lentilles et de cailloutis à petits galets quartzeux et à enduits glauconieux, soit des horizons à lithotamniés en boules.

Burdigalien : calcaires marneux

Dans la Montagnette, des calcaires fins friables du Burdigalien sont intercalés de petits lits marneux.

4.3.30. Sables, molasse et argile du Burdigalien (30)

Burdigalien : argile calcaire grise

Dans la zone de Saint-Mitre, le Burdigalien argileux est représenté par une formation de marnes sableuses grises (15 m d'épaisseur) qui montre vers le haut de petits bancs de grès calcaires fins intercalés.

Au cap Couronne, la formation, dite des Tamaris, (10 à 15 m d'épaisseur) est à dominante argileuse ; elle présente à la base et au sommet, des intercalations de petits bancs de calcaires argileux. Dans la partie médiane, s'observe un niveau de calcaire à débris coquilliers.

Burdigalien : sables verts gris à galets surmontés de molasses coquillières

Au nord de Salon, la calcarénite burdigalienne repose sur des sables verts ou gris, plus ou moins grossiers, parfois argileux avec des galets souvent à patine verte.

4.3.31. Marnes sableuses micacées de l'Helvétien (31)

Dans la région de Salon-de-Provence, ainsi que dans le massif de Vernègues, les calcarénites de l'Helvétien présentent des formations marneuses avec de haut en bas :

- des marnes sableuses alternant avec des grès calcaires glauconieux (6 à 17 m d'épaisseur),
- des marnes micacées à dépôts de type varves (25 à 35 m d'épaisseur),
- sous une molasse et des grès (8 à 10 m), au sud de Salon-de-Provence, on note, au sommet des marnes sableuses micacées, de fines intercalations de marnes gris-beige et de sables fins peu cohérents. Les sables se consolident localement pour donner des intercalations lenticulaires de grès très dur. L'épaisseur totale est de 7 à 8 m,
- de nouveau sous une épaisse molasse vacuolaire (20 à 35 m) qui affleure largement sur le plateau de Vernègues, des sables argileux micacés jaunes (12 à 25 m).

4.3.32. Argile calcaire d'Istres du Vindobonten (32)

Vindobonien : argile calcaire d'Istres, bleue et jaune, coquillière

A Istres, l'Helvétien débute, à la base, par 15 m d'argiles calcaires bleues, finement zonées, altérées en jaune à la partie supérieure.

Ces argiles ont été exploitées entre les étangs d'Engrenier et de l'Estomac.

4.3.33. Calcarénite, calcaires, sables et argiles du Vindobonien (33)

Vindobonien indifférencié : Calcaires et marnes sableuses

Il s'agit, sous le Quaternaire de la Petite-Crau de Saint-Rémy, d'une formation présentant le faciès monotone caractéristique des assises vindoboniennes : marnes sableuses gris verdâtre, alternant avec des niveaux sableux, glauconieux plus ou moins consolidés.

Vindobonien : sables et grès du Castellan, verts surmontés de grès calcaires grossiers

On distingue dans cet ensemble :

- à la partie inférieure, 16 m de grès et de sables verts, fins, avec deux bancs de calcarénites intercalés à la base et au sommet,
- à la partie supérieure, 9 m de grès calcaires grossiers reposant sur 1 m d'argile calcaire jaune.

Vindobonien : argile calcaire bleue, grès calcaires, calcarénites

A l'est de Saint-Etienne-du-Grès et au nord-est de Fontvieille, affleurent les argiles calcaires et les marnes micacées bleues du Vindobonien.

Les marnes sont sableuses au sud d'Aureille et présentent localement (collines de Miramas) des intercalations de grès calcaires. On peut penser que ces marnes forment le substratum de l'étang d'Entressen. Leur épaisseur est d'une vingtaine de mètres.

L'argile calcaire de Saint-Chamas présente au sommet des sables glauconieux. Son épaisseur est de 30 m environ.

Les marnes bleues de Bayanne et de Saint-Chamas sont des argiles calcaires micacées grises, avec, dans la partie supérieure, des intercalations de bancs de biocalcirudites roussâtres. L'épaisseur est de 30 m vers Bayanne et de 50 m vers Saint-Chamas.

D'un point de vue cartographique, les marnes de Saint-Chamas n'ont pas toujours pu être distinguées de la calcarénite rousse de Saint-Chamas (7 m).

4.3.34. Marnes et sables Plaisancien et poudingues du Miocène supérieur (Valensole) (34)

Tortonien marin : molasses, sables molassiques, poudingues et marnes

Dans le bassin de Puyricard, le Tortonien est couronné par un calcaire lacustre. Au-dessous, des sables molassiques passent à des argiles bleues. L'épaisseur totale est de 20 m. Dans le golfe de Jouques, les faciès sont variés, allant de la calcarénite au sable.

Les calcarénites (molasses) passent latéralement à des marnes dans la ville d'Aix.

Tortonien lacustre : calcaires, marnes

Le Tortonien lacustre affleure au nord de Lambesc sous la forme de calcaire blanc, compact ou crayeux (10 à 15 m d'épaisseur).

Il forme également de grands entablements sur le versant rive gauche de la Durance : alternance de calcaires lacustres très compacts et de marnes sableuses ou de grès, d'une épaisseur d'une dizaine de mètres.

Il est également présent dans la ville d'Aix : calcaires et marnes grises.

Miocène terminal continental : conglomérats, brèches, marnes rouges

Il s'agit de cailloutis et de limons rouges présents dans la région de Jouques et de Puyricard (10 m d'épaisseur). Les conglomérats et les marnes rouges affleurent au nord-ouest de la ville d'Aix.

Miocène terminal continental : faciès de Font-de-Pré, marnes gréseuse et travertins

Au sud-est de Jouques, le faciès Font-de-Pré montre des marnes gréseuses grises avec des bancs de travertins intercalés.

Miocène terminal continental : formation de Valensole, poudingues

Au niveau de Cadarache, affleure la terminaison sud-ouest de la formation de Valensole : poudingues à gros éléments de calcaires roulés et autres galets d'origine et de natures diverses, alternant avec des marnes jaunes et rouges.

Plaisancien (Tertiaire) : marnes, marnes sableuses marines

Ces marnes bleues affleurent à l'ouest d'Eyguières et dans le secteur d'Arles, au Grand-Fourchon.

4.3.35. Tourbes, limons, sables et vases (Quaternaire) (35)

Tourbes holocènes

Les tourbes et les limons tourbeux sont présents à l'ouest de Mouriès et au marais de Mayanne (l'épaisseur maximale reconnue par sondage est de 7,6 m).

Ces tourbes sont également présentes au nord-ouest de Fos-sur-Mer.

Sables, sables vaseux et vases holocènes

Toutes ces formations sont présentes dans l'étang de Berre et ses alentours, ainsi que dans le delta du Rhône (essentiellement sa moitié sud).

Il s'agit de sables de natures diverses (sables de plages, de cordons littoraux, coquilliers, éoliens...), de sables limoneux, de limons sablo-argileux des étangs et de vase des étangs.

Limons holocènes

La quasi totalité des limons holocène sont présents le long du Rhône et sur l'ensemble de son delta. Ils affleurent également au nord et au sud de la Crau.

Des limons palustres récents se rencontrent en aval du cône de déjection de Saint-Andiol.

Ils sont dans l'ensemble représentés par des limons argileux fluviatiles ou des étangs, associés à des sables et des silts limoneux.

Sables fluviatiles ou éoliens (Villafranchien)

A l'ouest d'Eyguières, la formation des « sables des Gaudes » est constituée de sables jaune clair, à stratification oblique (fluviatile ou éolienne) et à minces passées d'éboulis calcaires et de débris coquilliers. Ces sables sont riches en montmorillonite et en andalousite.

4.3.36. Colluvions (Quaternaire) (36)

Colluvions rissiennes (Quaternaire)

Ce sont des limons et des cailloutis occupant des fonds de vallons ou des hauts de versants.

Loess Würmien (Quaternaire)

Colluvions wurmiennes (Quaternaire)

Ces colluvions sont bien représentées sur la moitié est du département, dans la plupart des thalwegs, par des limons et des cailloutis provenant de glissements sur les pentes et de ruissellements aréolaires.

Colluvions récentes (Quaternaire)

Ces colluvions affleurement principalement et très largement au nord et au sud des Alpilles.

On les rencontre en contrebas ou sur les versants de massifs ou de relief (Montagnette, le Cengle, au sud de Miramas et d'Istres)

Elles sont constituées de sables, de limons, d'argiles, de graviers et de galets.

Colluvions limoneuses holocènes

On observe en bordure des Craus un dépôt peu épais (20 cm au maximum) de colluvions limono-sableuses brun foncé.

Colluvions limoneuses quaternaire indifférencié

Les colluvions limoneuses reposent sur les cailloutis de la Crau :

- au nord et au sud de l'étang d'Entressen,
- en bordure de la Crau de Miramas et de la Crau de Luquier.

Le limon, rouge brun, peu épais, provient du lessivage du sol d'altération qui affecte toute la Crau.

Les argiles sont représentées par de l'illite, de la kaolinite, de la chlorite et des interstratifiés illite-montmorillonite.

4.3.37. Marnes et argiles quaternaires (37)

Marnes lacustres (Pléistocène)

Les marnes et sables lacustres de Barbegal (15 m) affleurent à l'est d'Arles. Ce sont des marnes à smectites, plastiques, rouges et jaunes, à passées limoneuses ou sablo-gréseuses et petites lentilles caillouteuses à éléments calcaires.

Elles recouvrent à Barbegal et au nord-est de l'étang d'Entressen, les marnes sableuses miocènes et, à l'étang des Aulnes, les argiles plaisanciennes reconnues en sondages.

Marnes lacustres (Villafranchiennes)

Bancs d'argiles jaunes et roses lacustres (Pléistocène)

A l'ouest de Barbegal et de part et d'autre de Saint-Martin-de-Crau, les alluvions à galets sont séparées par un niveau intercalaire d'argiles jaunes et roses de 2 à 5 mètres de puissance.

4.3.38. Alluvions et cônes de déjection (Quaternaire) (38)

Alluvions fluviales villafranchiennes : graviers et galets à intercalations sableuses et limoneuses

Cette formation à galets affleure modestement à l'extrémité sud-ouest du département.

Elle constitue les alluvions rhodaniennes de la Petite Crau et de Caumont : galets mêlés de limons et d'argiles rubéfiés.

Cônes de déjection torrentiel rissiens : cailloutis

Cônes de déjection wurmiens (Quaternaire)

Sur les versants des massifs de Marseilleveyre et de Carpiagne, se développent sur 2 à 3 km de très importants cônes torrentiels. Une formation analogue se retrouve, dans la vallée du Jarret, vers Château-Gombert et Plan de Cuques, au sud du massif de l'Étoile.

Ces cônes de déjection wurmiens sont bien développés à l'extrémité aval de thalwegs affluents de l'Arc.

Alluvions fluviales wurmiennes (Quaternaire)

La nappe de la Crau de Miramas constituée de cailloutis duranciens à galets siliceux prédominants affleure très largement au nord-ouest de l'Étang de Berre.

La matrice des cailloutis est généralement absente (graviers libres) ou réduite à quelques lits sableux ou limoneux. Les minéraux argileux : illite (70 à 80 %), chlorite (20 à 30 %) et traces de kaolinite, sont hérités des affleurements jurassiques (Terres Noires). Localement, la présence de traces de smectites est liée à la proximité de terrains miocènes.

Une partie des alluvions de l'Arc peut être rapportée au Würm. Il faut noter le grand développement en aval de la gorge de Coudoux. Ces alluvions s'épanouissent en un grand paléodelta dans la région de Berre. Les éléments sont très variés : galets, graviers, sables, limons argileux de nature diverse.

La terrasse du Würm ancien constitue toute la bordure sud de la vallée de l'Huveaune depuis Aubagne jusqu'à la mer et on en retrouve des témoins, de deux côtés de la vallée, en amont d'Aubagne, jusqu'aux abords de Roquevaire.

4.3.39. Alluvions à limons argileux (39)

Alluvions fluviales rissiennes (Quaternaire)

De vieilles terrasses de ruisseaux venus des Alpilles ont été attribuées au Riss.

Au nord-est de Miramas (la Ménarde), cette formation détritique comprend à la base des sables argileux gris et au sommet des conglomérats calcaires avec des lentilles de graviers ou de sables argileux. La montmorillonite est le minéral argileux qui domine (90 à 100 %) avec quelques traces de kaolinite.

Les alluvions rissiennes à galets calcaires et siliceux sont largement représentées :

- dans la Crau du Luquier et la Crau de Miramas. Au cortège des minéraux argileux à illite et à chlorite, s'ajoutent la vermiculite (20 à 30 %) et des interstratifiés irréguliers et la goéthite.
- Dans la région de la Fare, sables, graviers, limons argileux de nature diverse.

Alluvions à galets (Pléistocène)

Cette formation est très bien représentée entre le Grand Rhône et Saint-Martin-de-Crau. Il s'agit de cailloutis à galets, à ciment sablo-gréseux. Les minéraux argileux présents sont la montmorillonite dominante (90 à 100 %) et des traces d'illite, de chlorite et de kaolinite. L'épaisseur varie de 10 m à 45 m.

Ces alluvions sont regroupées avec les alluvions à gros galets siliceux anté-Riss. Les argiles sont représentées par l'illite dominante et des traces de chlorite et de complexes gonflants). Les passées marno-sableuses sont riches en montmorillonite.

Cône torrentiel récent : sables, graviers, galets

Il s'agit du cône de déjection de Saint-Andiol, édifié par la Durance entre Orgon et Caumont.

Alluvions fluviales récentes : sables, limons, graviers, galets (Quaternaire)

Elles sont présentes essentiellement dans la Durance, le long de l'Huveaune et de l'Arc et à l'ouest de Salon-de-Provence.

Sous cette notation, on a regroupé :

- les épandages alluviaux récents : cailloutis et limons, qui se développent largement dans la vallée de la Durance notamment ; leur puissance peut atteindre une trentaine de mètres.
- Les alluvions récents de petits cours d'eau et de leurs affluents : limons, bandes caillouteuses et lentilles graveleuses et des alluvions de fonds de vallées.
- Des limons qui s'élèvent sur des pentes.

4.4. CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE REGIONAL

4.4.1. Les ressources en eau du département

Les ressources en eau du département sont constituées principalement par le Rhône et la Durance, par la nappe de la Crau, elle-même alimentée en grande partie par les irrigations agricoles, et par différents systèmes aquifères alluvionnaires et karstiques.

Le département s'est doté de systèmes d'irrigation qui l'affranchissent des périodes de sécheresse estivale.

L'eau de la Durance, au nord du département, est distribuée jusqu'à Marseille par le canal de Marseille ; celle du Verdon, au nord-est du département, par le canal de Provence jusqu'à Aix-en-Provence.

En 1985, la consommation d'eau dans les Bouches-du-Rhône a été de 1 289 millions de mètres-cubes dont 85 provenaient d'eau souterraine et 1 204 d'eau de surface.

Les usages de l'eau souterraine étaient de 21 % pour l'alimentation en eau potable (AEP), 24 % pour l'industrie, 45 % pour l'agriculture et 10 % pour divers usages.

Les usages de l'eau superficielle étaient de 19 % pour l'alimentation en eau potable (AEP), 17 % pour l'industrie, 64 % pour l'agriculture.

4.4.2. Conséquences sur les problèmes de retrait-gonflement

Les fluctuations des niveaux piézométriques des nappes et des circulations de faible profondeur, voire leur assèchement complet, se répercutent sur l'état d'hydratation des sols. Ils peuvent donc jouer un rôle important dans l'apparition des désordres sur les constructions.

A titre d'exemple, le Miocène dans le secteur d'Eyragues-en-Provence, est représenté par le Vindobonien : cette formation se compose principalement de marnes bleues mais elle peut contenir des passages localement plus calcaires ou plus sableux. Cette formation peu perméable favorise à son contact l'accumulation et la circulation des eaux qui percolent à travers les alluvions villafranchiennes situées au dessus. Ces eaux ne constituent pas une nappe phréatique proprement dite mais des circulations d'eau intermittentes en fonction des saisons qui aggravent les problèmes d'hygrométrie. En outre, cette configuration particulière peut également être à l'origine de phénomènes localisés de reptation⁸.

⁸ Gérard Juventin -- Géologue Consultant -- Dossier de demande de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle. Commune d'Eyragues. Géologie * Climatologie -- Décembre 1999

5. Caractérisations lithologique, minéralogique et géotechnique des formations argileuses ou marneuses et élaboration de la carte de susceptibilité

5.1. GÉNÉRALITÉS SUR L'ÉLABORATION DE LA CARTE DE SUSCEPTIBILITÉ

5.1.1. Critères retenus

Les critères de susceptibilité au phénomène de retrait-gonflement, tels que le contexte hydrogéologique, la topographie, la végétation ou le type de fondation des bâtis, n'ont pas été pris en compte, la plupart des ces facteurs n'intervenant que de manière très locale et ne pouvant par conséquent être exploités dans le cadre d'une cartographie à l'échelle départementale.

Les critères retenus pour l'élaboration de la carte de susceptibilité au phénomène de retrait-gonflement sont donc essentiellement liés à la nature lithologique des formations affleurantes à sub-affleurantes, complétée par la caractérisation de ces formations en fonction de la nature minéralogique des argiles présentes et du comportement géotechnique du matériau.

5.1.2. Méthode de classification

Rappelons que le document de base utilisé pour élaborer la carte de susceptibilité est la carte synthétique des formations argileuses ou marneuses du département, laquelle a été établie en tenant compte essentiellement de la nature lithologique des formations.

La seconde étape de cette cartographie consiste à hiérarchiser les formations argileuses ou marneuses ainsi identifiées, en fonction de leur plus ou moins grande susceptibilité vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement. Cette hiérarchisation est basée sur la prise en compte de caractéristiques quantifiables, estimées pour chacune des 30 formations ou groupes de formations sélectionnés :

- ◆ la nature lithologique des terrains constituant en majorité la formation
- ◆ la composition minéralogique de sa phase argileuse, évaluée à partir de la proportion de minéraux gonflants (smectites et interstratifiés) ou, à défaut, estimée à partir de considérations sur les conditions paléogéographiques de dépôt de la formation

- ◆ le comportement géotechnique du matériau, évalué à partir de :
 - l'étendue de son domaine plastique (caractérisée par son indice de plasticité) ;
 - la réactivité du sol vis à vis de l'eau (caractérisée par la valeur de bleu) ;
 - l'importance du retrait possible (en terme de volume) en cas de dessèchement (caractérisée par les mesures de retrait linéaire) ;
 - le potentiel de gonflement du sol (évalué par le coefficient de gonflement).

Dans le but d'obtenir un moyen pratique de hiérarchisation entre les diverses formations, la règle adoptée a consisté à utiliser des *valeurs seuils*, couramment admises dans la littérature, distinguant quatre degrés de sensibilité (faible, moyenne, forte et très forte). Pour permettre la réalisation de calculs, les grandes classes lithologiques distinguées ont également été affectées d'une note. Pour les trois caractéristiques naturelles des terrains, cela permet d'attribuer une note de 1 à 4 à chacune des formations argileuses ou marneuses identifiées. Après calcul les résultats de cette classification sont synthétisés dans les colonnes *Lithologie*, *Minéralogie* et *Géotechnique* de l'illustration 28.

5.2. CRITÈRE LITHOLOGIQUE

5.2.1. Définition du critère lithologique et barème

Ce premier critère, de nature essentiellement qualitative, est utilisé pour caractériser la lithologie des matériaux dominants dans la formation. Il permet de distinguer les terrains essentiellement argileux, de ceux où l'argile est minoritaire. Ce critère intègre donc l'hétérogénéité des formations, qui est très forte pour bon nombre de formations des Bouches-du-Rhône. L'épaisseur de la formation entre également en ligne de compte, puisque les formations argileuses peu épaisses présentent un potentiel de retrait ou de gonflement moindre que les formations puissantes.

Par convention, la note maximale est attribuée à une argile ou une marne épaisse et continue et la note minimale à une formation hétérogène, par exemple d'origine alluviale, présentant des termes argileux discontinus, sous forme de poches ou de lentilles.

Il faut noter que cette caractérisation lithologique des formations est établie sur la base de l'expertise du géologue régional et qu'elle ne peut être totalement dépourvue d'une certaine subjectivité dans son appréciation. Sa valeur relative en vue d'une hiérarchisation des formations argileuses est cependant difficilement contestable. Le barème utilisé pour distinguer les différentes classes lithologiques est le suivant (Illustration 13) :

Type de formation	Note lithologique
Formation non argileuse mais contenant localement des passées ou des poches argileuses (Ex : alluvions avec lentilles argileuses, calcaire avec poches karstiques, ...)	1
Formation présentant un terme argileux non prédominant de type calcaire argileux ou sable argileux.	2
Formation à dominante argileuse, présentant un terme ou une passée non argileuse (alternance marne-calcaire) ou très mince (< 3 m)	3
Formation essentiellement argileuse ou marneuse, d'épaisseur > 3 m et continue	4

Illustration 13 : Barème d'évaluation de la susceptibilité au retrait-gonflement en fonction de la nature lithologique de la formation géologique

5.2.2. Caractérisation lithologique des formations argileuses ou marneuses du département des Bouches-du-Rhône

Les principaux éléments ayant permis la caractérisation lithologique des formations ont été détaillés lors de la description de ces formations dans le paragraphe 4.3. Les notes lithologiques attribuées à chacune des formations sont présentées sur l'illustration 14.

La classification suivant la note lithologique met en évidence le fait que, parmi les 39 formations géologiques argileuses ou marneuses du département, quatre d'entre elles obtiennent une note de 4, qui correspond aux formations essentiellement argileuses de plus de 3 m d'épaisseur.

Dix-huit formations obtiennent une note de 3, ce qui signifie que leur composante argileuse est dominante dans la formation.

Onze formations obtiennent une note de 2, ce qui signifie que le terme argileux n'est pas prédominant.

Deux formations alluviales et quatre autres formations (formations n°28, 22, 17 et 8) ont une note de 1, ce qui traduit bien le fait que l'argile y est minoritaire par rapport aux autres éléments plus grossiers (sables et graviers notamment pour les formations alluviales).

N°	Nom de la formation géologique	Note lithologique
39	Alluvions à limons argileux (Quaternaire)	2
38	Alluvions et sables de déjection (Quaternaire)	1
37	Marnes et argiles du Quaternaire	4
36	Colluvions (Quaternaire)	1
35	Tourbes, limons, sables et vaseux (Quaternaire)	3
34	Marnes et sables Pliocène et poudingues du Miocène supérieur (Valensien)	2
33	Calcarénite, calcaires, sables et argiles du Vindobonien	2
32	Argiles calcées d'âges du Vindobonien	3
31	Marnes sableuses micacées de l'Helvétien	3
30	Sables, marnes et grès du Burdigalien	2
29	Calcaire marneux du Burdigalien	2
28	Craie, grès et calcaires de l'Oligocène - Miocène inférieur	1
27	Sables, calcaires, marnes et argiles de l'Oligocène - Miocène inférieur	3
26	Formation des Mâles de l'Oligocène moyen	3
25	Calcaires de Piedautry, argiles et poudingues du Stampien	3
24	Marnes à Microcodium de l'Éocène inférieur	4
23	Sables argileux et marnes de l'Éocène	3
22	Calcaires Lutétien	1
21	Calcaires et marnes du Thanétien - Sparnacien	2
20	Argiles et calcaires argileux du Maastrichtien	3
19	Argiles, grès et calcaires indifférenciés du Maastrichtien supérieur	2
18	Argiles et grès du Maastrichtien supérieur	3
17	Calcaire de la gare de Rognac	1
16	Argiles, marnes et grès du Maastrichtien inférieur	4
15	Calcaires, marnes et poudingues du Maastrichtien inférieur	3
14	Calcaires, argiles et calcaires argileux du Valds Trévésien	3
13	Marnes du Coniacien-Santonien	3
12	Marnes, grès et calcaires marneux du Turonien Cévenolien	2
11	Marno-calcaires, grès et sables du Crétacé Supérieur	2
10	Calcaires et marnes jaunes du Gargasien	4
9	Calcaires argileux et marneux du Bédoulien	3
8	Marnes et calcaires argileux du Hauteriviens supérieur (partie Urgonien)	1
7	Marnes à Toxaster de l'Hauteriviens inférieur	3
6	Marnes et calcaires argileux du Jurassien supérieur et Néocomien	3
5	Calcaires argileux du Jurassique supérieur et Néocomien	2
4	Calcaires marneux du Jurassique	3
3	Calcaires et calcaires marneux du Toarcien et Calvo-Oxfordien	3
2	Marnes noires et grès du Triasien et Calvoen - Oxfordien	3
1	Craie, grès, dolomites et grès du Trias	2

Illustration 14 : Note lithologique des formations argileuses ou marneuses

5.3. CARACTÉRISATION MINÉRALOGIQUE DES FORMATIONS ARGILEUSES OU MARNEUSES

5.3.1. Définition du critère minéralogique et barème

Les phénomènes de retrait-gonflement s'expriment préférentiellement dans les minéraux argileux appartenant au groupe des smectites (montmorillonite, beidellite, nontronite, saponite, hectorite, sauconite) et, dans une moindre mesure, au groupe des interstratifiés, alternance plus ou moins régulière de feuillets de natures différentes, lorsque ceux-ci comportent des smectites au sein de leur structure, par exemple smectites/illite ou illite/smectites. La vermiculite est aussi connue pour sa sensibilité au phénomène de retrait-gonflement. La caractérisation minéralogique des argiles se détermine par des analyses de diffractométrie aux rayons X.

Le critère minéralogique est basé sur le pourcentage moyen de minéraux gonflants (smectites et interstratifiés) présents dans la phase argileuse. Les notes de 1 à 4 sont attribuées en fonction des coupures suivantes (Illustration 15) :

Teneurs en minéraux argileux gonflants	Evaluation susceptibilité	Note attribuée
< 25 %	faible	1
de 25 à 50 %	moyenne	2
de 50 à 80 %	forte	3
> 80 %	très forte	4

Illustration 15 : Barème d'évaluation de la susceptibilité au retrait-gonflement en fonction de la minéralogie de la phase argileuse de la formation géologique

5.3.2. Source des données

De manière générale, les dossiers de demande de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle, ne contiennent jamais de caractérisation des minéraux argileux composant les formations géologiques identifiées comme susceptibles. De même, les expertises de sinistres se basent assez rarement, pour effectuer leur diagnostic, sur des analyses aux rayons X, qui sont relativement coûteuses. Un certain nombre de données ont cependant pu être recueillies mais leur prise en compte doit se faire avec certaines précautions, dans la mesure où les conditions des analyses diffractométriques aux rayons X ne sont pas toujours précisées dans les documents ou extraits de documents dont nous disposons, et certains résultats ne sont donc pas comparables entre eux. Par exemple, certains résultats se réfèrent aux seuls minéraux argileux, tandis que d'autres incluent des minéraux autres tels que le quartz ; par ailleurs, ce n'est pas systématiquement la fraction de l'échantillon inférieure à 2 µm qui est analysée). Le CEREGE a fourni un certain nombre de dossiers d'analyses aux rayons X sur des argiles, à partir desquelles nous avons pu recueillir 11 valeurs de diffractométrie. Le CETE d'Aix-en-Provence a quant à lui fourni 55 valeurs de RX.

La caractérisation minéralogique des formations argileuses ou marneuses du département des Bouches-du-Rhône a donc été réalisée essentiellement à partir de données issues de l'examen des notices des cartes géologiques et d'une revue bibliographique. Plusieurs notices de cartes, et notamment les plus récentes d'entre elles, fournissent en effet des résultats qualitatifs sur la composition minéralogique de la phase argileuse, en mentionnant au moins les minéraux dominants, sous forme de plages de valeurs, voire en indiquant directement des résultats d'échantillonnage.

Des analyses diffractométriques aux rayons X ont été réalisées sur des échantillons prélevés spécifiquement dans le cadre de l'étude. 11 prélèvements ont été effectués sur des formations argileuses pour lesquelles les données recueillies auprès des communes ou des bureaux d'étude n'étaient pas suffisantes pour les caractériser.

Les essais effectués sur les 11 échantillons afin de mettre en évidence le pourcentage et la nature des argiles ont été réalisés par diffractométrie aux Rayon X (diffractomètre SIEMENS D5000) automatisé. La fraction phylliteuse est déterminée à partir de lames orientées normales, glycolées pendant 12 heures en tension de vapeur puis chauffées à 490°C pendant 4 heures. Il faut bien tenir compte que les pourcentages indiqués sont des valeurs relatives des phases phylliteuses présentes dans la fraction dite « < 2 microns » de l'échantillon (Annexe 6).

Ainsi, 10 formations argileuses ont été analysées (Illustration 16) :

3 - la formation des *Calcaires et calcaires marneux du Toarcien et Callovo-Oxfordien* : échantillon A1-I4(3)

4 - la formation des *Calcaires marneux du Jurassique* : échantillon S1-j2-1(4)

8 - la formation des *Marnes et calcaires argileux de l'Hauterivien supérieur (faciès Urgonien)* : échantillon S1-n3(8)

10 - la formation des *Calcaires et marnes noires du Gargasien* : échantillon S2-n6(10)

15 - la formation des *Calcaires, marnes et poudingues du Maestrichtien inférieur* : échantillon M1-C7c(15)

17 - la formation des *Calcaires de la gare de Rognac* : échantillon R1-c7b1(17)

20 - la formation des *Argiles et calcaires argileux du Montien* : échantillon T1-e1(20)

21 - la formation des *Calcaires et marnes du Thanetien – Sparnacien* : échantillons T2-e2(21) et T3-e2(21)

32 - la formation des *Argiles calcaires d'Istres du Vindobonien* : échantillon C1-m2Aa(32)

34 - la formation des *Marnes et sables Plaisancien et poudingues du Miocène supérieur (Valensole)* : échantillon V1-m4(34)



Illustration 16 : Localisation des prélèvements d'échantillons réalisés dans le cadre de l'étude

Ces données ont été complétées par celles issues d'études de cartographie de l'aléa retrait-gonflement déjà menées par le BRGM dans des départements voisins ou en cours (Illustration 18). Ceci concerne en particulier les départements du Vaucluse et des Alpes-de-Haute-Provence. Ces données contiennent en particulier des résultats de diffractométries aux rayons X, effectuées sur des échantillons prélevés par le BRGM dans le cadre d'études départementales de l'aléa retrait-gonflement. La prise en compte de ces données acquises hors département nécessite bien entendu une extrême prudence mais peut permettre d'orienter le jugement en cas d'absence totale de données locales.

Au total, 145 données de diffractométrie aux rayons X ont aussi pu être exploitées, dont 88 % correspondent effectivement à des échantillons prélevés dans le département des Bouches-du-Rhône (Illustration 17) :



Illustration 17 : Répartition des données minéralogiques recueillies sur le département des Bouches-du-Rhône et hors département

Il est à noter que les données recueillies sont pour l'essentiel des résultats d'analyse diffractométriques aux rayons X, valeurs factuelles qui permettent une hiérarchisation des matériaux selon un critère quantitatif objectif, mais qui présentent l'inconvénient de n'avoir un intérêt que purement local et ne sont pas nécessairement représentatifs de l'ensemble de la formation géologique, lorsque celle-ci présente de fortes variabilités spatiales. C'est pourquoi la prise en compte de ces valeurs a été complétée par une analyse plus qualitative, basée sur l'expertise du géologue régional et qui permet d'évaluer la composition probable de la phase argileuse des formations en fonction de ses conditions de mise en place et d'évolution pédogénétique ultérieure.

5.3.3. Caractérisation minéralogique des formations argileuses ou marneuses du département des Bouches-du-Rhône

L'ensemble des données ayant servi à la caractérisation minéralogique des formations argileuses ou marneuses du département est synthétisé sur l'illustration 18. La détermination du pourcentage moyen de minéraux gonflants a été faite en prenant en compte l'ensemble des données recueillies. Les analyses réalisées sur le département sont privilégiées, mais le nombre d'échantillons, leur répartition géographique et leur représentativité sont également intégrés dans le calcul de la note minéralogique. Les données extraites de dossiers d'expertise réalisées par des bureaux d'études sont notées « données BE ».

Cinq formations n'ont pas reçu de note minéralogique en raison d'un manque de données, il s'agit :

- de la formation n° 29 (*Calcaires marneux du Burdigalien*) ;
- de la formation n° 13 (*Marnes du Coniacien Santonien*) ;
- de la formation n° 12 (*Marnes, grès et calcaires marneux du Turonien Cénomaniens*) ;
- de la formation n° 11 (*Marno-calcaires, grès et sables du Crétacé Supérieur*) ;
- de la formation n° 7 (*Marnes à Toxaster de l'Hauterivien inférieur*).

Dix formations ont été caractérisées par une note minéralogique maximale (4), il s'agit :

- de la formation n° 36 (*Colluvions Quaternaire*) ;
- de la formation n° 33 (*Calcarénite, calcaires, sables et argiles du Vindobonien*) ;
- de la formation n° 32 (*Argiles calcaire d'Istres du Vindobonien*) ;
- de la formation n° 28 (*Conglomérats, grès et calcaires de l'Oligocène - Miocène inférieur*) ;
- de la formation n° 16 (*Argiles, marnes et grès du Maestrichtien inférieur*) ;
- de la formation n° 15 (*Calcaires, marnes et poudingues du Maestrichtien inférieur*) ;
- de la formation n° 14 (*Calcaires, argiles et calcaires argileux du Valdo-fuvélien*) ;
- de la formation n° 9 (*Calcaires argileux et marneux du Bédoulien*) ;
- de la formation n° 8 (*Marnes et calcaires argileux de l'Hauterivien supérieur (faciès Urgonien)*) ;
- de la formation n° 6 (*Marnes et calcaires argileux du Jurassique supérieur et Néocomien*).

Ces formations affleurent sur plus de 1 040 km² dans le département, soit environ 1/5 de la superficie totale. Leur caractérisation s'est appuyée principalement sur des données du département, seules deux valeurs de rayons X provenant du Vaucluse ont permis de compléter la caractérisation des formations à note minéralogique très forte.

Une note minéralogique de 3 a été attribuée à onze formations.

Six formations ont reçu une note minéralogique de 2.

Enfin sept formations se sont vues attribuer une note minéralogique de 1.

N°	Nom de la formation argileuse	Note minéralogique	Données minéralogiques dans les Bouches-du-Rhône	Données minéralogiques hors département : département du Vaucluse	Données minéralogiques hors département : département des Alpes-de-Haute-Provence
39	Alluvions à limons argileux (Quaternaire)	3	<p>- Données BE (CETE) : 1^{ère} analyse : fraction argileuse : montmorillonite=81%; illite=11%, kaolinite=8% / 2^{ème} analyse : fraction argileuse : montmorillonite=28%; chlorite=16%; illite=33%; kaolinite=23%</p> <p>- carte d'Arles : Formation d'altération (illite et faibles proportions de complexes gonflants)</p> <p>- Carte d'Istres : illites, chlorites, vermiculites et interstratifiés irréguliers.</p> <p>- Carte d'Eyguières : 1^{ère} analyse : Fu : alluvions (montmorillonite dominante, trace d'illite, de chlorite et de kaolinite) / 2^{ème} analyse : Fv-x1 : Alluvions (illite dominante et trace de chlorite et de complexes gonflants) à passées marno-sableuses riches en montmorillonite / 3^{ème} analyse : Fv-x2 : Alluvions (illite) / alluvions (illite et chlorite, traces de kaolinite)</p> <p>- Donnée bibliographique : montmorillonite dominante (90 à 100 %) et traces d'illite, de chlorite et de kaolinite</p> <p>- Données BE (Geosite) : 1^{ère} analyse : calcite=51%; quartz=22%; autres phases=27% dont smectite=46%; illite=36%; kaolinite=18% / 2^{ème} analyse : quartz=16%; calcite=35%; autres phases=49% dont smectite=50%; chlorite=2%; illite=4%; kaolinite=7% / 3^{ème} analyse : quartz=28%; calcite=44%; autres phases=28% dont chlorite=50%; Mica-illite=50%</p>		
38	Alluvions et cônes de déjection (Quaternaire)	3	<p>- Données CCR : smectite=62%; illite=25%; kaolinite=13%</p> <p>- Données BE (G. Colas - CETE) : quartz=12%; Carbonates = 54%; autres phases=34% dont smectite=77%; illite=13%; kaolinite=7%; chlorite= 3%</p> <p>- Données BE (Juventin) : 77% de smectite, 7 % de chlorite, 18% d'illite / 81% de smectite, 4 % de chlorite, 15% d'illite</p>	- Données BE (G. Colas - CETE) : Argiles : 67 % dont smectite : 56 % - illite : 36 % - kaolinite : 8 %	
37	Marnes et argiles du Quaternaire	3	<p>- Carte d'Arles : marnes roses ou jaunes (smectite dominante avec des traces d'illite, de chlorite et de kaolinite) / marnes et sables (à smectite) lacustres</p> <p>- Carte d'Eyguières : marnes lacustres de Barbegal et d'Entressen, montmorillonitiques et plastiques</p>		
36	Colluvions (Quaternaire)	4	<p>- Données CCR : 15% d'argiles dont 85% de smectite et 32% d'argiles dont 100% de smectite</p> <p>- Données BE (CETE) : 1^{ère} analyse : calcite=58%; quartz=20%; Argiles=22% dont smectite=67%; illite=18%; kaolinite=10% / 2^{ème} analyse : calcite=60%; quartz=17%; autres phases=23% dont smectite=87%; illite=6%; kaolinite=7% / 3^{ème} analyse : calcite=40%; quartz=50%; Argiles=10% dont smectite=60%; chlorite=5%; illite=25%; kaolinite=10% / 4^{ème} analyse : calcite=50%; quartz=10%; Argiles=10% dont smectite=85%; chlorite<5%; illite=10%; kaolinite<5% / 5^{ème} analyse : calcite=80%; quartz=10%; Argiles=10% dont smectite=95-100%; illite<2%; kaolinite=traces / 6^{ème} analyse : calcite=45%; quartz=40%; Feldspath=traces; Argiles=15% dont smectite=85%; illite=5%; kaolinite=10% / 7^{ème} analyse : calcite=75%; quartz=10%; Argiles=15% dont smectite=85%; illite=traces; kaolinite=5%; fraction<2microns : smectite=70%; illite=15%; kaolinite=15% / 8^{ème} analyse : calcite=50%; quartz=40%; Argiles=10% dont smectite=90%; illite=10%; kaolinite=traces / 9^{ème} analyse : smectite=70%; illite=15%; kaolinite=15% / 10^{ème} analyse : smectite=65%; illite=20%; kaolinite=15% / 11^{ème} analyse : smectite=67%; illite=18%; kaolinite=10%; chlorite=5% / 12^{ème} analyse : calcite=45%; quartz=30%; Argiles=25% dont smectite=92%; illite=4%; kaolinite=4% / 13^{ème} analyse : calcite=44%; quartz=26%; Argiles=30% dont smectite=99%; kaolinite=1% / 14^{ème} analyse : calcite=10%; quartz=75%; Argiles=15% dont smectite=100%; kaolinite=traces / 15^{ème} analyse : calcite=50%; quartz=40%; Argiles=10% dont smectite=95%; illite=5%; kaolinite=traces</p> <p>- Données BE (Geosite) : 1^{ère} analyse : calcite=40%; quartz=40%; autres phases=20% dont smectite=90%; illite=6%; kaolinite=4% / 2^{ème} analyse : quartz=20%; calcite=52%; autres phases=28% dont smectite=86%; illite=7%; kaolinite=7%</p> <p>- Données BE (G. Colas - CETE) : 1^{ère} analyse : quartz=6%; calcite = 80%; autres phases=14% dont smectite=25%; illite=29%; kaolinite=46% / 2^{ème} analyse : quartz=8%; calcite = 73%; autres phases=19% dont smectite=93%; illite=3%; kaolinite= 4% / 3^{ème} analyse : quartz=9%; calcite = 59%; autres phases=32% dont smectite=95%; illite= Traces ; kaolinite= Traces / 4^{ème} analyse : quartz=12%; calcite = 46%; autres phases=42% dont smectite=82% ; illite= 9% ; kaolinite= 9% / 5^{ème} analyse : quartz=15%; calcite = 63%; autres phases=22% dont smectite=91% ; illite= 6% ; kaolinite= 3% / 6^{ème} analyse : quartz=52%; calcite = 10%; autres phases=38% dont smectite=98% ; illite= traces ; kaolinite= traces / 7^{ème} analyse : quartz=36%; calcite = 48%; autres phases=16% dont smectite=95%; illite= 3%; kaolinite= 2%</p> <p>- Carte d'Eyguières : Formation d'altération (illite et faibles proportions de complexes gonflants et d'interstratifiés)</p> <p>- Carte d'Istres : argiles à illite, kaolinite, chlorite et interstratifié illite-montmorillonite</p>		<p>- Carte d'Entrevaux : Présence de smectites dans les colluvions Quaternaires</p> <p>- Données bibliographiques : 34 % de smectite sur argile rouge des colluvions argilo-caillouteuses</p>

N°	Nom de la formation argileuse	Note minéralogique	Données minéralogiques dans les Bouches-du-Rhône	Données minéralogiques hors département : département du Vaucluse	Données minéralogiques hors département : département des Alpes-de-Haute-Provence
35	Tourbes, limons, sables et vases (Quaternaire)	1	- Données BE (Geosite) : calcite=37%; quartz=20%, autres phases=43% dont smectite=14%; chlorite=13%; illite=68%; kaolinite=5% - Carte d'Eyguières : sables des Glauges, riches en montmorillonite - Carte des Saintes-Maries : argiles à illite, chlorite, voire kaolinite, interstratifiés illite-montmorillonite et peut-être montmorillonite	- Données bibliographiques : montmorillonite dominante, trace de chlorite et de complexes gonflants + passées marno-sableuses riches en montmorillonite	
34	Marnes et sables Plaisancien et poudingues du Miocène supérieur (Valensole)	3	- Analyse sur échantillons prélevés dans le cadre de l'étude : interstratifié à illite/smectite : 33%; micas/illite : 48%; kaolinite 19%	- Données bibliographiques : Traces de minéraux gonflants - Analyse sur échantillons prélevés dans le cadre de l'étude : smectite : 93 % - illite/micas : 1 % - kaolinite : 6 % / smectite +/- vermiculite probable : 93%; illite/micas : 4%; kaolinite : 3% / smectite : 88%; illite/micas : 5%; kaolinite et chlorite : 7% / smectite : 77%; illite/micas : 8%; kaolinite : 15%	- Données bibliographiques : 1 ^{ère} analyse : 17 % de smectite sur marnes vertes / 2 ^{ème} analyse : 42 % de smectite sur argile de Valensole - Carte de Digne : Présence de smectites dans le Miocène continental
33	Calcarénite, calcaires, sables et argiles du Vindobonien	4	- Données BE (Juventin) : 86% de smectite, 3 % de chlorite, 11% d'illite		
32	Argiles calcaire d'Istres du Vindobonien	4	- Analyse sur échantillons prélevés dans le cadre de l'étude : smectite : 93%; micas/illite : 5%; chlorite : 2% ; kaolinite probable en traces		
31	Marne sableuse micacée de l'Helvétien	3	- Données BE (CETE) : calcite=60%, quartz=19%, Feldspath=traces; Argiles=21% dont smectite=84%; illite=8%; kaolinite=8%	- Données BE (Geosite) : calcite=15%, quartz=33%; Autres phases (argile, feldspaths, dolomite)=52% dont smectite=70%; illite=16%; chlorite=7; kaolinite=7%	
30	Sables, micasse et argile du Burdigalien	2	- Données CEREGE / CCR : 1 ^{ère} analyse : Argile=47% dont smectite (fraction argileuse)=80% / 2 ^{ème} analyse : Argile=31% dont smectite (fraction argileuse)=10% - Données Université Sciences et Technique Saint Jérôme : 1 ^{ère} analyse : illite=30%, chlorite=8%; smectite=62% / 2 ^{ème} analyse : illite=16%; chlorite=11%; smectite=73% / 3 ^{ème} analyse : illite=29%, chlorite=11%; smectite=60% - Données BE (G. Colas - CETE) : quartz= 19% ; carbonnate = 57% ; autres phases=24% dont smectite= 0-10% , illite= 55-65% ; kaolinite = 35-45%		- Données bibliographiques : étude de la cartographie retrait-gonflement dans les Alpes-de-Haute-Provence : smectite = 60 % ; illite = 25 % , kaolinite = 5 % , chlorite = 10 %
29	Calcaire marneux du Burdigalien	-			
28	Conglomérats, grès et calcaires de l'Oligocène - Miocène inférieur	4	- Données CCR : 10% d'argiles dont 90% de smectite - Données BE (CETE) : calcite=50%; quartz=20%; Feldspath=5%; Argiles=25% dont smectite=90%; illite=10%		
27	Sables, calcaires, marnes et argiles de l'Oligocène - Miocène inférieur	3	- Données BE (G. Colas - CETE) : quartz= 5%; calcite = 80%; autres phases=15% dont smectite= 78%; illite= 22% - Données CCR : 35% d'argiles dont 50 à 60 % de smectite	- Analyse sur échantillons prélevés dans le cadre de l'étude : smectite + vermiculite probable : 90%; micas/illite : 7%; kaolinite : 3%	- Carte de la Javie : Présence de smectites dans les marnes Oligocène
26	Formation des Milles de l'Oligocène moyen	3	- Données CCR : 35% d'argiles dont 70% de smectite - Carte de Martigues : allègement de conglomérats et d'argiles : illite et montmorillonite		

N°	Nom de la formation argileuse	Note minéralogique	Données minéralogiques dans les Bouches-du-Rhône	Données minéralogiques hors département : département du Vaucluse	Données minéralogiques hors département : département des Alpes-de-Haute-Provence
25	Calcaire de Piedautry, argiles et poudingues du Stampien	3	<ul style="list-style-type: none"> - Données CCR : 49% argile dans l'échantillon et 75% smectite dans fraction argileuse - Données BE (G. Colas - CETE) : 1^{ère} analyse : smectite=70%; chlorite=5%; illite=20%, kaolinite=5% / 2^{ème} analyse : smectite=60%; chlorite=5%; illite=30%; kaolinite=5% / 3^{ème} analyse : smectite=65%; illite=25%, kaolinite=10% / 4^{ème} analyse : quartz=25%; calcite = 38%, autres phases=37% dont smectite=46%, illite=40%, kaolinite=7%; chlorite= 7% - Données BE (CETE) : 1^{ère} analyse : fraction argileuse : montmorillonite=43%; illite=37%, kaolinite=20% / 2^{ème} analyse : fraction argileuse : montmorillonite=77%, illite=16%, kaolinite=7% - Donnée CEREGE : Argile=31%; smectite (dans fraction argileuse)=90% - Données BE (Geosite) : 1^{ère} analyse : calcite=44%, quartz=29%; autres phases=27% dont smectite=68%; illite=18%; kaolinite=14% / 2^{ème} analyse : calcite=36%; quartz=6%, autres phases=58% dont smectite=75%; illite=15%, kaolinite=10% / 3^{ème} analyse : quartz=20%; calcite=40%; autres phases=40% dont smectite=55%; illite=29%; chlorite=traces; kaolinite=15% - Carte d'Aubagne : calcaire de l'Estaque associée à des passées d'argiles vertes 	<ul style="list-style-type: none"> - Analyse sur échantillons prélevés dans le cadre de l'étude sur le Vaucluse : illite/micas : 52% - kaolinite : 25% - chlorite : 23% / smectite : 55%; illite/micas : 26%; kaolinite et chlorite : 16% 	
24	Marnes à Microcodium de l'Éocène indifférencié	2	<ul style="list-style-type: none"> - Carte de Châteaurenard : sables blancs et marnes marmorisées du moulin de Marc (smectite et kaolinite) 		
23	Sables argileux et marnes de l'Éocène	1	<ul style="list-style-type: none"> - Carte de Châteaurenard : marnes rougeâtres marmorisées à attapulgite 		
22	Calcaire Lutétien	2	<ul style="list-style-type: none"> - Données BE (GIA) : Sols argileux, sensibles aux variations hydriques, moyennement plastiques, très secs, à consistance ferme et potentiel moyen à élevé 		
21	Calcaires et marnes du Thanésien - Sparnacien	1	<ul style="list-style-type: none"> - Carte de Martigues : smectites et illites - Analyse sur échantillons prélevés dans le cadre de l'étude : vermiculite probable : 15%, micas/illite : 53%; kaolinite : 34% - Analyse sur échantillons prélevés dans le cadre de l'étude : vermiculite probable et interstratifié illite/smectite : 5%; micas/illite : 45%; kaolinite : 50% 		
20	Argiles et calcaires argileux du Montien	2	<ul style="list-style-type: none"> - Données BE (CETE) : fraction < 2 microns : smectite=65%; illite=20%, kaolinite=15% - Carte de Martigues : argiles à illites et smectites - Carte d'Aix : argiles et marnes rouges kaolino-illitiques en partie sommitale - Analyse sur échantillons prélevés dans le cadre de l'étude : vermiculite probable et interstratifié illite/smectite : 19%; micas/illite : 52%; kaolinite : 30%; chlorite possible en traces 		
19	Argiles, grès et calcaires indifférenciés du Maestrichien supérieur	3	<ul style="list-style-type: none"> - Données BE (CETE) : 1^{ère} analyse : fraction < 2 microns : smectite=85%; illite=10%, kaolinite=5% / 2^{ème} analyse : calcite=55%, quartz=20%; Argiles=25% dont smectite=90%; illite=10%, kaolinite=traces / 3^{ème} analyse : calcite=30%; quartz=35%, Dolomite=traces; Feldspath=traces; Argiles=35% dont smectite=30%; chlorite=10%; illite=40%; kaolinite=20% / 4^{ème} analyse : smectite=85%; illite=10%; kaolinite=5% - Données BE (Geosite) : quartz=27%; calcite=41%; autres phases=32% dont smectite=39%, illite=31%; kaolinite=30% - Données BE (G. Colas - CETE) : 1^{ère} analyse : quartz=10%; calcite = 67%, autres phases=23% dont smectite=88%; illite= 1%; kaolinite= 1% / 2^{ème} analyse : quartz=15%, calcite = 65%; autres phases=20% dont smectite=88%; illite= 1%; kaolinite= 1% - Données BE (Angelini) : 1^{ère} analyse : 81% de smectite, 9% kaolinite, 10% d'illite / 2^{ème} analyse : 59% de smectite, 10% kaolinite, 31% d'illite / 3^{ème} analyse : 51% de smectite, 6% de chlorite, 8% kaolinite, 35% d'illite / 4^{ème} analyse : 70% de smectite, 10% kaolinite, 22% d'illite / 5^{ème} analyse : 70% de smectite, 10% kaolinite, 22% d'illite / 6^{ème} analyse : 43% de smectite, 9% de chlorite, 6% kaolinite, 42% d'illite / 7^{ème} analyse : 87% de smectite, 5% kaolinite, 8% d'illite / 8^{ème} analyse : 78% de smectite, 6% kaolinite, 16% d'illite / 9^{ème} analyse : 87% de smectite, 4% kaolinite, 9% d'illite / 10^{ème} analyse : 60% de smectite, 2% de chlorite, 9% kaolinite, 29% d'illite / 11^{ème} analyse : 61% de smectite, 12% kaolinite, 27% d'illite - Carte de Châteaurenard : calcaires lacustres et marnes roses à smectites et attapulgite 		

N°	Nom de la formation argileuse	Note minéralogique	Données minéralogiques dans les Bouches-du-Rhône	Données minéralogiques hors département : département du Vaucluse	Données minéralogiques hors département : département des Alpes-de-Haute-Provence
18	Argiles et grès du Maestrichien supérieur	3	<ul style="list-style-type: none"> - Données CCR : 1^{ère} analyse : 47% de smectite / 2^{ème} analyse : 64% de smectite - Données BE (CETE) : 1^{ère} analyse : calcite=50%; quartz=25%; Feldspath=5%; Argiles=20% dont smectite=70%; illite=20%; kaolinite=10% / 2^{ème} analyse : calcite=15%; quartz=50%; Argiles=35% dont smectite=80%; chlorite=5%; illite=10%; kaolinite=5% - Carte de Châteaurenard : marnes à smectite avec lentilles gréseuses (fluviatiles) 		
17	Calcaire de la gare de Rognac	2	<ul style="list-style-type: none"> - Données BE (CETE / CEREGE) : calcite=70%; quartz=15%; Argiles=15% dont smectite=88%; illite=8%; kaolinite=4%; chlorite=traces - Analyse sur échantillons prélevés dans le cadre de l'étude : illite/micas : 50 % - kaolinite : 50 % 		
16	Argiles, marnes et grès du Maestrichien inférieur	4	<ul style="list-style-type: none"> - Données BE (CETE) : 1^{ère} analyse : calcite=25%; quartz=35%; Gypse=15%; Feldspath=traces; Argiles=10% dont smectite=50%; chlorite=10%; illite=30%; kaolinite=10% / 2^{ème} analyse : calcite=45%; quartz=15%; Argiles=40% dont smectite=90%; illite=5%; kaolinite=5% / 3^{ème} analyse : calcite=40%; quartz=40%; Argiles=20% dont smectite=95%; illite+kaolinite<5% / 4^{ème} analyse : calcite=50%; quartz=25%; Argiles=25% dont smectite=90%; illite=5%; kaolinite=5% / 5^{ème} analyse : calcite=20%; quartz=40%; Argiles=40% dont smectite=80%; illite=10%; kaolinite=10% / 6^{ème} analyse : calcite=30%; quartz=30%; Argiles=40% dont smectite=95%; illite=5%; kaolinite=0% / 7^{ème} analyse : calcite=40%; quartz=25%; Argiles=35% dont smectite=95%; illite=5% / 8^{ème} analyse : smectite=85%; illite=2%; kaolinite=13% / 9^{ème} analyse : smectite=92%; illite=4%; kaolinite=4% - Données BE (Geosite) : 1^{ère} analyse : calcite=30%; quartz=20%; autres phases=50% dont smectite=90%; illite<5%; chlorite=0%; kaolinite=5% / 2^{ème} analyse : calcite=16%; quartz=60%; autres phases=24% dont smectite=86%; illite=5%; chlorite=0%; kaolinite=9% / 3^{ème} analyse : calcite=64%; quartz=9%; autres phases=27% dont smectite=54%; illite=16%; chlorite=0%; kaolinite=30% / 4^{ème} analyse : Argiles=45% smectite=85% - Carte de Martigues : argiles et grès exclusivement à smectites 		
15	Calcaires, marnes et poudingues du Maestrichien inférieur	4	<ul style="list-style-type: none"> - Données BE (CETE) : 1^{ère} analyse : calcite=30%; quartz=30%; Argiles=40% dont smectite=87%; illite=8%; kaolinite=5% / 2^{ème} analyse : calcite=20%; quartz=40%; Argiles=40% dont smectite=85%; illite=2%; kaolinite=13% / 3^{ème} analyse : calcite=70%; quartz=20%; Dolomie=traces; Argiles=10% dont smectite=80%; illite=15%; kaolinite=5% / 4^{ème} analyse : calcite=46%; quartz=34%; Argiles=20% dont smectite=80%; illite=10%; kaolinite=10%; chlorite=traces / 5^{ème} analyse : smectite=99%; illite=0%; kaolinite=1% - Données BE (G. Colas - CETE) : quartz=19%; carbonate=57%; autres phases=24% dont smectite=92%; illite=4%; chlorite=2%; kaolinite=15% - Données BE (Geosite) : quartz=20%; calcite=30%; autres phases=50% dont smectite=79%; illite=13%; kaolinite=8% - Carte d'Eyguières : argilites et calcaires lacustres/marnes riches en montmorillonite - Carte de Châteaurenard : Argilites et calcaires intercalés avec des niveaux de marnes à smectites - Carte de Martigues : poudingues à ciment marneux (smectites et localement attapulgites) et marnes - Analyse sur échantillons prélevés dans le cadre de l'étude : interstratifié illite/smectite : 94%; micas/illite : 1%; kaolinite : 5% 		
14	Calcaire, argile et calcaire argileux du Val-de-Fuvèhen	3	<ul style="list-style-type: none"> - Données BE (CETE) : smectite=87%; illite=8%; kaolinite=5% - Données BE (Geosite) : calcite=40%; quartz=10%; autres phases=50% dont smectite=70%; kaolinite=30% - Carte de Châteaurenard : calcaires argileux et marnes à smectite 		
13	Marnes du Coniacien - Santonien	-			
12	Marnes, grès et calcaires marneux du Turonien - Cénomaniens	-			
11	Marno-calcaire, grès et sables du Crétacé supérieur	-			

N°	Nom de la formation argileuse	Note minéralogique	Données minéralogiques dans les Bouches-du-Rhône	Données minéralogiques hors département : département du Vaucluse	Données minéralogiques hors département : département des Alpes-de-Haute-Provence
10	Calcaires et marnes noires du Gargasien	3	<ul style="list-style-type: none"> - Données BE (CETE) : 1^{ère} analyse : calcite=60%; quartz=5%; Dolomie=traces; Argiles=35% dont smectite=90%; illite=5%; kaolinite=5% / 2^{ème} analyse : quartz= 12%; calcite = 64%, autres phases=24% dont smectite= 34%; illite= 30%; chlorite= 6% ; kaolinite = 30% / 3^{ème} analyse : calcite=60%; quartz=5%; Dolomie=traces, Argiles=35% dont smectite=90%, illite=5%, kaolinite=5% - Données BE (Geosite) : calcite=60%; quartz=10%, autres minéraux=30% dont smectite=20%; illite=40%; kaolinite=40% - Données BE (G. Colas - CETE) : 1^{ère} analyse : quartz= 12%; calcite = 64%, autres phases=24% dont smectite= 34%; illite= 30% ; chlorite= 6% ; kaolinite = 30% / 2^{ème} analyse : quartz= 4%, calcite = 63%; autres phases=13% dont smectite= 50%; illite= 14% ; chlorite= 6% ; kaolinite = 30% / 3^{ème} analyse : quartz= 11% ; calcite = 67%; autres phases=22% dont smectite= 35%; illite= 27% ; chlorite= 5% ; kaolinite = 33% - Carte d'Aubagne : kaolinite et illite 40%; vermiculite 10 à 20% - Carte de Martigues : au nord de la Nerthe : montmorillonite de 70 à 90%, illite de 10 à 30%, traces de 10-14M et de kaolinite - Analyse sur échantillons prélevés dans le cadre de l'étude : interstratifié illite/smectite : 91%; micas/illite : 4%; kaolinite : 5% 		<ul style="list-style-type: none"> - Carte de Sault : Présence de smectites dans les marnes Gargasiennes - Carte d'Entrevaux : Présence de smectites dans les marnes de l'Aptien moyen et Supérieur
9	Calcaires argileux et marneux du Bédoulien	4	<ul style="list-style-type: none"> - Donnée BE (CETE) : 1^{ère} analyse : calcite=45%; quartz=15%; Argiles=40% dont smectite=90%; illite=10%; kaolinite=traces / 2^{ème} analyse : calcite=55%; quartz=10%; Argiles=35% dont smectite=90%; illite=10%; kaolinite=traces - Données BE (G. Colas - CETE) : quartz=20%; calcite = 37%, autres phases=43% dont smectite=92%; illite=6%; kaolinite=2% - Carte d'Aubagne : Bédoulien terminal : association illite/montmorillonite avec montmorillonite 80%. 		
8	Marnes et calcaires argileux de l'Hautervien supérieur (faciès Urgonien)	4	<ul style="list-style-type: none"> - Donnée BE (CETE) : 1^{ère} analyse : calcite=64%; quartz=12%; Argiles=24% dont smectite=86%; illite=6%; kaolinite=8% / 2^{ème} analyse : calcite=53%, quartz=17%; Argiles=30% dont smectite=93%; illite=2%; kaolinite=5% - Analyse sur échantillons prélevés dans le cadre de l'étude : interstratifié illite/smectite : 92%; micas/illite : 6%; kaolinite : 2% 		
7	Marnes à Toxaster de l'Hautervien inférieur	-			
6	Marnes et calcaires argileux du Jurassique supérieur et Néocomien	4		- Analyse sur échantillons prélevés dans le cadre de l'étude sur le Vaucluse : smectite : 98 % - illite/micas : 1,5 % - kaolinite : 0,5 %	
5	Calcaires argileux du Jurassique supérieur et Néocomien	2		Analyse sur échantillons prélevés dans le cadre de l'étude sur le Vaucluse : smectite : 42 % - illite/micas : 16 % - kaolinite : 42 %	
4	Calcaires marneux du Jurassique	1	- Analyse sur échantillons prélevés dans le cadre de l'étude : interstratifié illite/smectite probable en traces ; micas/illite : 55%; kaolinite : 27%; chlorite 18%	- Analyse sur échantillons prélevés dans le cadre de l'étude sur le Vaucluse : illite/micas : 51 % - chlorite : 10 % et kaolinite : 39%	
3	Calcaires et calcaires marneux du Toarcien et Callovien-Oxfordien	1	- Analyse sur échantillons prélevés dans le cadre de l'étude : micas/illite : 84%; kaolinite : 16%		
2	Marnes noires et grises du Toarcien et Callovien - Oxfordien	1		- Analyse sur échantillons prélevés dans le cadre de l'étude sur le Vaucluse : kaolinite : 39% - illite/micas : 51 % - chlorite : 10%	
1	Cargneules, dolomies et gypse du Trias	1		- Analyse sur échantillons prélevés dans le cadre de l'étude sur le Vaucluse : illite/micas : 21 % - chlorite : 79 %	

Illustration 18 : Synthèse des données minéralogiques et note minéralogique

5.4. CRITÈRE GÉOTECHNIQUE

5.4.1. Définition du critère géotechnique et barème

Ce critère permet d'intégrer dans l'analyse de la susceptibilité le comportement géotechnique du matériau vis à vis du retrait-gonflement.

Le choix et la description des différents essais géotechniques utilisés pour la définition de ce critère sont présentés dans les paragraphes suivants, ainsi que les valeurs seuils retenues pour la détermination de la note géotechnique.

5.4.1.1. Généralités sur les expertises de sinistres

Les expertises de sinistres qui ont pu être consultées montrent que le type d'essais effectués sur le terrain dépend des bureaux d'études et varie en fonction de l'objectif assigné à l'étude. Généralement, la reconnaissance de sol se fait par sondage à la tarière (le plus souvent manuelle), parfois en fouille directe. Les essais géotechniques remplissent deux objectifs :

- déterminer les caractéristiques intrinsèques du sol : les essais utilisés sont généralement les limites d'Atterberg (qui permettent de déterminer l'indice de plasticité, IP), le retrait linéaire, l'essai au bleu de méthylène (qui traduit la capacité d'adsorption du sol) et le coefficient de gonflement, éventuellement complétés par une analyse granulométrique pour déterminer le passant à 80 µm. Les analyses sédimentométriques, qui permettraient de déterminer la fraction argileuse du matériau (inférieure à 2 µm), et les analyses aux rayons X, permettant de distinguer le pourcentage de minéraux gonflants sont plus rarement réalisées.
- caractériser l'état du sol, et notamment son état de dessiccation en effectuant des mesures de teneurs en eau, généralement à plusieurs profondeurs. En comparant ces valeurs avec les limites d'Atterberg du matériau, il est possible de savoir dans quel état de consistance se trouve le matériau in situ (état solide avec ou sans retrait, plastique ou liquide). D'autres essais peuvent également être mis en œuvre, comme la mesure du rapport de gonflement.

Seuls les résultats des essais correspondant aux caractéristiques intrinsèques du sol sont pris en compte dans le cadre de cette étude, puisqu'il s'agit de déterminer la susceptibilité au retrait-gonflement de chaque formation. En effet, les résultats des essais caractérisant l'état du matériau varient au cours du temps en fonction de l'humidité du sol : ils sont donc très utiles aux experts, pour diagnostiquer les causes d'un sinistre, mais ne sont pas pertinents pour caractériser la susceptibilité du matériau au retrait-gonflement.

Les études de sinistres sont souvent complétées par un ou plusieurs essais pressiométriques (ou parfois au pénétromètre dynamique), dont l'objectif est la vérification de la capacité portante du sol et le dimensionnement ultérieur de micropieux, si les résultats de l'expertise indiquent qu'une reprise des fondations est nécessaire. Ces données ne sont pas utilisées dans le cadre de la présente étude.

Les principaux essais dont les résultats ont été utilisés dans le cadre de la présente étude pour caractériser le comportement géotechnique du matériau vis à vis du phénomène de retrait-gonflement sont finalement au nombre de quatre : l'indice de plasticité, la valeur de bleu, le coefficient de gonflement et le retrait linéaire. Ces essais sont présentés dans les paragraphes suivants, sachant que les deux essais les plus représentatifs de l'aptitude d'un sol au retrait-gonflement sont la valeur de bleu et le retrait linéaire.

5.4.1.2. *Indice de plasticité (IP)*

Il est calculé à partir des limites d'Atterberg qui mettent en évidence l'influence de la teneur en eau sur la consistance du matériau fin. Cet indice correspond à la différence entre la limite de liquidité (Wl) et la limite de plasticité (Wp) du matériau. Il représente donc l'étendue du domaine plastique et donne une indication sur l'aptitude du matériau argileux à acquérir de l'eau. On considère généralement (Chassagneux et al., 1998) que la susceptibilité d'une argile vis-à-vis du retrait-gonflement varie en fonction de l'indice de plasticité (IP) de la manière suivante (Illustration 19) :

Indice de plasticité	Susceptibilité	Note
$Ip < 12$	faible	1
$12 \leq Ip < 25$	moyenne	2
$25 \leq Ip < 40$	forte	3
$Ip \geq 40$	très forte	4

Illustration 19 : Barème d'évaluation de la susceptibilité au retrait-gonflement en fonction de l'indice de plasticité de la formation géologique

5.4.1.3. *Essais au bleu de méthylène (VB)*

Ils permettent d'évaluer la surface spécifique d'échange d'un matériau argileux, ce qui constitue un bon indicateur de sa susceptibilité au phénomène de retrait-gonflement.

Cet essai a été développé par Tran Ngoc Lan (1977) et adopté comme procédure d'essai officielle des Laboratoires des Ponts et Chaussées (LCPC, 1979), puis normalisé (norme AFNOR NF P 18-592). Il consiste à mesurer la capacité d'adsorption en bleu de méthylène, c'est à dire la quantité de ce colorant nécessaire pour recouvrir d'une couche mono-élémentaire les surfaces externes et internes de toutes les particules argileuses présentes dans 100 g de sol. On appelle cette quantité, la valeur de bleu, notée VB et exprimée en grammes de bleu pour 100 g de matériau.

On considère généralement (Chassagneux et al., 1996) que la sensibilité d'un matériau argileux varie de la manière suivante en fonction de la valeur de bleu (VB) (Illustration 20) :

Valeur de bleu	Susceptibilité	Note
$VB < 2,5$	faible	1
$2,5 \leq VB < 6$	moyenne	2
$6 \leq VB < 8$	forte	3
≥ 8	très forte	4

Illustration 20 : Barème d'évaluation de la susceptibilité au retrait-gonflement en fonction de la valeur de bleu de la formation géologique

5.4.1.4. Essais oedométriques (C_g)

L'essai de gonflement à l'oedomètre (norme XP P 94-091) consiste à mesurer une amplitude de gonflement à la suite d'un apport d'eau. Il est par conséquent fortement conditionné par l'état initial de saturation en eau du sol considéré. En effet, pour un même sol, le gonflement relatif sera d'autant plus grand que le sol était initialement plus sec. Cette observation souligne l'intérêt d'associer ces essais avec la réalisation d'un profil hydrique. Ainsi la pression de gonflement ne constitue pas une caractéristique intrinsèque du sol, les valeurs dépendant fortement de l'état de saturation initial du sol considéré.

Le potentiel de gonflement peut cependant être caractérisé par le coefficient de gonflement C_g (pente de la droite de déchargement observée dans un essai oedométrique) pour lequel on propose la coupure suivante qui permet de quantifier de façon relative le potentiel de gonflement des formations argileuses identifiées (Illustration 21) :

Coefficient de gonflement	Susceptibilité	Note
$C_g < 0,025$	faible	1
$0,025 \leq C_g < 0,035$	moyenne	2
$0,035 \leq C_g < 0,055$	forte	3
$C_g \geq 0,055$	très forte	4

Illustration 21 : Barème d'évaluation de la susceptibilité au retrait-gonflement en fonction du coefficient de gonflement de la formation géologique

5.4.1.5. Retrait linéaire (RI)

La valeur du retrait linéaire est un indicateur de l'importance du retrait possible d'un sol, en terme de volume, lors de son assèchement. Initialement le sol est saturé en eau, puis on l'assèche progressivement. Son volume total diminue lorsque la teneur en eau diminue puis se stabilise. Ce processus de diminution de la teneur en eau se traduit par deux phases successives. Lors de la première les grains constituant le sol se rapprochent, mais le sol reste toujours saturé. Pendant la deuxième phase les grains sont en contact et ne peuvent plus se rapprocher : l'élimination d'eau ne fait plus varier le volume mais se traduit par une désaturation du sol. La teneur en eau correspondant

au changement de phase est appelée limite de retrait. Plus cette limite est faible, plus la variation de volume peut être importante et plus le tassement induit sera grand.

Le retrait linéaire, noté RI, correspond à la pente de la droite donnant le tassement de l'échantillon en fonction de la teneur en eau, dans la partie où cette teneur en eau reste supérieure à la limite de retrait. Les coupures suivantes ont été proposées (Mastchenko, 1998) pour caractériser le potentiel de gonflement avec ce paramètre (Illustration 22).

Retrait linéaire	Susceptibilité	Note
$RI < 0,4$	faible	1
$0,4 \leq RI < 0,65$	moyenne	2
$0,65 \leq RI < 0,75$	forte	3
$RI \geq 0,75$	très forte	4

Illustration 22 : Barème d'évaluation de la susceptibilité au retrait-gonflement en fonction du retrait linéaire de la formation géologique

5.4.2. Source de données

Les données géotechniques qui ont pu être recueillies et dont la synthèse figure dans ce paragraphe proviennent de plusieurs sources :

- des rapports directement issus des dossiers de procédures de classement des communes en catastrophe naturelle fournis par la CCR (68 dossiers) et par les communes concernées (80 dossiers) ;
- des rapports d'expertise qui ont été aimablement communiqués par les principaux bureaux d'études (Illustration 23). 726 dossiers au total ont été consultés auprès d'Antea, du CETE Méditerranée (ainsi qu'auprès de G. Colas), de ERG, de Fondasol, de GIA, de Juventin et de Solen. La consultation des dossiers a été faite directement dans les locaux des bureaux d'étude par recherche dans les archives. Le bureau Geosite n'a pas été consulté directement, mais des données ont été recueillies auprès des dossiers fournis par les communes ;
- des dossiers d'expertise avec études de sol communiquées par plusieurs mutuelles d'assurance (Maif, Maaf, Matmut, Groupama : 47 dossiers) ;
- des prélèvements supplémentaires effectués dans le cadre de l'étude (11 prélèvements) ;

Cependant, sur ces 932 dossiers, seuls 806 d'entre eux sont potentiellement utilisables, soit 86 % des données recueillies, car certaines expertises non localisées avec précision ou sans identification de propriétaires n'ont pu être géoréférencées en l'absence de réponse des communes concernées.

Parmi les 806 dossiers identifiés et localisés, ont pu être retenues 316 valeurs d'essais (tous types d'essais confondus : valeur de bleu, indice de plasticité, retrait linéaire et coefficient de gonflement) dans le département des Bouches-du-Rhône. Les autres

dossiers d'études ne comportent que des indications géologiques et une analyse des causes du sinistre, sans étude géotechnique spécifique étayée par des essais en laboratoire.

Origine de la donnée	Nombre de dossiers
Autres	1
CFTE	438
ERG	3
Fondbau	67
GIA	82
Genelle	50
Général Coite (CFTE)	23
Juvénin	30
Solent	55
TOTAL	728

Illustration 23 : Origine des données géotechniques

Les essais d'identification en laboratoire consistent généralement en une détermination des limites d'Atterberg (indice de plasticité) souvent accompagnées des mesures de poids volumique et de teneur en eau. Des essais spécifiques, de type œdométriques, sont parfois mis en œuvre pour déterminer la pression et le coefficient de gonflement, mais leurs conditions d'exécution sont susceptibles de varier d'un laboratoire à un autre. Les essais au bleu de méthylène permettant d'approcher la susceptibilité d'une argile ou d'une mame au phénomène de retrait-gonflement (à partir de sa capacité d'adsorption) sont relativement peu fréquents.

En plus des données issues des différentes recherches sur le département, ont été intégrées 135 valeurs supplémentaires (Vb, Ip, Cg et Ri) provenant des travaux en cours sur le Vaucluse, ainsi que 44 valeurs provenant d'une étude antérieure sur les Alpes-de-Haute-Provence. Les mesures utilisées pour la caractérisation géotechnique des formations argileuses se répartissent de la façon suivante (Illustration 24) :

Essai géotechnique	Nombre de mesures	Dont mesures propres aux Bouches-du-Rhône
Valeur de bleu	166	101
Indice de plasticité	336	260
Retrait linéaire	55	49
Coefficient de gonflement	38	6
Total	595	416

Illustration 24 : Répartitions par type d'essai géotechnique des mesures utilisées pour la caractérisation des formations argileuses

5.4.3. Caractérisation géotechnique des formations argileuses ou marneuses du département des Bouches-du-Rhône

Les principales données géotechniques recueillies lors de l'étude sont issues du dépouillement des différents rapports d'expertise auxquels nous avons eu accès. Le nombre de mesures réellement utilisées s'élève à 595. Elles ont été synthétisées pour chacune des formations argileuses identifiées, en précisant systématiquement le nombre d'essais pris en compte ainsi que les valeurs minimales, maximales et moyennes observées.

En définitive, les données disponibles permettent de caractériser la totalité des formations argileuses ou marneuses du département grâce à la synthèse des divers types d'essais disponibles. Cependant, dans la mesure où le nombre de valeurs disponibles pour chaque essai est généralement faible (moins de 10 pour la moitié des formations), il n'est souvent pas significatif à lui seul (Illustration 25).

	Type de valeur (résultats d'essais)			
	Valeur de Bleu	Indice de plasticité	Retrait linéaire	Coefficient de gonflement
Nombre de formations avec moins de 10 valeurs	28	14	17	8
Nombre de formations avec plus de 10 valeurs	6	12	1	1
Nombre de formations sans aucune valeur	5	13	21	30
Nombre moyen de valeur disponible par formation (pour les formations qui disposent de valeurs)	4,88	12,9	3,05	4,62

Illustration 25 : Synthèse des nombres de valeurs recensées par formation argileuse et par type d'essai géotechnique

Les fourchettes de résultats disponibles figurent dans le tableau de l'illustration 26.

Quatre classes de susceptibilité ont été distinguées (faible, moyenne, forte, très forte) pour rendre compte d'une hiérarchisation du comportement géotechnique des formations, en donnant autant que possible la priorité aux valeurs de bleu et aux mesures de retrait linéaire, jugées les plus représentatives du phénomène de retrait-gonflement.

Une seule formation a reçu la note maximale correspondant à une susceptibilité géotechnique très forte (indice 4). Ils s'agit des *Sables, molasse et argile du Burdigalien* (valeur de bleu moyenne égale à 10,1).

La classification retenue fait apparaître 5 formations dont la susceptibilité vis-à-vis du retrait-gonflement a été considérée comme forte (indice 3) au vu du comportement géotechnique. Il s'agit principalement :

- Des *Calcaires argileux et marneux du Bédoulien* (dont le retrait linéaire atteint une valeur de coefficient de gonflement égale à 0,054) ;

- Des *Calcaires et marnes noires du Gargasien* (valeur de coefficient de gonflement moyenne égale à 0,058 avec des valeurs de bleu atteignant jusqu'à 11,3) ;
- Des *Calcaire de Piedautry, argiles et poudingues du Stampien* (dont le retrait linéaire atteint une valeur moyenne de 2,17 avec un I_p pouvant atteindre jusqu'à 44%, mais dont la valeur de bleu ne dépasse pas 2,9 en moyenne) ;
- Des *Tourbes, limons, sables et vases (Quaternaire)* (dont l'indice de plasticité atteint une valeur moyenne de 28,2)
- Des *Alluvions et cônes de déjection (Quaternaire)* (dont la valeur de bleu est en moyenne de 6,5 et atteint ponctuellement 11,3)

Seules trois formations (les *Marnes à Toxaster de l'Hauterivièn inférieur*, les *Marnes du Coniacien Santonien* et les *Marnes et argiles du Quaternaire* n'ont pu être caractérisées sur le plan géotechnique faute de valeur disponible.

Toutes les autres formations argileuses ou marneuses identifiées ont été caractérisées par une note géotechnique de 1 (pour 7 d'entre elles) ou 2 (pour les 23 autres).

N°	Nom de la formation géologique	Note géotechnique	Données des Bouches-du-Rhône incluant les données provenant des départements voisins (Vaucluse et Alpes-du-Haute-Provence)															
			Valeur de Bleu (Vb) - g / 100 g				Indice de Plasticité (Ip) - %				Retrait linéaire (Rl)				Coefficient de gonflement (Cg)			
			nb éch.	moy	min	max	nb éch.	moy	min	max	nb éch.	moy	min	max	nb éch.	moy	min	max
39	Alluvions à limons argileux (Quaternaire)	1	12	2,4	0,2	6,2	26	16,1	6,5	36	2	0,49	0,31	0,66				
38	Alluvions et cônes de déjection (Quaternaire)	3	7	6,5	2,5	11,3	32	24,3	7	45	2	0,37	0,28	0,46	1	0,078	0,078	0,078
37	Marnes et argiles du Quaternaires	-																
36	Colluvions (Quaternaire)	2	8	3,0	1,4	4,8	14	33,1	21	56	12	0,58	0,11	1,60	7	0,029	0,013	0,042
35	Tourbes, limons, sables et vases (Quaternaire)	3					5	28,2	17	42								
34	Marnes et sables Pliocène et pouargues du Miocène supérieur (Vénaise)	2	12	3,9	1,8	7,7	6	16,1	7,9	39,3	1	0,35	0,35	0,35	16	0,036	0,003	0,080
33	Calcaire, calcaires, sables et argiles du Vindobonien	2					7	16,0	16	16								
32	Argiles calcaires d'Isère du Vindobonien	1	1	1,9	1,9	1,9												
31	Marnes sableuses micacées de l'Helvétien	2	1	2,8	2,8	2,8	1	9,0	9	9								
30	Sables, molasse et argile du Burdigalien	4	2	10,1	9,3	11,0					2	0,52	0,45	0,59				
29	Calcaire marneux du Burdigalien	2	5	2,5	1,2	4,3	5	24,0	13	39								
28	Conglomérats, grès et calcaires de l'Oligocène - Miocène inférieur	2	1	5,1	5,1	5,1	10	20,5	5	43	1	0,80	0,80	0,80				
27	Sables, calcaires, marnes et argiles de l'Oligocène - Miocène inférieur	2	5	4,3	3,1	8,0	9	22,2	11	40	5	2,10	0,40	6,00				
26	Formation des Mées de l'Oligocène moyen	2	6	3,7	1,9	10,6	32	16,6	5	39	3	0,36	0,22	0,45				
25	Calcaire de Piedautry, argiles et poudingues du Stampien	3	23	2,9	0,4	6,2	31	17,1	5	44	3	2,17	0,40	4,30				
24	Marnes à Microcodium de l'Éocène indifférencié	2	2	2,1	1,9	2,2	2	18,9	13	24,7	1	0,65	0,65	0,65				
23	Sables argileux et marnes de l'Éocène	2	2	4,1	3,0	5,2	1	16,0	16	16								
22	Calcaire Lutétien	2	5	3,9	0,8	6,2	3	22,3	11,8	29								
21	Calcaires et marnes du Thanétien - Sparnacien	2	10	2,9	0,3	6,1	22	17,0	8	31	1	0,34	0,34	0,34	2	0,010	0,010	0,010
20	Argiles et calcaires argileux du Morien	2	1	2,7	2,7	2,7												
19	Argiles, grès et calcaires indifférenciés du Maestrichien supérieur	2	14	5,3	1,1	8,0	14	19,0	7	46	2	0,46	0,35	0,56	1	0,014	0,014	0,014
18	Argiles et grès du Maestrichien supérieur	2	3	4,4	1,8	7,0	21	14,9	8	27	1	0,82	0,82	0,82	1	0,014	0,014	0,014
17	Calcaire de la gare de Rognac	1	1	0,4	0,4	0,4	5	14,8	5	20,5								
16	Argiles, marnes et grès du Maestrichien inférieur	2	6	4,2	2,1	7,5	17	17,4	7	27	7	0,48	0,15	1,19	2	0,029	0,023	0,054
15	Calcaires, marnes et poudingues du Maestrichien inférieur	2	4	4,0	1,3	6,7	35	17,0	6	33,8	6	0,54	0,30	1,17				
14	Calcaires, argiles et calcaires argileux du Valde-Fuveau	2	3	4,5	1,1	5,7	7	19,9	9	27	3	0,51	0,40	0,60				
13	Marnes du Coniacien-Santonien	-																
12	Marnes, grès et calcaires marneux du Turonien-Oligocène	1	1	1,8	1,8	1,8												
11	Marno-calcaires, grès et sables du Crétacé Supérieur	2	6	3,9	1,0	7,4	3	12,7	10	18								
10	Calcaires et marnes noirs du Gargasien	3	10	3,9	0,9	11,3	23	21,0	8	41	2	0,44	0,34	0,53	5	0,058	0,045	0,085
9	Calcaires argileux et marneux du Bédoulien	3	1	6,1	6,1	6,1	5	20,7	12	33	1	2,60	2,60	2,60	3	0,054	0,035	0,077
8	Marnes et calcaires argileux du Hauteriviens supérieur (Rocès (Oligocène))	2	4	4,5	3,6	8,4	6	18,0	12	25								
7	Marnes à Toxaster de l'Hauteriviens inférieur	-																
6	Marnes et calcaires argileux du Jurassique supérieur et Néocomien	2	1	3,9	3,9	3,9												
5	Calcaires argileux du Jurassique supérieur et Néocomien	2	1	3,7	3,7	3,7												
4	Calcaires marneux du Jurassique	2	1	3,0	3,0	3,0												
3	Calcaires et calcaires marneux du Toarcien et Callovo-Oxfordien	1	1	2,3	2,3	2,3												
2	Marnes noires et grès du Toarcien et Callovo-Oxfordien	1	2	2,2	0,9	3,5												
1	Cagneukes, dolomies et gypse du Trias	1	1	0,4	0,4	0,4												

Illustration 26 : Synthèse des données géotechniques et note géotechnique

5.5. ELABORATION DE LA CARTE DE SUSCEPTIBILITÉ

5.5.1. Détermination d'un degré de susceptibilité

Au total, chaque formation reçoit donc trois notes pour les différents critères pris en compte selon les classifications énumérées ci-dessus. La note totale affectée à la formation correspond à la moyenne de ces notes. Si un des critères n'a pas pu être déterminé, voire apprécié, pour une formation en raison d'un manque de données, la note finale de la formation est calculée par la moyenne des notes qui ont pu lui être attribuées.

Les notes globales ainsi obtenues pour chaque formation permettent de déterminer un degré de susceptibilité vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement. Trois niveaux de susceptibilité (faible, moyen et fort) sont ainsi retenus en fonction de la note moyenne de susceptibilité (Illustration 27).

Note moyenne	Degré de susceptibilité
valeur ≤ 2	faible
$2 < \text{valeur} \leq 3$	moyen
valeur > 3	fort

Illustration 27 : Barème d'évaluation de la susceptibilité globale d'une formation argileuse

5.5.2. Susceptibilité des formations argileuses ou marneuses

Sur les 39 formations géologiques sélectionnées dans les Bouches-du-Rhône, ce calcul a permis d'obtenir le classement relatif suivant :

- 4 formations sont jugées fortement susceptibles vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement ;
- 22 formations sont considérées moyennement susceptibles au retrait-gonflement ;
- 13 formations sont faiblement susceptibles au retrait-gonflement.

Ce classement est représenté sur l'illustration 28.

N°	Nom de la formation géologique	Note lithologique	Note minéralogique	Note géotechnique	Moyenne	Susceptibilité
39	Alluvions à limons argileux (Quaternaire)	2	3	1	2,0	faible
38	Alluvions et cônes de déjection (Quaternaire)	1	3	3	2,3	moyenne
37	Marnes et argiles du Quaternaires	4	3	—	3,5	forte
36	Colluvions (Quaternaire)	1	4	2	2,3	moyenne
35	Tourbes, limons, sables et vases (Quaternaire)	3	1	3	2,3	moyenne
34	Marnes et sables Pliasancien et poudingues du Miocène supérieur (Valensole)	2	3	2	2,3	moyenne
33	Calcarénite, calcaires, sables et argiles du Vindobonien	2	4	2	2,7	moyenne
32	Argiles calcaire d'Istres du Vindobonien	3	4	1	2,7	moyenne
31	Marnes sableuses micacées de l'Helvétien	3	3	2	2,7	moyenne
30	Sables, molasse et argile du Burdigalien	3	2	4	3,0	moyenne
29	Calcaire marneux du Burdigalien	2	—	2	2,0	faible
28	Conglomérats, grès et calcaires de l'Oligocène - Miocène inférieur	1	4	2	2,3	moyenne
27	Sables, calcaires, marnes et argiles de l'Oligocène - Miocène inférieur	3	3	2	2,7	moyenne
26	Formation des Milles de l'Oligocène moyen	3	3	2	2,7	moyenne
25	Calcaire de Piedautry, argiles et poudingues du Stampien	3	3	3	3,0	moyenne
24	Marnes à Microcodium de l'Éocène indifférencié	4	2	2	2,7	moyenne
23	Sables argileux et marnes de l'Éocène	3	1	2	2,0	faible
22	Calcaire Lutétien	1	2	2	1,7	faible
21	Calcaires et marnes du Thanétien - Sparnacien	2	1	2	1,7	faible
20	Argiles et calcaires argileux du Montien	3	2	2	2,3	moyenne
19	Argiles, grès et calcaires indifférenciés du Maestrichtien supérieur	2	3	2	2,3	moyenne
18	Argiles et grès du Maestrichtien supérieur	3	3	2	2,7	moyenne
17	Calcaire de la gare de Rognac	1	2	1	1,3	faible
16	Argiles, marnes et grès du Maestrichtien inférieur	4	4	2	3,3	forte
15	Calcaires, marnes et poudingues du Maestrichtien inférieur	3	4	2	3,0	moyenne
14	Calcaires, argiles et calcaires argileux du Valdo-fuvélien	3	4	2	3,0	moyenne
13	Marnes du Coniacien-Santonien	3	—	—	3,0	moyenne
12	Marnes, grès et calcaires marneux du Turonien Cénomani	2	—	1	1,5	faible
11	Marno-calcaires, grès et sables du Crétacé Supérieur	2	—	2	2,0	faible
10	Calcaires et marnes noires du Gargasien	4	3	3	3,3	forte
9	Calcaires argileux et marneux du Bédoulien	3	4	3	3,3	forte
8	Marnes et calcaires argileux de l'Hauteriviens supérieur (faciès Urgonien)	1	4	2	2,3	moyenne
7	Marnes à Toxaster de l'Hauteriviens inférieur	3	—	—	3,0	moyenne
6	Marnes et calcaires argileux du Jurassique supérieur et Néocomien	3	4	2	3,0	moyenne
5	Calcaires argileux du Jurassique supérieur et Néocomien	2	2	2	2,0	faible
4	Calcaires marneux du Jurassique	2	1	2	1,7	faible
3	Calcaires et calcaires marneux du Toarcien et Callovo-Oxfordien	3	1	1	1,7	faible
2	Marnes noires et grises du Toarcien et Calloviens - Oxfordien	3	1	1	1,7	faible

Illustration 28 : Degré de susceptibilité des formations

5.5.3. Carte de susceptibilité

La carte départementale de susceptibilité a été tracée à partir de la carte synthétique des formations argileuses ou marneuses, en attribuant à chacune des formations géologiques la classe de susceptibilité définie précédemment. Cette carte est présentée en carte hors-texte 2 à l'échelle 1/120 000 et sur l'illustration 30.

Les zones blanches de la carte correspondent aux formations a priori non argileuses, et donc théoriquement non sujettes au phénomène de retrait-gonflement. Cependant, on ne peut exclure que ces formations soient recouvertes localement de placages superficiels argileux ou contiennent des poches d'argile, non représentés sur la carte géologique actuelle, liés en particulier à l'hétérogénéité de formations essentiellement sableuses pouvant contenir localement des lentilles d'argile ou à l'altération de formations carbonatées.

Les formations argileuses ou mameuses sont représentées par trois couleurs (jaune, orange ou rouge) selon leur degré respectif de susceptibilité croissant vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement (faible, moyen ou fort).

Le graphique et le tableau présentés respectivement sur les Illustrations 29 et 31 indiquant quelles sont les superficies caractérisées par des degrés de susceptibilité faible, moyen et fort, ainsi que les zones a priori non sujettes au phénomène car correspondant à des formations considérées comme non argileuses et au réseau hydrographique.

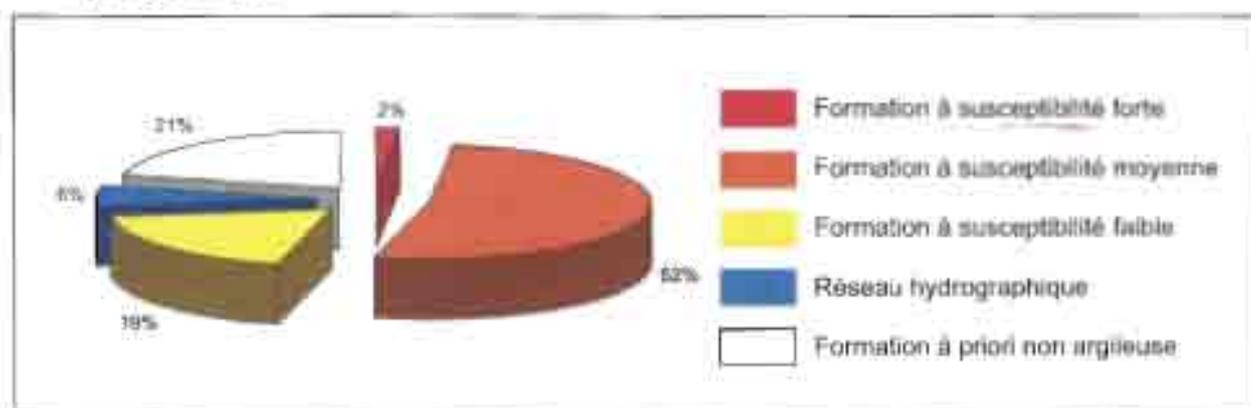


Illustration 29 : Comparaison de la superficie des terrains en fonction de leur susceptibilité

La surface d'affleurement des formations considérées comme fortement susceptibles couvre presque 2 % du département, et correspondent en grande partie aux *Argiles, marnes et grès du Maestrichtien inférieur* et aux *Calcaires argileux et mameux du Bédoulien*. Les formations de susceptibilité moyenne couvrent quant à elles plus de la moitié du département (52 %), tandis que celles de susceptibilité faibles représentent à peine un cinquième du département. Plus d'un quart du département (27 %) n'est a priori pas susceptible au retrait-gonflement des argiles, ce qui correspond aux formations considérées comme non argileuses et au réseau hydrographique.

Il apparaît donc que les surfaces caractérisées par une susceptibilité faible ou moyenne sont largement prépondérantes dans les Bouches-du-Rhône : elles correspondent en grande partie à des formations souvent hétérogènes, mais dont les caractéristiques minéralogiques et géotechniques des faciès argileux sont moyennes ou élevées. Cela se traduit par des notes lithologiques relativement faibles, mais des notes minéralogiques et géotechniques moyennes à élevées.

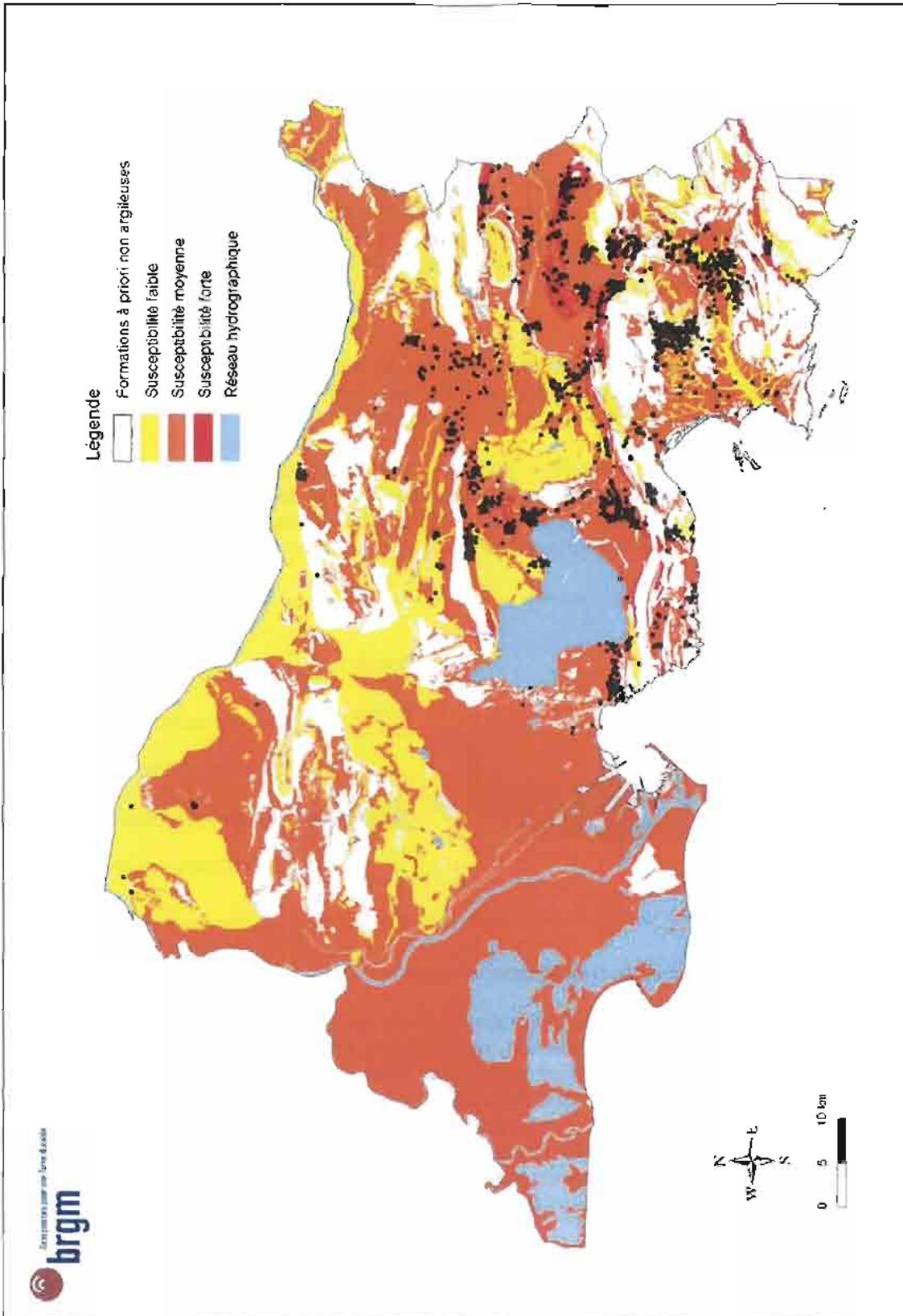


Illustration 30 : Carte de susceptibilité au retrait-gonflement des argiles

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône

N°	Nom de la formation géologique	Superficie km²	% de la superficie totale	Susceptibilité
37	Marnes et argiles du Quaternaires	3,6	0,07	forte
16	Argiles, marnes et grès du Maestrichtien inférieur	46,5	0,91	forte
10	Calcaires et marnes noires du Gargasien	13,4	0,26	forte
9	Calcaires argileux et marnes du Bédoulien	27,1	0,53	forte
Total formations susceptibilité forte		89,6	1,77 %	
38	Alluvions et cônes de déjection (Quaternaire)	252,7	4,95	moyenne
36	Colluvions (Quaternaire)	499,4	9,78	moyenne
35	Tourbas, limons, sables et vases (Quaternaire)	1038,3	20,33	moyenne
34	Marnes et sables Plaisancien et poudingues du Miocène supérieur (Valensole)	67,6	1,32	moyenne
33	Calcarénite, calcaires, sables et argiles du Vindobonien	13,0	0,25	moyenne
32	Argiles calcaire d'Istres du Vindobonien	0,3	0,01	moyenne
31	Marne sableuse micacée de l'Helvétien	11,7	0,23	moyenne
30	Sables, molasse et argile du Burdigalien	11,4	0,22	moyenne
28	Conglomérats, grès et calcaires de l'Oligocène - Miocène inférieur	86,4	1,69	moyenne
27	Sables, calcaires, marnes et argiles de l'Oligocène - Miocène inférieur	36,9	0,72	moyenne
26	Formation des Milles de l'Oligocène moyen	53,0	1,04	moyenne
25	Calcaire de Piedautry, argiles et poudingues du Stampien	97,9	1,92	moyenne
24	Marnes à Microcodium de l'Éocène indifférencié	1,4	0,03	moyenne
20	Argiles et calcaires argileux du Montien	17,8	0,35	moyenne
19	Argiles, grès et calcaires indifférenciés du Maestrichtien supérieur	58,5	1,15	moyenne
18	Argiles et grès du Maestrichtien supérieur	42,4	0,83	moyenne
15	Calcaires, marnes et poudingues du Maestrichtien inférieur	63,2	1,24	moyenne
14	Calcaires, argiles et calcaires argileux du Valdo-fuvélien	57,4	1,12	moyenne
13	Marnes du Coniacien Santonien	4,5	0,09	moyenne
8	Marnes et calcaires argileux de l'Hauterivien supérieur (faciés Urgonien)	187,0	3,66	moyenne
7	Marnes à Toxaster de l'Hauterivien inférieur	0,7	0,01	moyenne
6	Marnes et calcaires argileux du Jurassique supérieur et Néocomien	61,5	1,20	moyenne
Total formations susceptibilité moyenne		2663,0	52,15 %	
39	Alluvions à limons argileux (Quaternaire)	700,2	13,71	faible
29	Calcaire marnes du Burdigalien	0,6	0,01	faible
23	Sables argileux et marnes de l'Éocène	0,8	0,02	faible
22	Calcaire Lutétien	37,1	0,73	faible
21	Calcaires et marnes du Thanétien - Sparnacien	85,7	1,68	faible
17	Calcaire de la gare de Rognac	1,4	0,03	faible
12	Marnes, grès et calcaires marnes du Turonien Cénomaniens	9,6	0,19	faible
11	Marno-calcaires, grès et sables du Crétacé Supérieur	26,3	0,52	faible
5	Calcaires argileux du Jurassique supérieur et Néocomien	82,6	1,62	faible
4	Calcaires marnes et biodétritiques du Domérien - Toarcien et Bajocien - Bathonien indifférencié	23,2	0,45	faible
3	Calcaires et calcaires marnes du Toarcien et Callovo-Oxfordien	6,0	0,12	faible
2	Marnes noires et grises du Toarcien et Callovien - Oxfordien	4,8	0,09	faible
1	Cargneules, dolomies et gypse du Trias	4,8	0,09	faible
Total formations susceptibilité faible		983,0	19,25 %	
Total formations argileuses		3738,50	77,73 %	
999	Réseau hydrographique	291,86	5,72 %	
1000	Formations à priori non argileuses	1077,57	21,11 %	
Total département		5105,93	100 %	

Illustration 31 : Classement des formations par susceptibilité et surfaces d'affleurement

6. Inventaires des communes sinistrées et des sinistres sécheresse - détermination du critère densité de sinistres

6.1. PROCÉDURE DE DEMANDE DE RECONNAISSANCE DE L'ÉTAT DE CATASTROPHE NATURELLE

Dans le cadre de la loi n°82-600 du 13 juillet 1982 sur les catastrophes naturelles, et à l'initiative des sinistrés, un dossier technique est établi par un bureau d'études afin de demander la reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle dans la commune concernée, au titre des mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols. Aux termes de cette loi, les propriétaires de bâtis peuvent se considérer comme victimes des effets "des catastrophes naturelles, dommages matériels directs ayant pour cause déterminante l'intensité anormale d'un agent naturel – dans le cas présent, la sécheresse ou la réhydratation des sols – lorsque les mesures habituelles pour prévenir ces dommages n'ont pu empêcher leur survenance".

Les dossiers techniques des communes sont transmis aux services de la Préfecture pour leur présentation à la Commission Interministérielle statuant sur la reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle.

Pour que les dossiers qui lui sont soumis soient déclarés recevables, la Commission Interministérielle exige que les critères suivants soient satisfaits :

- les désordres ne doivent pas relever d'une cause autre que la sécheresse ou la réhydratation des sols ;
- le caractère exceptionnel du phénomène climatique doit être prouvé ;
- la nature du sol doit être essentiellement argileuse, de sorte qu'elle permette le retrait par dessiccation ou le gonflement par réhydratation ;
- le niveau de fondation doit se trouver dans la zone de sol subissant la dessiccation ;
- l'évolution des désordres doit être corrélée dans le temps avec celle du phénomène climatique exceptionnel.

Depuis décembre 2000, l'analyse du contexte climatique est confiée à Météo France et effectuée sur la base d'un suivi de l'état hydrique des sols, calculé dans 92 stations de référence au moyen d'un modèle à double réservoir, sur la base d'une réserve utile de 200 mm, dont on suit le niveau de remplissage au pas de temps décadaire. La comparaison de l'état hydrique des sols (qui dépend essentiellement des précipitations et de l'évapotranspiration) par rapport aux moyennes normales, permet d'identifier les périodes de sécheresse exceptionnelles qui ont d'abord été définies comme étant des périodes de quatre trimestres consécutifs pour lesquels la réserve en eau du sol est

inférieure à la normale, avec au moins une décade située au cours du premier trimestre (janvier à mars, période de recharge hivernale) où la réserve en eau est inférieure à 50% de la normale. Ces critères ont été modifiés pour la reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle sécheresse pour la période de l'été 2003.

Les études menées en vue de la reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle sur une commune ne sont habituellement réalisées que sur quelques cas de désordres de bâtis par commune. L'ensemble des sinistres d'une commune est rarement pris en compte et il n'est pas rare qu'un seul sinistre permette de classer l'ensemble de la commune en état de catastrophe naturelle. Par ailleurs, dès lors qu'une commune a été reconnue une fois, il n'est pas exigé d'étude géotechnique supplémentaire pour définir une nouvelle période de reconnaissance.

De surcroît, ces études préalables sont généralement très succinctes. Une visite de terrain permet de réaliser un bref audit des sinistres, de noter les dates d'apparition des premiers désordres (pour les comparer avec les chroniques pluviométriques), d'observer les pathologies et la nature des terrains, de noter la présence éventuelle de végétation arborée à proximité du bâti sinistré et de recueillir le témoignage des propriétaires. L'examen de la carte géologique du BRGM à l'échelle du 1/50 000, complété éventuellement par des observations de terrain ou des sondages, permettent de préciser la nature des formations géologiques environnant les sinistres et de déterminer la formation argileuse ou marneuse en cause.

Ces dossiers techniques ne constituent donc qu'une première approche, souvent très rapide, du problème. Après reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle dans la commune, des études plus approfondies sont généralement réalisées à la demande des compagnies d'assurance afin de déterminer le niveau de remboursement des dégâts et proposer des solutions de confortement. Les experts en charge de ces diagnostics font alors souvent appel à des bureaux d'études spécialisés pour réaliser des études géotechniques qui permettent de préciser l'origine des désordres. Ces études de sols ne sont cependant pas systématiques.

Dans le cas du département des Bouches-du-Rhône, les bureaux d'études ayant constitué les dossiers techniques pour la procédure de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle sont principalement Fondasol, CETE, GIA, Geosite et Solen.

6.2. IDENTIFICATION DES COMMUNES SINISTRÉES

6.2.1. Localisation des communes sinistrées

A la date du 31 mai 2004, 50 communes du département des Bouches-du-Rhône avaient été reconnues en état de catastrophe naturelle au titre de mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et réhydratation des sols. Ces communes représentent 42% des 119 communes que compte le département.

Par ailleurs, depuis la sécheresse de l'été 2003, de nouvelles communes ont fait une demande de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle à la préfecture.

La liste des communes reconnues en état de catastrophe naturelle est présentée dans le tableau de l'annexe 2, ainsi que les périodes concernées et le nombre d'arrêtés préfectoraux pris par commune. La localisation des 50 communes des Bouches-du-Rhône ayant fait l'objet d'un arrêté de catastrophe naturelle, pour des problèmes de retrait-gonflement des argiles, donne un aperçu de la répartition géographique des zones touchées par ce phénomène (Illustration 32).

Au total, 35 arrêtés interministériels successifs reconnaissant l'état de catastrophe naturelle sécheresse ont été pris à ce jour dans le département des Bouches-du-Rhône : ce sont les arrêtés des 14/01/1992, 25/01/1993, 18/05/1993, 16/08/1993, 06/12/1993, 27/05/1994, 30/06/1994, 15/11/1994, 03/03/1995, 18/08/1995, 24/10/1995, 08/01/1996, 18/03/1996, 03/04/1996, 01/10/1996, 17/12/1997, 02/02/1998, 09/04/1998, 12/06/1998, 15/07/1998, 10/08/1998, 18/09/1998, 23/02/1999, 19/03/1999, 19/05/1999, 22/06/1999, 27/12/2000, 06/07/2001, 12/03/2002, 30/04/2002, 01/08/2002, 29/10/2002, 17/12/2002, 30/04/2003, 03/10/2003.

La plupart de ces arrêtés concernent plusieurs communes et, pour l'un d'entre eux, deux périodes distinctes. Le nombre total d'occurrences ainsi reconnues dans le département (en distinguant par commune et par période) s'élève à 105 (soit 2,1 occurrences par commune si l'on se limite aux communes ayant bénéficié d'un arrêté et 1,13 occurrence par commune si l'on rapporte ces chiffres au nombre total de communes du département). D'après les données de la Caisse Centrale de Réassurance (octobre 2003), ce nombre d'occurrences reconnues place les Bouches-du-Rhône à la 28^{ème} position des départements français les plus touchés, certes loin derrière certains départements du Sud-Ouest (889 occurrences reconnues dans le Gers, 829 en Haute-Garonne, 740 en Dordogne, par exemple), mais devant les départements voisins des Alpes-de-Haute-Provence et du Vaucluse (avec 36 occurrences reconnues pour chacun de ces deux départements), respectivement à la 40 et 41^{ème} place. Cependant, si l'on se réfère au classement des départements français en terme de coût d'indemnisation, les Bouches-du-Rhône occupent la 7^{ème} place, loin devant les départements voisins des Alpes-de-Haute-Provence (21^{ème} place) et du Vaucluse (26^{ème} place).

De fait, la carte (illustration 32) montre que les communes reconnues en état de catastrophe naturelle pour le retrait-gonflement des argiles sont situées dans l'ensemble du département, mais avec une répartition inégale. Dans le quart sud-est du département, la proportion de communes sinistrées est très élevée, et la durée de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle peut dépasser les 8 années. Dans le nord et la moitié ouest du département, la proportion de communes sinistrées est nettement moins élevée voir inexistante.

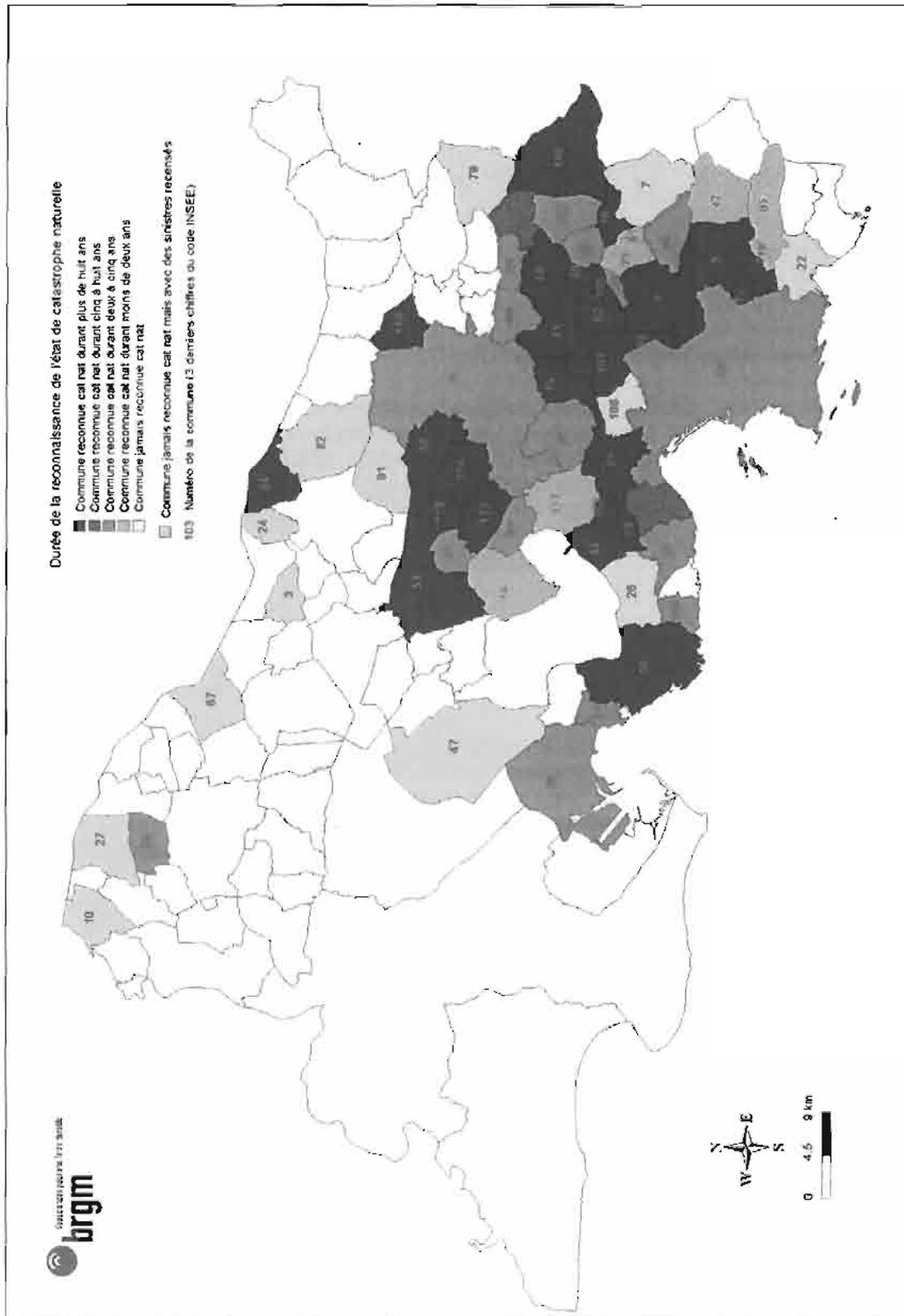


Illustration 32 : Carte des communes où l'état de catastrophe naturelle sécheresse a été reconnu au moins une fois (à la date du 31 mai 2004)

6.2.2. Analyse des périodes reconnues en état de catastrophe naturelle

Au total, 35 arrêtés interministériels (données www.prim.net de mai 2004) constatant l'état de catastrophe naturelle dans des communes du département des Bouches-du-Rhône ont ainsi été publiés au Journal Officiel entre 1991 et 2003, au titre de mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols. Sur les 50 communes reconnues en état de catastrophe naturelle, 8 n'ont fait l'objet que d'un seul arrêté et 16 de deux arrêtés. Ainsi, seulement 19 communes du département ont fait l'objet de 3 arrêtés, 5 communes de 4 arrêtés et 2 communes ont fait l'objet de 5 arrêtés, nombre maximum d'arrêtés par communes connu dans les Bouches-du-Rhône à ce jour (Peynier et Trets).

Ceci est important au regard de la mise en application du système de modulation de franchise mis en place en septembre 2000 et qui prévoit une augmentation de la franchise à chaque nouvel arrêté (compté désormais sur les 5 dernières années, suite à l'arrêté du 4 août 2003, et non plus depuis 1995 comme initialement), à défaut d'élaboration de documents de prévention de type Plans de Prévention des Risques naturels (PPR). Il est d'ailleurs à noter qu'à ce jour, aucun PPR retrait-gonflement des argiles n'a été prescrit dans les Bouches-du-Rhône. Les données fournies en annexe 2 indiquent par ailleurs que la durée de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle varie fortement d'une commune à l'autre et d'un arrêté à l'autre. Certains arrêtés couvrent des périodes de plusieurs années consécutives, d'autres concernent quelques mois seulement. C'est pourquoi il est apparu préférable de raisonner non pas seulement en nombre d'arrêtés par commune mais plutôt en nombre de mois reconnus par commune. Ce sont ces éléments qui ont été synthétisés dans l'illustration 34.

L'analyse de ces données montre que dans certaines communes, les périodes de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle ont été continues : la fin d'une période correspondant à un arrêté était immédiatement suivie par le début de la période concernée par l'arrêté suivant :

- 25 communes ont été reconnues pendant au moins 8 ans, c'est-à-dire de façon continue entre mai 1989 et septembre 1998 ;
- 2 communes ont été reconnues en état de catastrophe naturelle pour une durée totale comprise entre 5 et 8 ans ;
- 29 communes ont été reconnues en état de catastrophe naturelle entre 2 et 5 ans ;
- 7 communes concernées ont été reconnues en état de catastrophe naturelle pour une durée inférieure à 2 ans.

L'importance des durées de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle pour les communes des Bouches-du-Rhône fait que le département est classé au ~~17~~¹⁷^{ème} rang des départements français si l'on considère le nombre de jours reconnus en état de catastrophe naturelle multiplié par la surface des communes concernées (données CCR, octobre 2003). Cette analyse de la durée totale par commune des périodes de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle sécheresse amène au passage à s'interroger sur la signification de ces décisions dans la mesure où certaines des

années incluses dans cette période (1993 à 1995 notamment) ont été particulièrement pluvieuses.

Cette analyse est par ailleurs confirmée par le graphique présentée sur l'illustration 33, qui indique, mois par mois, le nombre de communes reconnues en état de catastrophe naturelle sécheresse dans le département. Le pic de sécheresse reconnu de 1989–1991 est bien visible, ainsi que celui de 1998. En revanche celui de 1996–1997 pourtant très net dans d'autres régions n'apparaît pas dans ce département. Les creux correspondant aux années pluvieuses de 1993 et 1995 sont reconnaissables, mais il reste en permanence une dizaine de communes reconnues en état de catastrophe naturelle quelles que soient les conditions météorologiques.

Il faut cependant noter que certaines déclarations de sinistres sont tardives, ce qui peut en partie expliquer que les périodes de déficit hydrique et les dates de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle ne soient pas vraiment corrélées. En effet, après une période de dessiccation intense et profonde des sols, le retour à un état hydrique normal est lent et il subsiste souvent en profondeur des zones de sol argileux anormalement desséchées qui restent sensibles à des variations saisonnières, même de faible amplitude. En d'autres termes, un déficit hydrique intense est nécessaire pour amorcer les premiers mouvements différentiels du sol mais ensuite, la structure du sol et du bâti ayant été fragilisée, de faibles amplitudes hydriques suffisent à provoquer la réouverture ou l'aggravation des premières fissures. C'est pourquoi certains propriétaires réagissent avec retard et déclarent des sinistres à une période où les précipitations sont revenues à un niveau normal.

Il n'est pas exclu non plus que le gonflement des argiles, consécutif à la pluviométrie importante qu'a connue le département, notamment à la fin des années 1980 et dans la période 1994 - 1997, ait pu être ponctuellement à l'origine de certains sinistres, ou du moins ait aggravé les effets de mouvements différentiels antérieurs.

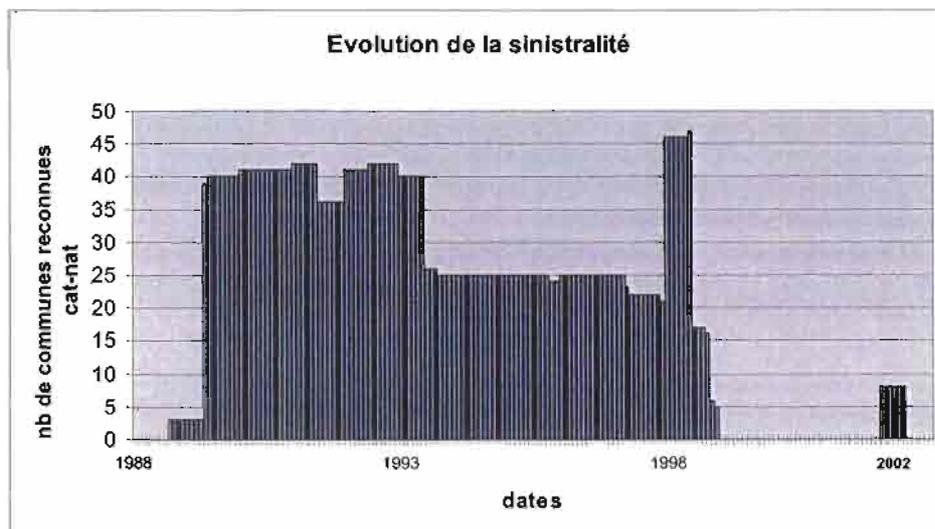


Illustration 33 : Evolution de la sinistralité sur plus de dix ans dans les Bouches-du-Rhône

Code INSEE de la commune	Commune	Nombre d'arrêtés par commune	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	Nombre total de mois reconnus cat nat
13001	AIX-EN-PROVENCE	4																56
13002	ALLAUCH	3																114
13005	AUBAGNE	4																124
13013	BELCODENE	1																44
13014	BERRE-L'ETANG	1																6
13015	BOUC-BEL-AIR	4																110
13016	LA BOUILLADISSE	3																102
13019	CABRIES	3																56
13020	CADOLIVE	2																59
13025	CHATEAUNEUF-LE-ROUGE	2																24
13031	LA DESTROUSSE	1																1
13032	EGUILLES	2																116
13033	ENSUES-LA-REDONNE	3																44
13036	EYRAGUES	3																42
13037	LA FARE-LES-OLIVIERS	2																50
13039	FOS-SUR-MER	1																44
13040	FUVEAU	2																114
13041	GARDANNE	2																114
13042	GEMENOS	1																6
13043	GIGNAC-LA-NERTHE	3																120
13046	GREASQUE	3																114
13051	LANCON-PROVENCE	2																119
13054	MARIGNANE	3																110
13055	MARSEILLE	3																56
13056	MARTIGUES	2																114
13060	MEYREUIL	3																50
13062	MIMET	3																114
13070	LA PENNE-SUR-HUVEAUNE	3																128
13071	LES PENNES-MIRABEAU	2																101
13072	PEYNIER	5																56
13073	PEYPIN	2																12
13075	PLAN-DE-CUQUES	3																114
13077	PORT-DE-BOUC	3																30
13081	ROGNAC	3																56
13084	LA ROQUE-D'ANTHERON	2																101
13085	ROQUEFORT-LA-BEDOULE	1																6
13086	ROQUEVAIRE	3																56
13087	ROUSSET	3																64
13088	LE ROVE	4																62
13101	SAINT-SAVOURNIN	2																114
13102	SAINT-VICTORET	2																110
13104	SAUSSET-LES-PINS	4																38
13107	SIMIANE-COLLONGUE	2																115
13110	TRETS	5																116
13112	VELAUX	3																114
13113	VENELLES	2																116
13114	VENTABREN	3																109
13117	VITROLLES	1																6
13118	COUDOUX	2																116
13119	CARNOUX-EN-PROVENCE	1																6

Illustration 34 : Périodes de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle pour chaque commune



Cette hypothèse est cependant rarement mise en évidence par les bureaux d'études, sauf dans les cas particuliers de villas construites en période de déficit hydrique sur des sols anormalement desséchés en fond de fouille et qui ont subi des désordres lors de la réhydratation.

Quant à l'arrêt des reconnaissances de catastrophe naturelle observée depuis fin 1999, il s'explique en grande partie par la modification, survenue en décembre 2000, des critères d'évaluation du déficit hydrique, sur la base d'un bilan hydrique établi par Météo France. La mise en place de ce critère, relativement restrictif, s'est d'ailleurs traduite, dans le département, par plusieurs rejets de dossiers.

6.3. COLLECTES DES DONNEES DE SINISTRES

Le recensement effectué dans le cadre de l'étude a permis de recenser 3 880 sinistres déclarés dans tout le département des Bouches-du-Rhône (Illustration 35). La plupart des adresses de sinistres ont été recueillies auprès des mairies. Sur les 50 communes sinistrées contactées, 45 (soit plus de 90%) ont répondu et ont envoyé des listes de sinistres. Les communes n'ayant pas répondu sont Eguilles, Martigues, Peypin et Carnoux-en-Provence. La commune de Gardanne a répondu au moment de la rédaction du rapport, et les données n'ont pas été intégrées. Néanmoins, les données obtenues par ailleurs (bureaux d'études, assurances, CCR) ont permis de recueillir des informations sur l'existence de sinistres sur ces cinq communes.

De la même façon, 6 communes supplémentaires ayant fait une demande (en janvier 2004) de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle suite à la sécheresse de l'été 2003 ont été contactées, une commune (Beaurecueil) n'a pas répondu. 118 sinistres ont été recensés sur les 5 communes ayant demandé la reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle sécheresse.

Enfin, ce fichier a été complété par un certain nombre de données communiquées par des bureaux d'étude (notamment FONDASOL, JUVENTIN, GEOSITE et GIA) et des mutuelles d'assurance (MAIF, MAAF, Matmut et Groupama) signalant l'existence de sinistres.

Au total, les sinistres retrait-gonflement recensés dans le département des Bouches-du-Rhône sont répartis dans 81 communes. L'illustration 36 présente la proportion des communes les plus sinistrées parmi les 50 communes possédant un arrêté de catastrophe naturelle sécheresse.

Ainsi :

- 4% des communes reconnues en état de catastrophe naturelle n'ont signalé qu'un seul sinistre ;
- 88% des communes interrogées présentent plus de 20 sinistres localisés ;
- 6% seulement des communes ont permis de localiser plus de 200 sinistres chacune.

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône

Code INSEE	Nom de la commune	Nombre d'arpents cadastrés	Nombre de sinistres recensés	Nombre de sinistres recensés	Code INSEE	Nom de la commune	Nombre d'arpents cadastrés	Nombre de sinistres recensés	Nombre de sinistres recensés	
13001	ARLEN-PROVENCE	4	41	24	13081	MEZOURES	3	4	3	
13002	ALLAUBERT	3	23	24	13082	MILET	3	22	21	
13003	ALZINE	0	1	1	13083	MIRAMAS	3	7	3	
13004	ARLES	0	2	0	13084	MOLLENOT	0	2	0	
13005	AUBAGNE	4	347	347	13085	MOURBES	0	0	0	
13006	AUPRESILLE	0	0	0	13086	NOVES	0	0	0	
13007	AURON	2	1	1	13087	ORIGNAN	0	1	1	
13008	AUXONS	0	0	0	13088	PARADOU	0	0	0	
13009	LA BARRIE	0	0	0	13089	PELISSANNE	0	0	0	
13010	BARBENTANE	0	0	0	13090	LA FEMME-SUR-ALBONNE	1	42	30	
13011	LES BAINS-DE-PROVENCE	0	2	2	13091	LES FOLLIES-MARSAIS	1	21	21	
13012	BERRE-LE-CHÉAL	0	0	0	13092	PEÑON	0	122	127	
13013	BELLEGARDE	1	34	36	13093	PEYRON	2	13	12	
13014	BERRA-ETANG	1	28	28	13094	PIYROLLES-EN-PROVENCE	0	0	0	
13015	BELLEGUARD	4	109	104	13095	PLANTE-COQUE	0	71	71	
13016	LA BOULLAISONNE	1	104	81	13096	PLAN-D'ORON	0	0	0	
13017	BELVÈGE	0	0	0	13097	PORT-DE-SOUC	2	30	34	
13018	CHARENTON	0	0	0	13098	PORT-SAINT-LOUIS-OU-ROHON	0	0	0	
13019	CHATELON	1	18	18	13099	PUYLUGUET	0	119	119	
13020	CAHOUË	1	120	117	13100	LE PUY-SAINT-REPARAIS	0	0	0	
13021	CAMPY-LE-ROUGE	0	0	0	13101	ROGNAC	2	180	180	
13022	CASSIS	0	2	4	13102	ROQUES	0	1	1	
13023	CYRÉSTE	0	0	0	13103	ROUSSILLON	0	0	0	
13024	CHATELAIN	0	1	1	13104	LA BOULLE-D'ANTHÈME	2	21	21	
13025	CHATELAIN-LE-ROUGE	2	34	34	13105	ROQUIFORT-LA-BECCOLE	1	48	48	
13026	CHATELAIN-LES-MARQUISÉS	1	0	2	13106	ROQUEVALE	0	46	41	
13027	CHATELAIN-VALENTIN	0	1	1	13107	ROSBET	0	30	31	
13028	LA CROIX	1	0	0	13108	LE ROVE	4	10	10	
13029	CORNILLON-COUPON	0	0	0	13109	SANT-ANDOL	0	0	0	
13030	COSSELÈS-PIN	0	0	0	13110	SANT-ANTOIN-SUR-BAYON	0	0	0	
13031	LA CROIX-ROUGE	1	38	30	13111	SANT-CANNAT	0	4	4	
13032	CHATELAIN	2	55	50	13112	SANT-CHAMAS	2	0	0	
13033	CHATELAIN-LE-ROUGE	2	46	46	13113	SANT-CÉZAIRE-VALENTIN	0	0	0	
13034	CHATELAIN	0	0	0	13114	SANT-ÉTIENNE-DE-GRÈS	0	0	0	
13035	CHATELAIN	0	0	0	13115	SANT-JACQUES-DE-MARIGNAN	0	0	0	
13036	CHATELAIN	0	30	29	13116	SANT-JACQUES-DE-LA-MER	0	0	0	
13037	CHATELAIN-LES-OLIVIERS	1	100	115	13117	SANT-JACQUES-DE-LOUVECIEN	0	0	0	
13038	CHATELAIN	0	0	0	13118	SANT-JACQUES-DE-MARIGNAN	0	0	0	
13039	CHATELAIN	1	4	4	13119	SANT-JACQUES-DE-MARIGNAN	0	0	0	
13040	CHATELAIN	2	25	27	13120	SANT-JACQUES-DE-MARIGNAN	0	0	0	
13041	CHATELAIN	2	1	1	13121	SANT-JACQUES-DE-MARIGNAN	2	24	22	
13042	CHATELAIN	1	0	0	13122	SANT-JACQUES-DE-MARIGNAN	2	73	72	
13043	CHATELAIN-LE-ROUGE	0	108	107	13123	SANT-JACQUES-DE-MARIGNAN	0	0	0	
13044	CHATELAIN	0	0	0	13124	SANT-JACQUES-DE-MARIGNAN	4	11	11	
13045	CHATELAIN	0	0	0	13125	SANT-JACQUES-DE-MARIGNAN	0	0	0	
13046	CHATELAIN	1	44	44	13126	SANT-JACQUES-DE-MARIGNAN	0	0	0	
13047	CHATELAIN	0	0	2	13127	SANT-JACQUES-DE-MARIGNAN	0	20	34	
13048	CHATELAIN	0	0	0	13128	SANT-JACQUES-DE-MARIGNAN	0	0	0	
13049	CHATELAIN	0	0	0	13129	SANT-JACQUES-DE-MARIGNAN	0	0	0	
13050	CHATELAIN	0	0	0	13130	SANT-JACQUES-DE-MARIGNAN	0	0	0	
13051	CHATELAIN-PROVENCE	0	58	58	13131	SANT-JACQUES-DE-MARIGNAN	0	0	0	
13052	CHATELAIN	0	0	0	13132	SANT-JACQUES-DE-MARIGNAN	0	0	0	
13053	CHATELAIN	0	0	0	13133	SANT-JACQUES-DE-MARIGNAN	2	31	31	
13054	CHATELAIN	0	100	148	13134	SANT-JACQUES-DE-MARIGNAN	1	11	11	
13055	CHATELAIN	0	101	101	13135	SANT-JACQUES-DE-MARIGNAN	0	0	0	
13056	CHATELAIN	1	30	30	13136	SANT-JACQUES-DE-MARIGNAN	0	0	0	
13057	CHATELAIN-DES-ALPES	0	0	0	13137	SANT-JACQUES-DE-MARIGNAN	0	0	0	
13058	CHATELAIN-DES-ALPES	0	0	0	13138	SANT-JACQUES-DE-MARIGNAN	1	21	17	
13059	CHATELAIN	0	0	0	13139	SANT-JACQUES-DE-MARIGNAN	0	0	0	
13060	CHATELAIN	1	41	44		TOTAL		107	1.000	1.117

Illustration 35 : Nombre de sinistres recensés par commune

Nombre de sinistres localisés	Nombre de communes	Proportion relative par rapport aux communes sinistrées (en%)
200 à 347	3	6 %
100 à 200	8	16 %
50 à 100	17	34 %
20 à 50	16	32 %
10 à 20	2	4 %
5 à 10	1	2 %
2 à 5	1	2 %
1	2	4 %
TOTAL	50	100%

Illustration 36 : Nombre de sinistres recensés par commune pour les 50 communes reconnues cat nat au 31 mai 2004

Après élimination des doublons (bâtiment déclaré sinistré à plusieurs reprises ou dont l'adresse a été communiquée par plusieurs sources différentes), ce sont en définitive 3 880 sites de sinistres répartis dans 81 communes qui ont été pris en compte.

Certains de ces sinistres (4% environ) n'ont pu être localisés avec une précision suffisante pour assurer un croisement fiable avec la carte des formations argileuses. Ils n'ont donc pas été pris en compte dans l'analyse si bien que l'échantillon retenu concerne en définitive 3 711 sites de sinistres répartis dans 76 communes dont les 50 reconnues en état de catastrophe naturelle au 31 mai 2004. Ce chiffre est très probablement sous évalué mais l'échantillon est néanmoins considéré comme largement représentatif de la répartition géographique du phénomène.

D'un point de vue géographique, les communes les plus sinistrées sont majoritairement présentes dans toute la moitié est du département, tandis que la moitié ouest du département est très peu sinistrée. Globalement, ces données montrent que l'aire affectée par le phénomène de retrait-gonflement des argiles est importante dans le département, même si l'on ne considère que les communes ayant plus de 5 maisons sinistrées (ce qui constitue déjà un nombre significatif pour des communes rurales peu habitées).

La liste des sinistres avec leurs coordonnées en projection Lambert II étendu est présentée en annexe 3. Pour des raisons de confidentialité, les noms et adresses des sinistrés, qui avaient été collectés pour supprimer les doublons, n'apparaissent pas dans ce tableau.

Parmi les 3 711 sinistres recensés et localisés dans cette étude, 2 472 si soit les 2/3 d'entre eux sont positionnés dans 20 communes les plus sinistrées du département comme précisé dans l'illustration 37. Sur ces 20 communes les plus sinistrées en égard au résultat du recensement (partiel) effectué dans le cadre de l'étude, 94% des

sinistres recueillis ont pu effectivement être localisés avec précision, ce qui traduit bien la bonne qualité de l'échantillonnage retenu.

Code INSEE	Nom de la commune	Nombre de sinistres déclarés	Nombre de sinistres localisés	Proportion de sinistres positionnés
13005	AUBAGNE	347	347	100
13037	LA FARE-LES-OLIVIERS	200	279	80
13002	ALLAUCH	253	240	95
13081	ROGNAC	180	180	100
13054	MARIGNANE	130	143	89
13072	PEYRIBÉ	132	107	80
13055	MARSEILLE	121	121	100
13029	CADOLIVE	120	117	98
13079	PUYLOUBIER	109	109	100
13015	BOLC-RELAIR	100	104	95
13043	DIGNAC LA-MERTHE	108	107	99
13016	LA BOLLUGNÈSE	104	91	88
13112	VELAUX	90	83	94
13077	PORT-DE-BOLC	98	94	98
13001	AIK-EN-PROVENCE	91	91	100
13130	TREST	88	71	80
13118	COUDOUX	81	27	40
13114	VENTABRÈS	77	63	82
13075	PLAN-DE-CUQUÈS	75	75	100
TOTAL		2 628	2 472	94

Illustration 37 : Liste des 20 communes les plus sinistrées des Bouches-du-Rhône

Les sinistres, une fois localisés sur un plan de la commune, ont été reportés sur cartes topographiques à l'échelle 1/25 000 de l'IGN (sur fonds scannés, édition 1999), ce qui a permis de calculer automatiquement les coordonnées Lambert de chacun des sites. Ces coordonnées sont indiquées en annexe 3.

La carte de l'illustration 38 présente la répartition géographique des 3 711 sinistres sécheresse pris en compte dans le département des Bouches-du-Rhône.

Cette carte permet de vérifier que la répartition des sinistres semble assez bien corrélée avec des critères géologiques (abondance des sinistres sur les zones de remplissages sédimentaires sablo-argileux). Cependant on observe aussi l'importance non négligeable que représentent les secteurs fortement urbanisés avec une densité de sinistres très élevée, ce qui justifie le calcul des densités de sinistres en fonction des surfaces urbanisées dont la carte a été représentée au chapitre 3.4. (Illustration 8).

L'analyse de cette carte nous permet d'avoir une idée de la répartition géographique globale des sinistres. Un certain nombre de paramètres doit cependant être pris en compte car ces résultats font l'objet de nombreux biais qui peuvent fausser notre analyse.

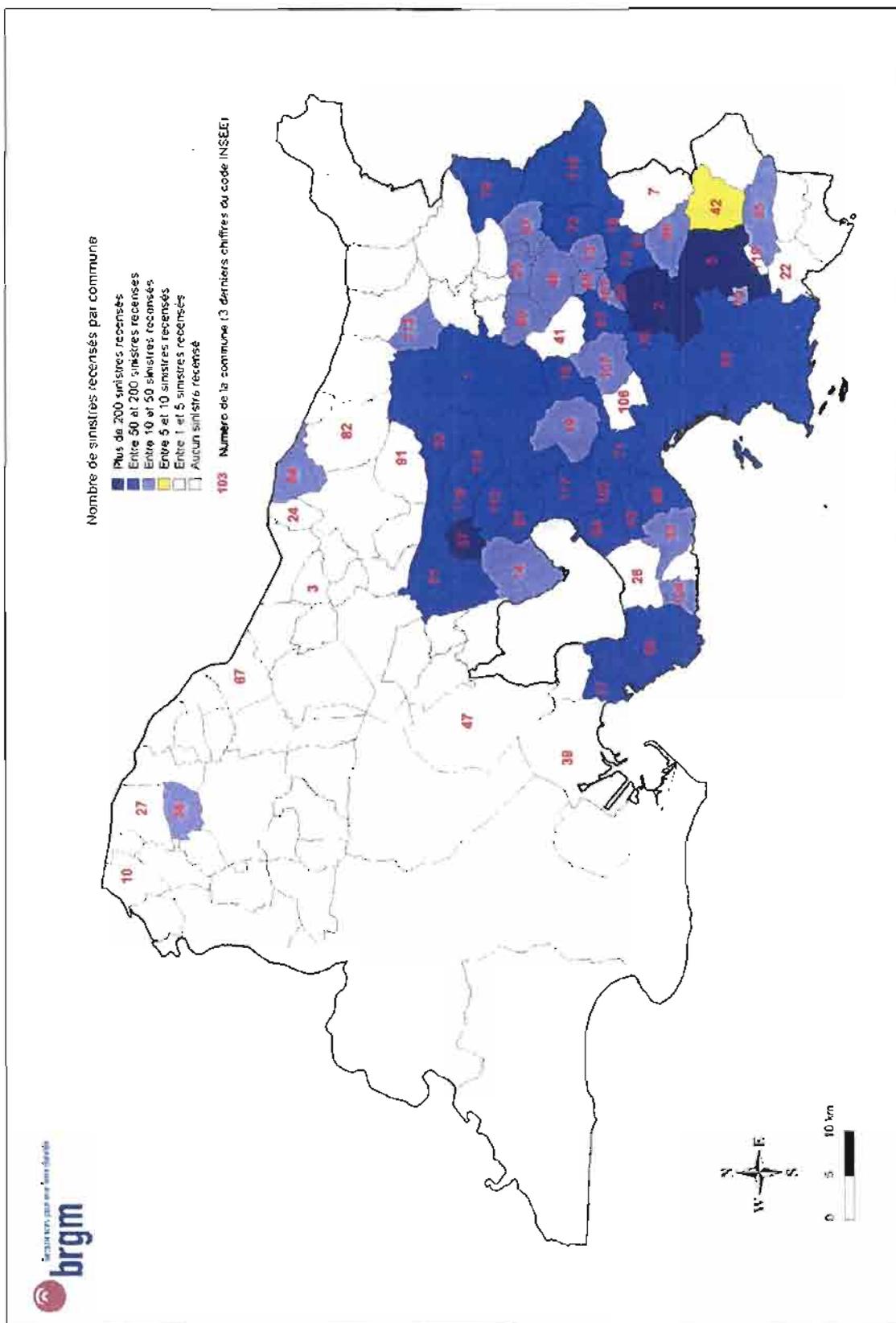


Illustration 38 : Nombre de sinistres recensés par commune

En premier lieu il convient de rappeler que le recensement effectué ne peut être considéré comme exhaustif. La plupart des données recueillies ont été communiquées par les communes qui n'ont pas connaissance de tous les sinistres survenus, certains étant déclarés directement aux assureurs après la reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle, donc sans en avertir directement le maire.

Par ailleurs, certains sinistres comptabilisés peuvent présenter une autre cause que le retrait-gonflement (défaut de construction, vétusté, tassement de rombials, reptation des talus, etc...), ce qui n'apparaît pas toujours dans les expertises géotechniques consultées.

6.4. RÉPARTITION DES SINISTRES PAR FORMATION GÉOLOGIQUE ET DENSITÉS DE SINISTRES

L'étude de l'aléa retrait-gonflement des sols implique la prise en compte de la nature géologique des terrains où se sont produits les sinistres.

Pour tous les sites de sinistres recensés, le croisement avec les cartes géologiques a permis de déterminer la nature de la formation concernée (Illustration 39). Les données qui seront utilisées par la suite sont exclusivement celles issues de la juxtaposition de la carte des sinistres avec la carte géologique synthétique des formations argileuses ou marneuses établie dans le cadre de la présente étude.

Au total, 91 formations géologiques ont supporté des sinistres, dont 97% sont localisés sur des formations argileuses ou marneuses. Les fréquences de sinistres par formation sont données dans leur intégralité dans le tableau de l'illustration 40.

Il apparaît ainsi que 96% des sinistres sont localisés sur des formations identifiées comme argileuses ou marneuses, mais il est vrai que ces dernières occupent 77 % de la surface du département. La densité de sinistres est sept fois plus importante pour les formations argileuses ou marneuses que pour les formations a priori non argileuses. Ces résultats indiquent une très bonne corrélation entre la carte de répartition des sinistres et celle des faciès argileux, même si l'on aurait pu s'attendre à des résultats encore plus significatifs, surtout si on les compare avec ceux obtenus pour d'autres départements où la même méthodologie a été appliquée. En fait, la très forte hétérogénéité des formations géologiques dans le département, qui a été détaillée dans la 4^{ème} partie de ce rapport, explique en grande partie ces résultats : certaines formations, considérées comme a priori non argileuses, peuvent en effet contenir localement des lentilles ou des placages d'argile non cartographiés, sans que pour autant il soit justifié de considérer la formation comme argileuse dans son ensemble. A l'inverse, certaines formations considérées comme argileuses, présentent à la fois des faciès argileux et des faciès non argileux, ce qui diminue d'autant la densité de sinistres qui les caractérise.

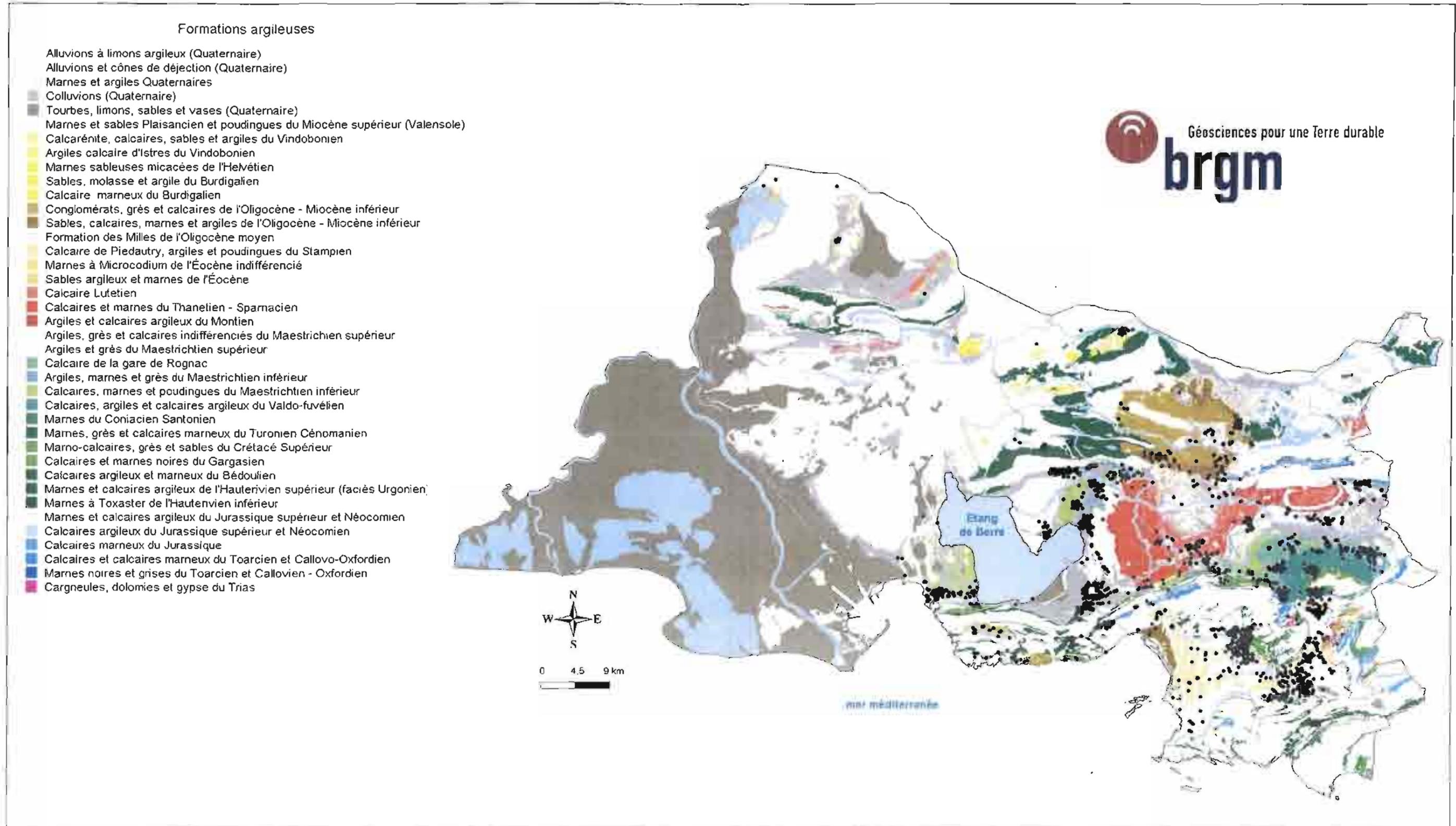


Illustration 39 : Carte de localisation des sinistres recensés dans le département

Cartographie de l'aïlé retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône

N°	Nom de la formation géologique	Superficie de la formation (km²)	% de la superficie totale	Nombre de sinistres recensés et localisés	Densité de sinistres pour 100 km² (urbanisés)
39	Alluvions à limons argileux (Quaternaire)	700,2	13,71	263	37,5
38	Alluvions et cônes de déjection (Quaternaire)	253,7	4,85	147	44,9
37	Marnes et argiles du Quaternaire	3,6	0,07	0	0
36	Côlutions (Quaternaire)	499,4	9,78	349	30,4
35	Tourbes, limons, sables et vases (Quaternaire)	1038,3	20,33	10	0,4
34	Marnes et sables Pliocène et podtiques du Miocène supérieur (Valaisien)	87,0	1,62	38	41,3
33	Calcaires, calcaires, sables et argiles du Vindobocène	13,0	0,25	11	40,3
32	Argiles calcaire d'aires du Vindobocène	0,3	0,01	0	0
31	Marnes sublacées micacées de (Helvétien)	11,7	0,23	0	0
30	Sables, marnes et argile du Burdigalien	11,4	0,22	17	1,798
29	Calcaire marneux du Burdigalien	0,6	0,01	0	0
28	Calcaires, grès et sables de l'Oligocène - Miocène inférieur	26,4	0,51	88	28,2
27	Sables, calcaires, marnes et argiles de l'Oligocène - Miocène inférieur	30,3	0,57	28	51,5
26	Formation des Mises de l'Oligocène moyen	52,0	0,98	40	30,0
25	Calcaire de Pledauby, argiles et podtiques du Danien	37,5	0,71	53,3	35,9
24	Marnes à Microcodites de l'Eocene inférieur	1,4	0,03	0	0
23	Sables argileux et marnes de l'Eocene	0,8	0,02	0	0
22	Calcaire Lutétien	37,1	0,71	8	28,4
21	Calcaires et marnes du Thanétien - Sarmatien	85,7	1,65	32	49,1
20	Argiles et calcaires argileux du Maastrichtien	11,6	0,23	17	48,7
19	Argiles, grès et calcaires indifférenciés du Maastrichtien supérieur	58,5	1,11	121	1,445
18	Argiles et grès du Maastrichtien supérieur	42,4	0,81	121	3,499
17	Calcaire de la gare de Rognes	1,4	0,03	18	3,491
16	Argiles, marnes et grès du Maastrichtien inférieur	48,5	0,93	402	2,110
15	Calcaires, marnes et podtiques du Maastrichtien inférieur	61,2	1,18	203	1,508
14	Calcaires, argiles et calcaires argileux du Saxon Lutétien	37,4	0,72	408	6,248
13	Marnes du Comacien-Santonien	4,5	0,09	0	0
12	Marnes, grès et calcaires marneux du Turveyen Dévonien	0,8	0,02	0	0,67
11	Marno-calcaires, grès et sables du Crétacé supérieur	28,3	0,55	17	64,1
10	Calcaires et marnes noirs du Gargasien	13,4	0,26	301	6,375
9	Calcaires argileux et marneux du Bédoulien	27,1	0,52	58	1,883
8	Marnes et calcaires argileux de l'Hauteriviens supérieur (faute Ugonvère)	187,0	3,58	21	5,17
7	Marnes à Truassier de l'Hauteriviens inférieur	0,7	0,01	0	0
6	Sables et calcaires argileux du Jurassien supérieur et Néocomien	91,5	1,75	3	1,79
5	Calcaires argileux du Jurassien supérieur et Néocomien	82,6	1,58	13	54,0
4	Calcaires marneux du Jurassien	33,2	0,64	9	30,0
3	Calcaires et calcaires marneux du Toarcien et Callovio-Oxfordien	6,0	0,12	0	0
2	Marnes noires et grès du Toarcien et Callovien - Defoidien	4,4	0,09	3	3
1	Calcaires, sables et grès du Trias	4,3	0,08	4	3,88
Total formations argileuses		3 737	73,18 %	3 551	72,1
999	Restes hydrographiques	262	5,12 %	6	0
1000	Formations à priori non argileuses	1 078	21,10 %	181	18,0
Total département		5 100	100 %	3 712	638

Illustration 40 : Répartition des sinistres par formation géologique

D'une façon générale, les 161 sinistres qui sont localisés sur des formations a priori non argileuses peuvent s'expliquer de différentes façons :

- comme cela vient d'être souligné, certaines formations considérées comme a priori non argileuses peuvent contenir localement des lentilles ou des placages d'argiles non cartographiés. Ceci concerne en particulier les formations calcaires, localement altérés, ou pouvant présenter localement des lentilles d'argile. Par ailleurs, des formations essentiellement sableuses peuvent contenir des lentilles argileuses, ou limoneuses ; Enfin, les placages de colluvions argileuses peuvent être présents localement sous forme de recouvrements non cartographiés sur les documents actuellement disponibles ;
- quelques sinistres attribués au retrait-gonflement des argiles peuvent être dus en réalité à d'autres phénomènes (tassement de remblais ou de sols compressibles, fluages sur des colluvions instables, défauts de construction, choc thermique sur les enduits de façade, etc.) ;
- certains contours de formations géologiques peuvent être localement inexacts ou certains sinistres mal localisés.

Parmi les formations argileuses ou marneuses, trois présentent plus de 400 voire plus de 500 sinistres pour l'une d'elle : il s'agit des *Calcaire de Piedautry, argiles et poudingues du Stampien* (583 sinistres), des *Calcaires, argiles et calcaires argileux du Valdo-fuvélien* (438 sinistres) et des *Argiles, marnes et grès du Maestrichtien inférieur* (402 sinistres). Il faut cependant noter que la première formation affleure sur des superficies très étendues (près de 97 km²), tandis que la deuxième affleure sur plus de 57 km² soit 1,12% de la superficie totale du département, ce qui induit donc une densité de sinistres élevée pour cette formation.

Dix formations parmi les 39 formations considérées comme argileuses ou marneuses (les *Marnes et argiles du Quaternaires*, les *Argiles calcaire d'Istres du Vindobonien*, les *Marne sableuse micacée de l'Helvétien*, les *Calcaire marneux du Burdigalien*, les *Marnes à Microcodium de l'Éocène indifférencié*, les *Sables argileux et marnes Éocène*, les *Marnes du Coniacien Santonien*, les *Marnes à Toxaster de l'Hauterivien inférieur*, les *Calcaires et calcaires marneux du Toarcien et Callovo-Oxfordien* et les *Marnes noires et grises du Toarcien et Callovien - Oxfordien*) ne comptent pas de sinistres, mais cela ne peut être considéré comme significatif étant donné que ces formations ne couvrent au total que 0,67% de la superficie départementale.

6.5. FRÉQUENCE D'OCCURRENCE RAPPORTÉE À LA SURFACE URBANISÉE

Etant donné que les surfaces d'affleurement des différentes formations géologiques sont extrêmement variables, il est important de raisonner sur les densités de sinistres par formation géologique (ramenées à 100 km² de surface d'affleurement). Cependant, il faut garder à l'esprit que l'urbanisation n'est pas uniforme sur l'ensemble du département et cela peut donc biaiser l'analyse sur les densités de sinistres par formation. En effet, une formation géologique s'étendant principalement en milieu très peu habité aura moins de risque de donner lieu à des sinistres sur le bâti qu'une formation très urbanisée.

6.5.1. Détermination de la densité de sinistres par formation

La densité d'urbanisation du département des Bouches-du-Rhône présente d'importantes variations d'un point à un autre. Or ce facteur est déterminant dans l'appréciation des densités de sinistres par formation géologique. En effet, une formation présentera statistiquement une densité de sinistres d'autant plus élevée que son niveau d'urbanisation est important, et ceci même si sa sensibilité au retrait-gonflement est moyenne. Inversement, une formation très sensible mais dont les zones d'affleurement sont faiblement urbanisées, présentera une densité de sinistres relativement faible. Cela explique que l'on ait été amené à raisonner sur les densités de sinistres par formation géologique, ramenés à 100 km² de surface effectivement urbanisée.

Les contours des zones urbanisées ont été tracés à partir des POS numérisés sur les Bouches-du-Rhône mis à disposition par la DDE 13 et de la cartographie de l'évolution de l'occupation du sol en région Provence-Alpes-Côte d'Azur, entre 1988 et 1999⁹, réalisée par le CRIGE¹⁰. Ils ont ensuite été superposés à la carte géologique d'interprétation. Ceci a permis de calculer, pour chacune des 39 formations argileuses ou marneuses du département, la surface d'affleurement qui se trouve être réellement urbanisée. Ces zones urbanisées sont représentées en pointillés sur la carte de synthèse, hors-texte. Il est à noter que ces contours sont donnés à titre indicatif et peuvent présenter quelques décalages avec la réalité dans certains secteurs urbanisés très récemment (Illustration 41).

⁹ Cartographie de l'évolution de l'occupation des sols de la Région PACA entre 1988 et 1999 réalisée par croisement de la carte d'occupation du sol 1999 (élaborée à partir d'images satellitaires Landsat ETM et IRS de 1999) et de la base de données Corine Land Cover (élaborée à partir d'images satellitaires Landsat MSS de 1988).

¹⁰ Centre Régional de l'Information Géographique

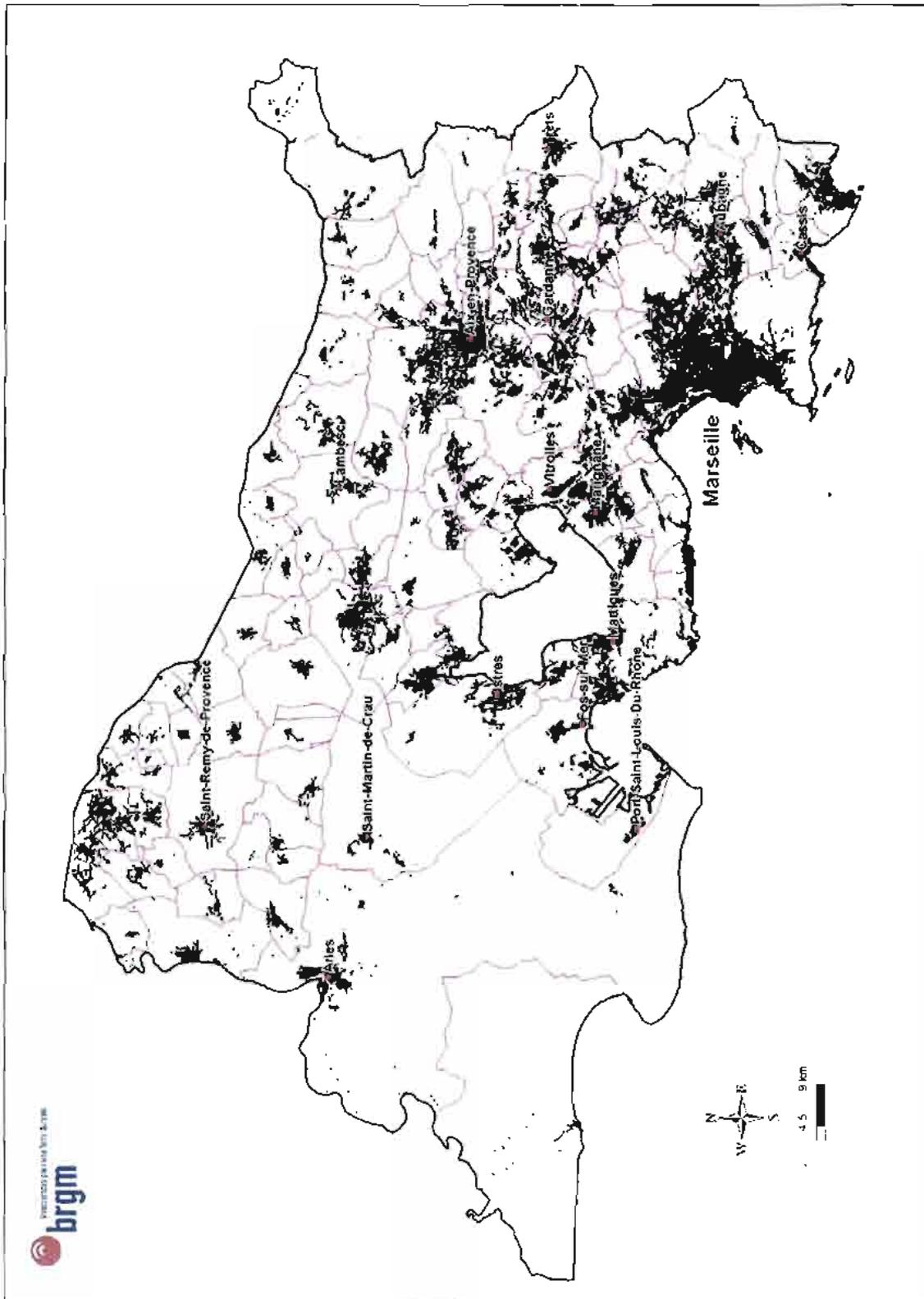


Illustration 41 : Cartographie des zones urbanisées

La surface totale des zones urbanisées du département a été ainsi estimée à 582 km², soit environ 11,4% de la superficie du département. La superposition de la carte synthétique des formations argileuses ou marneuses, avec celle des zones urbanisées montre que la surface totale occupée par les zones urbanisées dans les formations géologiques argileuses ou marneuses est de 493 km², soit environ 12,4% de leur surface totale d'affleurement. Les surfaces urbanisées sont indiquées pour chaque couche géologique argileuse sur l'illustration 42.

Ces éléments permettent de calculer des densités des sinistres par formation géologique, en prenant en compte la surface de la zone urbanisée de la formation. Il est à noter que certains des sinistres recensés se trouvent en dehors des limites des zones urbanisées, telles que nous les avons tracées, ce qui confirme que quelques maisons isolées ainsi que certains lotissements construits récemment n'ont pas été pris en compte dans la carte des zones urbanisées.

Deux autres formations se distinguent par des densités de sinistres élevées : les *Calcaires et marnes noires du Gargasien* (5 371 sinistres pour 100 km²) et aussi les *Calcaires de la gare de Rognac*, caractérisées par une densité de sinistres de 3 491 sinistres pour 100 km², soit presque 5 fois supérieure à la moyenne départementale

6.5.2. Détermination du critère densité de sinistres

Ces résultats indiquent que la densité de sinistres rapportée à 100 km² d'affleurement réellement urbanisé est en moyenne de 721 pour les formations argileuses ou marneuses (elle s'élève à 638 pour l'ensemble du département), alors qu'elle est de 180 pour les autres formations jugées non argileuses, ce qui justifie a posteriori leur sélection.

Afin de hiérarchiser les formations argileuses selon leur degré de sinistralité, c'est ce seuil moyen de 721 sinistres pour 100 km² urbanisés qui a été retenu comme référence et à partir duquel ont été définis les coupures suivantes pour l'attribution de notes caractérisant la sinistralité :

- *note 1* : moins de 721 sinistres pour 100 km² de surface urbanisée dans la formation (ce qui correspond aux formations ayant une densité inférieure à la moyenne des zones argileuses) ;
- *note 2* : entre 721 et 1 442 sinistres pour 100 km² de surface urbanisée dans la formation (ce qui correspond aux formations ayant une densité supérieure à la moyenne des zones argileuses et inférieure à deux fois cette moyenne) ;
- *note 3* : plus de 1 442 sinistres pour 100 km² de surface urbanisée dans la formation (ce qui correspond aux formations ayant une densité supérieure à deux fois la moyenne des zones argileuses).

N°	Nom de la formation géologique	Superficie de la formation (km²)	% de la superficie totalisée (km²)	Surface urbanisée (km²)	Taux d'urbanisation	Nombre de sinistres recensés et localisés	Densité de sinistres pour 100 km² (urbanisés)	Note densité de sinistres
39	Alluvions à limons argileux (Quaternaire)	700,2	13,71	96,34	13,76	263	273	1
38	Alluvions et cônes de déjection (Quaternaire)	252,7	4,95	32,65	13,00	147	447	1
37	Marnes et argiles du Quaternaire	3,6	0,07	0,19	5,19	0	0	1
36	Colluvions (Quaternaire)	499,4	9,78	107,68	21,56	349	324	1
35	Tourbes, limons, sables et vases (Quaternaire)	1038,3	20,33	29,65	2,86	10	34	1
34	Marnes et sables Plaisancien et poulingues du Miocène supérieur (Velaussolle)	67,8	1,32	8,49	12,55	35	412	1
33	Calcaires, calcaires, sables et argiles du Vindobonien	13,0	0,25	2,73	21,03	11	403	1
32	Argiles calcaire d'istres du Vindobonien	0,3	0,01	0,15	47,31	0	0	1
31	Marnes sableuses micacées de l'Helvétien	11,7	0,23	1,09	9,29	0	0	1
30	Sables, molasses et argiles du Burdigalien	11,4	0,22	0,97	8,46	17	1 758	3
29	Calcaire marneux du Burdigalien	0,6	0,01	0,11	16,85	0	0	1
28	Conglomérats, grès et calcaires de l'Oligocène - Miocène inférieur	86,4	1,69	20,94	24,25	58	262	1
27	Sables, calcaires, marnes et argiles de l'Oligocène - Miocène inférieur	36,9	0,72	14,76	39,99	76	515	1
26	Formation des Milles de l'Oligocène - Miocène inférieur	53,0	1,04	13,32	25,14	40	300	1
25	Calcaire de Piedrauffy, argiles et poulingues du Stampien	97,9	1,92	81,38	62,70	583	950	2
24	Marnes à Microcodium de l'Éocène indifférencié	1,4	0,03	0,03	2,08	0	0	2
23	Sables argileux et marnes de l'Éocène	0,8	0,02	0,11	14,13	0	0	1
22	Calcaire Lutétien	37,1	0,73	3,48	9,37	9	259	1
21	Calcaires et marnes du Thanélien - Sparnacien	85,7	1,68	6,52	7,61	32	491	1
20	Argiles et calcaires argileux du Montien	17,8	0,35	3,64	20,47	17	467	1
19	Argiles, grès et calcaires indifférenciés du Maestrichien supérieur	58,5	1,15	13,35	22,83	193	1 445	3
18	Argiles et grès du Maestrichien supérieur	42,4	0,83	9,28	21,88	321	3 460	3
17	Calcaire de la gare de Rognac	1,4	0,03	0,54	36,77	18	3 491	3
16	Argiles, marnes et grès du Maestrichien inférieur	46,5	0,91	19,05	40,98	402	2 110	2
15	Calcaires, marnes et poulingues du Maestrichien inférieur	63,2	1,24	14,97	23,69	203	1 366	2
14	Calcaires, argiles et calcaires argileux du Valdo-luvélien	57,4	1,12	7,01	12,22	436	6 248	3
13	Marnes du Coniacien-Santonien	4,5	0,09	0,65	19,83	0	0	1
12	Marnes, grès et calcaires marneux du Turonien Cénozoïque	9,6	0,19	1,40	14,63	5	357	1
11	Marno-calcaires, grès et sables du Crétacé Supérieur	26,3	0,52	2,02	7,67	17	843	2
10	Calcaires et marnes noires du Gargasien	13,4	0,26	3,74	27,96	201	5 371	3
9	Calcaires argileux et marneux du Bédoulien	27,1	0,53	3,45	12,72	58	1 683	3
8	Marnes et calcaires argileux de l'Hauteriviens supérieur (facies Urgonien)	187,0	3,66	3,81	2,09	21	537	1
7	Marnes à Toxaster de l'Hauteriviens inférieur	6,7	0,01	0,00	0,00	0	0	2
6	Marnes et calcaires argileux du Jurassique supérieur et Néocomien	61,5	1,20	2,81	4,57	5	178	1
5	Calcaires argileux du Jurassique supérieur et Néocomien	82,6	1,62	2,41	2,91	13	540	1
4	Calcaires marneux du Jurassique	23,2	0,45	1,46	6,36	3	203	1
3	Calcaires et calcaires marneux du Toarcien et Callovo-Oxfordien	6,0	0,12	0,37	6,18	0	0	1
2	Marnes noires et grises du Toarcien et Callovo - Oxfordien	4,6	0,09	0,55	11,78	0	0	1
1	Carrières, dolomies et gypse du Trias	4,8	0,09	1,09	22,53	4	368	1
Total formations argileuses		3 737	73,18 %	493	12,41 %	3 551	721	
999	Réseau hydrographique	292	5,72 %	0	0	0	0	
1000	Formations à priori non argileuses	1 078	21,10 %	89	0,83 %	161	180	
Total département		5 106	100 %	582	9,82 %	3 712	638	

Illustration 42 : Densité de sinistres par formation ramenée à 100 km² de surface urbanisée et détermination de la note densité de sinistres

Pour deux formations (les *Marnes à Microcodium de l'Éocène indifférencié* et les *Marnes à Toxaster de l'Hauterivien inférieur*), la surface urbanisée est quasiment nulle, et aucun sinistre n'a été enregistré. La densité de sinistre calculée est par conséquent égale à 0, mais étant donnée la très faible superficie des formations, un seul sinistre supplémentaire entraînerait une densité de sinistre très forte. La note de densité a donc volontairement été estimée à 2 au lieu de 1 pour ne pas pénaliser ces deux formations dans le cas où des sinistres existeraient mais n'ont pas été recensés.

L'illustration 43 présente les formations géologiques classées par densités de sinistres décroissantes et rappelle les niveaux de susceptibilité déterminés dans la partie 5 de ce rapport.

Les résultats montrent que parmi les 8 formations ayant obtenu une note densité de sinistres de 3, on retrouve 3 des 4 formations de susceptibilité forte, 5 formations de susceptibilité moyenne et 1 formation à susceptibilité faible. De même, parmi les 5 formations ayant obtenu une note densité de sinistres de 2, on retrouve 4 formations à susceptibilité moyenne et 1 formation à susceptibilité faible. Enfin, les 26 formations de faible densité de sinistres (note 1) avaient été caractérisées par une susceptibilité forte pour 1 d'entre elle, moyenne pour 14 d'entre elles, ou faible pour les 11 autres. La corrélation entre la note densité de sinistres et la susceptibilité de la formation est donc relativement satisfaisante.

7. Elaboration de la carte d'aléa

7.1. DÉTERMINATION DU NIVEAU D'ALEA

L'aléa retrait-gonflement des argiles est, par définition, la probabilité d'occurrence du phénomène. Le niveau d'aléa a été ici évalué de manière purement qualitative, pour chaque formation argileuse ou marneuse, en combinant la susceptibilité et la densité de sinistres.

La susceptibilité des formations argileuses ou marneuses identifiées a été caractérisée à partir de la moyenne des notes attribuées pour chacun des critères lithologique, minéralogique et géotechnique, comme indiqué au chapitre 5. L'indice de susceptibilité ainsi obtenu a été décliné en trois classes, qualifiées respectivement par une susceptibilité faible, moyenne et forte, et prend donc les valeurs 1, 2 ou 3.

Pour le facteur densité de sinistres, le critère utilisé est la densité de sinistres rapportée à 100 km² d'affleurement réellement urbanisé. Selon la valeur de cette densité par rapport aux valeurs seuils qui sont respectivement 721 (densité de sinistres moyenne des formations argileuses dans le département) et 1 442 (double de cette valeur moyenne), la note de densité de sinistres ainsi attribuée prend la valeur 1 (moins de 721 sinistres pour 100 km² de surface urbanisée dans la formation), 2 (entre 721 et 1 442 sinistres pour 100 km² urbanisés) ou 3 (plus de 1 442 sinistres pour 100 km² urbanisés).

Etant donné que la susceptibilité des formations géologiques a été définie en se basant sur trois critères différents (lithologique, minéralogique et géotechnique) et qu'elle représente une caractéristique intrinsèque de la formation, il a été décidé, conformément à la méthodologie déclinée au plan national, d'accorder deux fois plus de poids à l'indice de susceptibilité qu'à la note de densité de sinistres. Pour chaque formation argileuse ou marneuse, on calcule ainsi un indice d'aléa en additionnant la note de densité de sinistres et le double de la note de susceptibilité. La valeur ainsi obtenue est un entier potentiellement compris entre 3 et 9. Les formations sont ensuite hiérarchisées en prenant en compte les coupures suivantes, qui permettent de définir trois niveaux d'aléa (faible, moyen et fort) :

- aléa faible : note d'aléa égale à 3, 4 ou 5
- aléa moyen : note d'aléa égale à 6 ou 7
- aléa fort : note d'aléa égale à 8 ou 9

Le classement ainsi obtenu est présenté sur les illustrations 44 et 45. Ainsi, il apparaît que 3 formations ont été classées en aléa fort vis à vis du phénomène de retrait-gonflement des argiles. Elles ont toutes les trois été caractérisées par une susceptibilité forte, et leurs densités de sinistres ramenées à 100 km² de surface urbanisée sont parmi les plus élevées du département.

9 formations sont considérées en aléa moyen : une seule résulte d'une susceptibilité forte, les autres résultent toutes d'une susceptibilité moyenne associée à une densité de sinistres forte ou moyenne. Parmi ces 9 formations, on peut citer les plus étendues (surfaces supérieures à 50 km²) : les *Calcaire de Piedautry, argiles et poudingues du Stampien*, les *Calcaires, marnes et poudingues du Maestrichtien inférieur*, les *Argiles, grès et calcaires indifférenciés du Maestrichtien supérieur* et les *Calcaires, argiles et calcaires argileux du Valdo-fuvélien*.

Enfin, 27 formations sont considérées comme présentant un aléa faible vis à vis du phénomène de retrait-gonflement. Outre les 2 formations du Quaternaire, il s'agit également des *Marnes et calcaires argileux de l'Hauterivien supérieur (faciès Urgonien)*, des *Conglomérats, grès et calcaires de l'Oligocène - Miocène inférieur*, des *Calcaires et marnes du Thanétien - Spamacien* et des *Calcaires argileux du Jurassique supérieur et Néocomien* pour ne citer que les plus étendues.

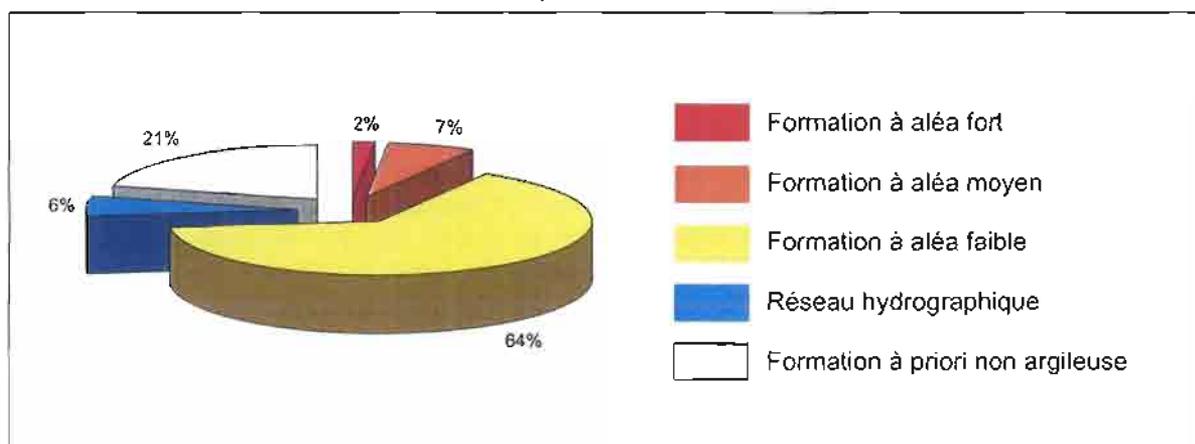


Illustration 44 : Comparaison de la superficie des terrains en fonction de leur niveau d'aléa

7.2. CARTE D'ALÉA

La carte départementale d'aléa a été tracée à partir de la carte synthétique des formations argileuses ou marneuses, en attribuant à chacune des formations identifiées la classe d'aléa définie ci-dessus. Le résultat de cette carte est présentée sur l'illustration 46 et en carte hors-texte 3 à l'échelle 1/120 000 (où les sinistres, les zones urbanisées et les contours des communes sont également reportés). Son échelle de validité est le 1/50 000, puisque les contours sont issus des cartes géologiques à cette même échelle.

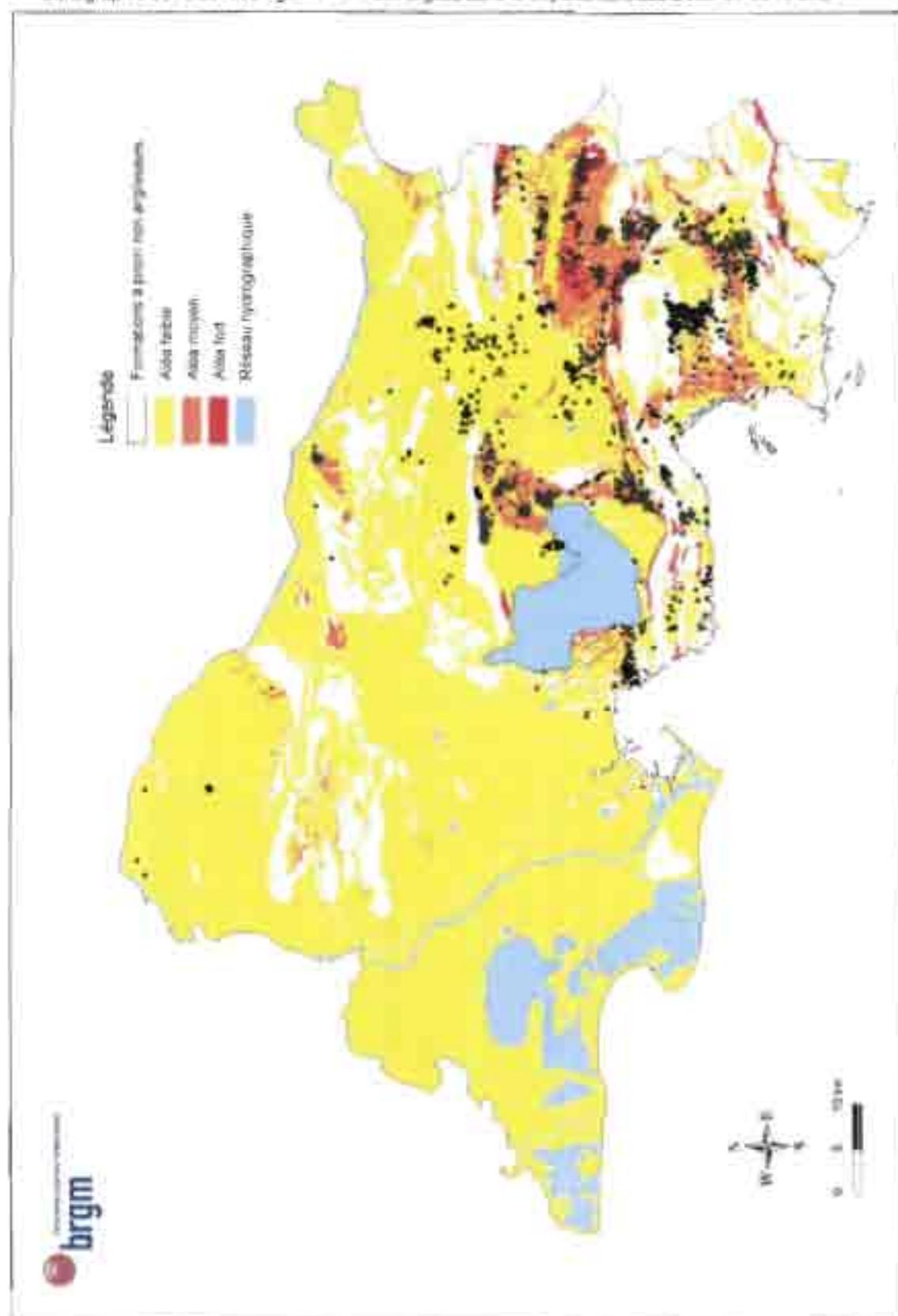


Illustration 46 : Carte départementale de l'aléa retrait-gonflement des argiles

Les zones blanches de la carte correspondent aux formations a priori non argileuses, et donc théoriquement dépourvues de tout aléa. Elles couvrent 21,1% de la superficie départementale (26,8% en y intégrant aussi le réseau hydrographique). Il n'est toutefois pas exclu que, sur ces derniers secteurs considérés d'aléa a priori nul, se trouvent localement des zones argileuses d'extension limitée, notamment dues à l'hétérogénéité de certaines formations essentiellement sableuses ou à l'altération localisée de formations carbonatées. Ces placages ou lentilles argileuses, non cartographiés sur les cartes géologiques (et pour la plupart non cartographiables à l'échelle départementale) sont susceptibles de provoquer localement des sinistres.

Les formations argileuses ou marneuses sont représentées par trois couleurs (jaune, orange et rouge) selon leur niveau croissant d'aléa retrait-gonflement (qualifié respectivement de faible, moyen et fort).

L'illustration 47 présente le classement des formations par niveau d'aléa décroissant ainsi que les surfaces d'affleurement concernées.

Ainsi, les trois formations en **aléa fort** représentent 1,7% de la superficie du département :

- Les *Argiles, marnes et grès du Maestrichtien inférieur* n'affleurent que sur 0,91% du département. Elles sont localisées au niveau de Velaux à l'ouest d'Aix en Provence, au pied de la montagne Sainte Victoire au niveau de Puyloubier, au sud du bassin de l'Arc entre Gardanne et Trets et enfin ponctuellement dans les secteurs des Pennes-Mirabeau, Simiane-Collongue, Aubagne et Auriol. Généralement peu calcaire, presque exclusivement à smectites, cette formation renferme quelques lentilles de grès et des passées plus calcaires. Les caractéristiques minéralogiques indiquent une forte susceptibilité au retrait-gonflement des argiles et cette formation est caractérisée par une sinistralité très élevée dans le département ;
- Les *Calcaires et marnes noires du Gargasien* représentent en superficie 0,26% de la superficie totale du département. On les retrouve sur tout le secteur de Marseille, massif de l'Étoile, Côte Bleue et massif des Calanques, de façon très dispersée et par secteurs faiblement étendus : ces formations regroupent principalement des faciès de types marnes noires parfois sableuses, et des calcaires alternant avec des niveaux marneux. Cette formation a des caractéristiques géotechniques indiquant une forte susceptibilité au retrait-gonflement des argiles, ainsi que la deuxième sinistralité la plus élevée derrière les argiles et calcaires argileux du Valdo-Fuvélien.
- les *Calcaires argileux et marneux du Bédoulien* représentent en superficie 0,53% de la superficie totale du département. On les retrouve comme pour la formation précédente sur le quart sud-est du département, de façon dispersée, au sein des massifs calcaires des Calanques, de la Côte Bleue et de l'Étoile. Ils correspondent au niveau de la Bédoule à des calcaires marneux, gris, plus ou moins siliceux à silex noirs. Les marnes se trouvent plutôt en partie supérieure (sur une quarantaine de mètres d'épaisseur), elles sont pyriteuses et bleutées. Plus à l'ouest, il s'agit davantage de calcaires argileux. Cette formation a des caractéristiques minéralogiques indiquant une forte proportion de minéraux gonflants, associées à des notes géotechniques et lithologiques élevées, et par conséquent elle est particulièrement susceptible au phénomène de retrait-gonflement des argiles.

N°	Nom de la formation géologique	Superficie (km²)	% de la superficie totale	Aléa
16	Argiles, marnes et grès du Massififien inférieur	46,5	0,91	très
10	Calcaires et marnes noires du Gargasien	13,4	0,26	faible
9	Calcaires argileux et marneux du Sédiolien	27,1	0,53	très
Total des formations en grès (n° 9, 10, 16)		87,0	1,72 %	
37	Marnes et argiles du Quaternaire	5,8	0,11	très
30	Sables, molasses et argiles du Burdigalien	11,4	0,22	très
25	Calcaire de Piedautry, argiles et poudingues du Stampien	97,9	1,92	très
24	Marnes à Microcodium de l'Éocène indifférencié	1,4	0,03	très
19	Argiles, grès et calcaires indifférenciés du Massififien supérieur	58,5	1,15	très
18	Argiles et grès du Massififien supérieur	42,4	0,83	très
15	Calcaires, marnes et poudingues du Massififien inférieur	63,2	1,24	très
14	Calcaires, argiles et calcaires argileux du Val-de-Fuillon	67,4	1,32	très
7	Marnes à Terebinth de l'Étatsien inférieur	6,7	0,13	très
Total des formations en grès moyen		487,9	9,59 %	
39	Alluvions à limons argileux (Quaternaire)	700,2	13,71	forte
38	Alluvions et limons de objection (Quaternaire)	252,7	4,96	forte
36	Côuvicque (Quaternaire)	496,4	9,75	forte
35	Tuiles, limons, sables et vases (Quaternaire)	1038,3	20,33	forte
34	Marnes et sables Paléocène et poudingues du Miocène supérieur (Valmucien)	67,6	1,32	forte
33	Calcaires, calcaires, sables et argiles du Vinoborien	13,0	0,25	forte
32	Argiles calcaires d'zones du Vinoborien	9,9	0,19	forte
31	Marnes sablonneuses micacées de l'Helvétien	11,7	0,23	faible
29	Calcaires marneux du Burdigalien	9,8	0,19	faible
28	Conglomérats, grès et calcaires de l'Oligocène - Miocène inférieur	88,4	1,70	faible
27	Sables, calcaires, marnes et argiles de l'Oligocène - Miocène inférieur	36,8	0,72	faible
26	Formation des Mises de l'Oligocène moyen	55,9	1,09	faible
23	Sables argileux et marnes de l'Éocène	6,6	0,13	faible
22	Calcaire Lutétien	37,1	0,73	faible
21	Calcaires et marnes du Thanétien - Bjarnacien	85,7	1,68	faible
20	Argiles et calcaires argileux du Montien	17,8	0,35	faible
17	Calcaires de la gare de Rogues	1,4	0,03	faible
13	Marnes du Coniacien-Santonien	4,5	0,09	faible
12	Marnes, grès et calcaires marneux du Turonien-Cénomane	9,8	0,19	faible
11	Marno-calcaires, grès et sables du Crétacé Supérieur	26,3	0,52	faible
8	Marnes et calcaires argileux de l'Étatsien supérieur (zones Orgonien)	187,0	3,60	faible
6	Marnes et calcaires argileux du Jurassique supérieur et Néocomien	81,5	1,59	faible
5	Calcaires argileux du Jurassique supérieur et Néocomien	82,8	1,62	faible
4	Calcaires marneux du Jurassique	21,2	0,42	faible
3	Calcaires et calcaires marneux du Toarcien et Callovien-Oxfordien	6,0	0,12	faible
2	Marnes noires et grès du Toarcien et Callovien - Oxfordien	4,0	0,08	faible
1	Congrès, dolomies et gypse du Trias	4,8	0,09	faible
Total des formations en grès moyen		3 313	64,7 %	
Total des formations argilieuses		3 737	73,1 %	
Réseau hydrographique		292	5,7 %	
Formations à point non argilieuses		1 679	32,7 %	
Total département		5 106	100 %	

Illustration 47 : Classement des formations en fonction de leur niveau d'aléa

Les neuf formations classées en **aléa moyen** couvrent 6,59% du département des Bouches-du-Rhône, dans la moitié est principalement sur Marseille, Peynier – Gardanne et autour de l'étang de Berre. Elle se composent de :

- une des cinq formation argileuse Quaternaire (les *Marnes et argiles du Quaternaire*). Cette formation affleure sur 0,07% de la superficie totale du département, à l'est de Arles au niveau de la plaine de la Crau. Elle est caractérisée par une note lithologique de 4 et des caractéristiques minéralogiques élevées (note 3), démontrant ainsi sa susceptibilité au retrait-gonflement, avec une densité de sinistres nulle car aucun sinistre n'a été recensé sur cette formation, très peu étendue.
- Trois des quinze formations argileuses du Tertiaire (les *Sables, molasse et argile du Burdigalien*, les *Calcaire de Piedautry, argiles et poudingues du Stampien* et les *Marnes à Microcodium de l'Éocène indifférencié*). Ces trois formations n'affleurent que sur 2,17% du département, et sont également classées en aléa moyen. Elles affleurent sur la quasi totalité de la commune de Marseille, ainsi qu'au nord du département (La Roque-d'Anthéron, Eyguières) et à l'ouest de l'étang de Berre (Martigues, Istres). Quoique hétérogènes, ces formations sont à prédominance d'argile, sont moyennement susceptibles, et présentent une densité de sinistres relativement faible voire nulle pour les *Marnes à Microcodium de l'Éocène indifférencié* en raison de l'absence de sinistres recensés sur la formation.
- Cinq des treize formations argileuses du Crétacé (les *Argiles, grès et calcaires indifférenciés du Maestrichtien supérieur*, les *Argiles et grès du Maestrichtien supérieur*, les *Calcaires, marnes et poudingues du Maestrichtien inférieur*, les *Calcaires, argiles et calcaires argileux du Valdo-Fuvélien* et les *Marnes à Toxaster de l'Hauterivien inférieur*). Ces six formations affleurent sur presque 5% de la superficie totale du département, et peuvent présenter à la fois des faciès calcaires (non argileux), mais également des marnes et des argiles d'altération. On les retrouve au niveau de la dépression du bassin de l'Arc, autour de l'étang de Berre et au nord du département dans le massif des Alpilles. Elles sont également classées en aléa moyen, ce qui résulte à la fois d'une susceptibilité moyenne et d'une densité de sinistres faible à forte (faible pour les *Marnes à Toxaster de l'Hauterivien inférieur* pour lesquelles aucun sinistre n'a été recensé).

Les 27 formations reconnues en **aléa faible** occupent les deux tiers de la superficie départementale. Elles affleurent dans les vallées alluviales, dans l'ouest et le nord-ouest du département au niveau du Rhône, ainsi que dans la partie sud du département dans la plaine de la Durance. On y retrouve :

- Les quatre formations quaternaires, caractérisées par une susceptibilité généralement moyenne (faible pour les *Alluvions à limons argileux du Quaternaire*) et une densité de sinistres faible), et constituant à eux seuls quasiment plus du tiers de la superficie en aléa faible du département.
- Sont également classés dans cette catégorie sept formations du Miocène (les *Marnes et sables Plaisancien et poudingues du Miocène supérieur (Valensole)*, les *Calcarénite, calcaires, sables et argiles du Vindobonien*, les *Argiles calcaire d'Istres du Vindobonien*, les *Marne sableuse micacée de l'Helvétien*, les *Calcaire marneux du Burdigalien*, les *Conglomérats, grès et calcaires de l'Oligocène - Miocène*

inférieur et les *Sables, calcaires, marnes et argiles de l'Oligocène - Miocène inférieur*). Ces sept formations représentant 4,24% de la superficie totale du département, et sont moyennement susceptibles (à faiblement susceptible pour les *Calcaires marneux du Burdigalien*) et faiblement sinistrées.

- Enfin, quatre autres formations sont remarquables dans cette catégorie, car elles ne présentent aucun sinistre recensé (les *Sables argileux et marnes Éocène*, les *Marnes du Coniacien Santonien*, les *Calcaires et calcaires marneux du Toarcien et Callovo-Oxfordien* et les *Marnes noires et grises du Toarcien et Callovien - Oxfordien*). Ces quatre formations affleurent de façon très marginale car elles ne représentent que 0,3% de la superficie totale du département.

7.3. SYNTHÈSE DE L'ALÉA RETRAIT-GONFLEMENT DANS LES BOUCHES-DU-RHÔNE

Ainsi, les Bouches-du-Rhône se caractérisent par une forte proportion du département reconnue sujette à l'aléa retrait-gonflement, puisque seulement 26,8% de la superficie du département est a priori non argileux (y compris le réseau hydrographique). Par ailleurs, la superficie en aléa fort est particulièrement restreinte (1,7% du département). Enfin, l'aléa faible (65%) est prépondérant sur l'aléa moyen (6,6%), ce qui constitue des proportions inversées par rapport à la susceptibilité : cela s'explique par le fait que certaines formations caractérisées par une susceptibilité moyenne présentent une densité de sinistres faible (note 1), ce qui se traduit par un aléa faible. Ceci concerne en particulier deux formations du Quaternaire, particulièrement représentées en terme de superficie : les *Tourbes, limons, sables et vases (Quaternaire)* et les *Colluvions (Quaternaire)*.

Cette carte d'aléa est valide à l'échelle 1/50 000 et une de ses finalités est de servir de support à la prévention du risque à l'échelle départementale. Le niveau d'aléa correspond ainsi à la probabilité d'occurrence d'un sinistre, en un lieu donné, estimée de façon qualitative.

Si l'on souhaite raisonner à l'échelle d'un projet de construction, l'hétérogénéité des formations, telle qu'elle se manifeste à l'échelle départementale, amène à considérer le niveau d'aléa d'une formation comme une probabilité plus ou moins grande de rencontrer, au niveau de la parcelle considérée, des argiles sujettes au phénomène de retrait-gonflement. Cela souligne ainsi l'importance de réaliser une étude de sol avant tout projet de construction dans une zone soumise à aléa : la description de la formation et sa caractérisation vis à vis du phénomène de retrait-gonflement, telles qu'elles ont été conduites dans cette étude, peuvent alors servir de guide pour analyser les résultats obtenus sur la parcelle et les replacer dans le contexte plus général de la formation géologique identifiée.

L'annexe 4 présente, pour chaque commune du département, la répartition de la superficie entre les différents niveaux d'aléa et rappelle les données de base de la sinistralité dans la commune (nombre d'arrêtés catastrophe naturelle, durée totale de la reconnaissance catastrophe naturelle, nombre de sinistres recensés dans le cadre de la présente étude) ainsi que les superficies totales et urbanisées.

8. Conclusions

L'objectif de cette étude était d'établir une carte de l'aléa lié au phénomène de retrait-gonflement des sols argileux dans le département des Bouches-du-Rhône, essentiellement basée sur une interprétation de la carte géologique, associée à une synthèse d'un grand nombre d'informations concernant la susceptibilité au phénomène des formations argileuses ou marneuses et la localisation des sinistres liés aux mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols.

Cette démarche s'inscrit dans le cadre d'une méthodologie globale mise au point par le BRGM à la demande du Ministère de l'Écologie et du Développement Durable et de la profession des assureurs. Cette démarche méthodologique a été mise au point lors d'études similaires menées dans les Alpes de Haute-Provence et les Deux-Sèvres, puis a été appliquée à une quinzaine d'autres départements. D'autres études départementales sont actuellement en cours de réalisation, dont le département voisin du Vaucluse, et à terme, ce seront au moins 33 départements qui devraient faire l'objet d'une telle cartographie d'ici fin 2005.

La démarche de l'étude a d'abord consisté en l'établissement d'une cartographie départementale synthétique des formations argileuses ou marneuses affleurantes à sub-affleurantes, à partir de la synthèse des cartes géologiques à l'échelle 1/50 000 et d'observations bibliographiques existantes. La carte synthétique recense en définitive 39 formations argileuses ou marneuses.

Ces formations argileuses ou marneuses identifiées ont fait l'objet d'une hiérarchisation quant à leur susceptibilité vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement. Cette classification a été établie sur la base de trois caractéristiques principales quantifiables : la nature lithologique dominante des formations, la composition minéralogique de leur phase argileuse (proportion de minéraux gonflants de type smectites et interstratifiés smectites/illite) et leur comportement géotechnique (évalué principalement à partir de la valeur de bleu et de l'indice de plasticité).

D'autres facteurs de prédisposition ou de déclenchement sont connus pour jouer un rôle dans la répartition de l'aléa. Mais la plupart, d'extension purement locale, tels que la végétation arborée, certaines actions anthropiques ou les défauts de fondation, ne peuvent être pris en compte dans le cadre d'une étude réalisée à l'échelle départementale, malgré leur importance souvent déterminante. D'autres, tels que le contexte hydrogéologique, la répartition géographique des déficits hydriques et la configuration topographique n'ont par ailleurs pas été jugés suffisamment discriminants pour être pris en considération dans l'élaboration de la carte d'aléa.

En définitive, la carte départementale d'aléa a été établie à partir de la carte synthétique des formations argileuses ou marneuses, après une seconde hiérarchisation des formations prenant en compte non seulement la susceptibilité des

formations identifiées, mais aussi la probabilité d'occurrence du phénomène. Cette dernière a été évaluée à partir du recensement des sinistres, en calculant pour chaque formation sélectionnée une densité de sinistres, rapportée à la surface d'affleurement réellement urbanisée dans cette formation, ceci afin de permettre des comparaisons fiables entre formations. Au total, 3 880 sinistres répartis dans 81 communes du département (dont les 50 reconnues au moins une fois en état de catastrophe naturelle pour la sécheresse à la date du 31 mai 2004), ont ainsi été recensés dont 3 712 ont pu être localisés avec suffisamment de précision. Cet échantillon, bien qu'assurément non exhaustif, paraît très largement représentatif du phénomène tel qu'il a été observé à ce jour dans le département.

Trois niveaux d'aléa (fort, moyen et faible) ont été distingués afin de hiérarchiser les formations argileuses ou marneuses vis à vis du phénomène de retrait-gonflement. Sur les 5 106 km² de superficie du département,

- seulement 1,7% sont classés en aléa fort ;
- 6,6% sont classés en aléa moyen ;
- 65% sont classés en aléa faible ;
- 26,8% sont considérés comme présentant un aléa a priori nul (y compris le réseau hydrographique).

Il n'est toutefois pas exclu que, sur ces derniers secteurs considérés d'aléa a priori nul, se trouvent localement des zones argileuses d'extension limitée, notamment dues à l'hétérogénéité de certaines formations essentiellement sableuses présentant des lentilles argileuses ou à l'altération localisée de formations carbonatées. Ces placages ou lentilles argileuses, non cartographiés sur les cartes géologiques (et pour la plupart non cartographiables à l'échelle départementale), sont susceptibles de provoquer localement des sinistres.

Cette carte d'aléa retrait-gonflement des terrains argileux du département des Bouches-du-Rhône, dont l'échelle de validité est le 1/50 000 et qui est présentée sous format papier à l'échelle 1/120 000, pourra servir de base à des actions d'information préventive dans les communes les plus touchées par le phénomène. Elle constitue également le point de départ pour l'élaboration de Plans de Prévention des Risques naturels (PPR), en vue d'attirer l'attention des constructeurs et maîtres d'ouvrages sur la nécessité de respecter certaines règles constructives préventives dans les zones soumises à l'aléa retrait-gonflement, en fonction du niveau de celui-ci. Cet outil réglementaire devra insister sur l'importance d'une étude géotechnique à la parcelle comme préalable à toute construction nouvelle dans les secteurs concernés par les formations géologiques à aléa fort, moyen ou faible, notamment en raison de la forte hétérogénéité des formations du département. A défaut, il conviendra de mettre en œuvre des règles constructives type par zones d'aléa, visant à réduire le risque de survenance de sinistres.

Bibliographie

Allombert J. ; Arvois R. (1980) - Synthèse départementale des matériaux et substances utiles de Vaucluse. *Rapport BRGM*. 80 SGN 116 PAC.

Arlhac P., Catzigras F., Colomb E., Gervais J., Gouvernet C., Gueirard S., Lambert C., Mercier H., Nury D., Rousset C., Tempier C., Vincent H., Weydert P. et Rouire J. (1970) - Notice explicative et Carte géol. France (1/50 000), feuille Pertuis (995) Orléans : BRGM, 16 p.

Arlhac P., Catzigras F., Colomb E., Durand J.-P., Gervais J., Guieu G., Masse J.-P., Nury D., Philip J., Rousset C., Blanc J.-J., Roux M. et Rouire J. (1977) - Notice explicative et Carte géol. France (1/50 000), feuille Martigues-Marseille (1020) Orléans : BRGM, 51 p.

Ayme Y. ; Damiani L. ; (1971) – Résultats de sondages réalisés dans les argiles de Valabre, commune de Gardanne (Bouches-du-Rhône). *Rapport BRGM*. 71 SGN 415 PRC.

Ayme Y. ; Damiani L. ; Trautmann F. ; Veux R. (1972) – Recherche d'argiles à briques dans les (Bouches-du-Rhône). *Rapport BRGM*. 72 SGN.055.PRC

Biddle P.-G. (1983) – Patterns of soil drying and moisture deficit in the vicinity of trees on clay soils. *Geotechnique*. Vol. XXXIII, pp. 107-126.

Blanc J.J. ; (1958) - L'Aptien de la Bédoule (Bouches-du-Rhône); stratigraphie et sédimentation. *Bulletin de la Société Géologique de France*. N° 5; 1958.

Bonifay E. ; (1952) - Les limons loessiques de la région de Marseille (Bouches-du-Rhône). *Bulletin de la Société Géologique de France*.

Bonnet A., Ménillet F., Berger G. et Coubès L. (1973) - Notice explicative et Carte géol. France (1/50 000), feuille Nîmes (965) Orléans : BRGM, 40 p.

Bouchut J., Giot D., Cruz Mermy D. avec la collaboration de Demelemestre F., Halbwachs C. (2004) - Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département de Loir-et-Cher. *Rapport BRGM/RP-52950-FR*. 192 p., 28 ill., 6 ann., 3 cartes h.-t.

Caillère S., Hénin S. (1963) – Minéralogie des argiles. Masson, Paris, 343 p.

Carrière M., Chevalier M., Toulemont M. et Verdier M. (1996) – Sécheresse et catastrophe naturelle. Aspects techniques, juridiques et administratifs. "Le comportement des sols et des ouvrages pendant et après les périodes de sécheresse". *Journées d'étude de l'École des Ponts*, Paris, 11-12/12/1996.

Catzigras F., Colomb E., Gervais J., Gouvernet C., L'Homer A., Masse J.-P., Rousset C., Roux M., Clintzboeckel Ch. et Rouire J. (1975) - Notice explicative et Carte géol. France (1/50 000), feuille Eyguières (993) Orléans : BRGM, 29 p.

Catzigras F., Colomb E., Durand J.-P., Gervais J., Gouvernet C., Masse J.-P., Rousset C., Triat J.-M., Truc G. et Rouire J. (1977) - Notice explicative et Carte géol. France (1/50 000), feuille Châteaurenard (966) Orléans : BRGM, 25 p.

CEBTP sous l'égide de l'AQC, l'APSAD, l'AFAC, la CCR et la FNB (1991) – Détermination des solutions adaptées à la réparation des désordres des bâtiments provoqués par la sécheresse. *Guide pratique CEBTP*, 3 fascicules.

Chamley H.; Colomb E.; Roux M.R. (1969) - Les minéraux argileux du bassin versant de la Touloubre (Bouches-du-Rhône). *Bulletin du Museum d'Histoire Naturelle de Marseille*. N° 29; p. 117-127.

Chamley H.; Durand J.P.; Roux M.R. (1971) - Les minéraux argileux du bassin versant de l'Arc (Bouches-du-Rhône). *Bulletin du Museum d'Histoire Naturelle de Marseille*. N° 31; p. 105-113.

Chamley H., Durand J.-P. et Roux M.-R. (1971) Dépôt lacustre à Attapulгите et Sépiolites en basse Durance au Miocène supérieur. Université de Provence.

Chamley H.; Masse J.P. (1975) – Sur la signification des minéraux argileux dans les sédiments barrémiens et bédouliens de Provence. *IXe Congrès International de Sédimentologie Nice*.

Chassagneux D., Stieljes L., Mouroux P. et avec la coll. De Ducreux G.-H. (1995) – Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des sols (sécheresse/pluie) dans la région de Manosque (Alpes de Haute Provence). Echelle communale et départementale. Approche méthodologique. *Rapport BRGM R 38695*.

Chassagneux D., Stieljes L., Mouroux P., Ménillet F. et Ducreux G.-H. (1996) – Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des sols (sécheresse-pluie) à l'échelle départementale. Approche méthodologique dans les Alpes de Haute-Provence. *Rapport BRGM R39218*, 33 p., 6 fig., 1 tab., 4 ann., 1 pl. hors-texte.

Chassagneux D., Meisina C., Vincent M., Ménillet F. et Baudu R. (1998) – Guide synthétique pour la prise en compte de l'aléa retrait-gonflement à l'échelle nationale. *Rapport BRGM R40355*, 33 p., 6 fig., 1 tab., 1 ann., 1 pl. hors-texte.

Clauzade G. ; Roch E. ; Tamisier A. (1962) - Les sables et argiles bigarres du Coulon et ceux du Garry dans la région d'Apt (Vaucluse). *Bulletin de la Société Géologique de France*. N° 4.

Colomb E., Roux M., Guieu G., L'Homer A., Toni C., Glintzboeckel Ch., Blanc J.-J., Vernier E. et Rouire J. (1976) - Notice explicative et Carte géol. France (1/50 000), feuille Istres (1019) Orléans : BRGM, 47 p.

- Cui M.** (1996) – Les apports de la mécanique des sols non saturés. "Le comportement des sols et des ouvrages pendant et après les périodes de sécheresse". Journées d'étude de l'École des Ponts, Paris, 11-12/12/1996.
- Damiani L.** ; (1969) – Recherches préliminaires de gisements d'argile dans la région d'Aix-en-Provence. *Rapport BRGM*. 69 SGN 177
- Damiani L.** ; (1971) – Résultats de sondages réalisés dans les argiles des Milles et de Puyloubier (Bouches-du-Rhône). *Rapport BRGM*. 71 SGN 096 PRC
- Damiani L.** (1988) – Recherche de gisements d'argiles à tuiles en Provence entre Aix-en-Provence et Avignon. *Rapport BRGM*. 88 SGN 571 PAC
- Denizot G., Corroy G., Catzigras F., Colomb E., Durand J.-P., Guieu G., Rousset C., Tempier C., Nury D., Rousset C. et Rouire J.** (1969) - Notice explicative et Carte géol. France (1/50 000), feuille Aix-en-Provence (1021) Orléans : BRGM, 19 p.
- Durand J.P. ; Acquaviva, Giroud d'Argoud** (1974) - Sur les minéraux argileux du Paléocène du synclinal de l'Arc C.R. *Acad.Sc.Paris*, t.279
- Ferry S., Cotillon P. et Rio M.** (1983) - Diagenese croissante des argiles dans des niveaux isochrones de l'alternance calcaire marne valanginienne du bassin vocontien. Zonation géographique. *Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences, Série 2: Mécanique Physique, Chimie, Sciences de l'Univers, Sciences de la Terre*. 297; 1, p. 51-56.
- Germain C., Liouville M., de Bouchony P., Roch E., Demarcq G. et Goguel J.** (1966) - Notice explicative et Carte géol. France (1/50 000), feuille Cavaillon (967) Orléans : BRGM, 12 p.
- Giroud d'Argoud G.**; (1975) – Contribution à l'étude stratigraphique et sédimentologique de l'Aptien supérieur de Provence. *Thèse*. 01/07/1975 Université de Provence.
- Giroud D., Argoud G., Chamley H. et Masse J.-P.** (1976) - Sur la signification des minéraux argileux dans les sédiments de l'Aptien supérieur de Provence. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences, Série D: Sciences Naturelles*. N°282; 18, p. 1673-1675.
- Gonzalez G.** (1992) - Les argiles industrielles du Vaucluse. *Rapport BRGM*. R 35521 PAC 4S 92
- Gouvernet C., Gueirard S., Catzigras F., Colomb E., Gervais J., Blanc J.-P., Busser T., Grégoire J.-Y., Lambert C. et Rouire J.** (1968) - Notice explicative et Carte géol. France (1/50 000), feuille Salon-de-Provence (994) Orléans : BRGM, 20 p.
- Habib P.** (1992) – Les sécheresses de 1989 et 1990. *Revue Française de Géotechnique*, n° 58, p. 7-30.

Haug E., Lanquine A., Maury E., Denizot G., Lutaud L., Pfender J., Blanc J.-J., Bonifay E., Campredon R., Caron J.-P., Guieu G., Humbert S., Philip J., Taxy-Fabre S., Tempier C., Pérès J.-M., Picard J., Rouire J. et Guieu G. (1969) - Notice explicative et Carte géol. France (1/50 000), feuille Aubagne-Marseille (1044) Orléans : BRGM, 26 p.

Haug E., Lanquine A., Maury E., Blanc J.-J., Gouvernet C., Philip J., Tempier C., Froget C., Muschotti E. et Rouire J. (1977) - Notice explicative et Carte géol. France (1/50 000), feuille La Ciotat (1063) Orléans : BRGM, 23 p.

Kert C. (1999) – Les techniques de prévision et de prévention des risques naturels en France. Rapport de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques. N° 1540 *Assemblée Nationale*, n° 312 Sénat, avril 1999.

Lautrin D. (1989) – Utilisation pratiques des paramètres dérivés de l'essai au bleu de méthylène dans les projets de génie civil. *Bull. Liaison Labo. P. et Ch.*, n° 160, pp. 29-41.

L'Homer A., Tal A., Toni C., Glintzboeckel Ch., Clairefond P. et Blanc J.-J. (1975) - Notice explicative et Carte géol. France (1/50 000), feuille Saintes-Maries-de-la-mer (1018) Orléans : BRGM, 34 p.

Noel C. (1991) – Tassement de sols d'assise de fondations consécutifs à la sécheresse. L'expertise dans le cadre de la garantie "catastrophes naturelles". *SNEIC-INFO*, 4.

Magnan J.-P. et Youssefian G. (1989) – Essai au bleu de méthylène et classification géotechnique des sols. *Bull. Liaison Labo. Ponts et Chaussées*, 159, p. 93-104.

Marçot N. et Gonzalez G. (2004) – Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département du Vaucluse. Rapport BRGM/RP-531877-FR, 220 p.

Mastchenko A. (2001) – Sécheresse et sols argileux. Projet industriel Alpha Sol. *Ecole des Mines d'Alès*, 74p., 9 ann.

Meisina C., Chassagneux D., Leroi E. et Mouroux P. (1998) – Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des sols argileux. Proposition de méthodologie. Article et présentation au 8^e *Congrès de l'Association Internationale de Géologie de l'Ingénieur et de l'Environnement*.

Mennessier G., Modret D. et Goguel J. (1966) - Notice explicative et Carte géol. France (1/50 000), feuille Tavernes (996) Orléans : BRGM, 23 p.

Mennessier G., Modret D., Thiers R., Aussedat J.-L., Caron J.-P., Durand J.-P., Ferrandini J., Guieu G., Rousset C. et Rouire J. (1979) - Notice explicative et Carte géol. France (1/50 000), feuille Brignoles (1022) Orléans : BRGM, 30 p.

Millot G. (1964) – Géologie des argiles. Masson, Paris, 499 p..

Ministère de l'Environnement, Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques, Délégation aux Risques majeurs (1993) – Sécheresse et Construction. *Guide de Prévention*. Edit. La Documentation Française, Paris.

Mouroux P., Margron P. et Pinte J.-C. (1988) - La construction économique sur sols gonflants. *Manuel et méthodes* n°14, 125 p., BRGM Editeur.

Norie A. et Vincent M. (2000) - Etablissement de plan de prévention des risques naturels prévisibles : « Mouvements différentiels de terrain liés au phénomène de retrait gonflement des sols argileux : approche méthodologique dans le département des Deux Sèvres » - Rapport BRGM /RP-50591-FR, 14 pages, 4 figures, 4 annexes.

Nury D. (1979) - Attribution au Stampien supérieur du Calcaire de l'Étaque et au Stampien inférieur des Argiles et Conglomérats de Saint Marcel (bassin de Marseille et de l'Huveaune, (Bouches-du-Rhône); premières implications structurales. *Bulletin de la Société Géologique de France*. N° 21; 2, p. 121-124.

Orsolini P. ; (1974) - Etude géologique (sédimentologique et tectonique) de la région de Bouc Bel Air et de Cabriès *Thèse DEA* Université de Provence

Perinet G. ; (1977) Sur la minéralogie des argiles de Saint André Marseille. Université de Provence.

Philipponat G. (1991) – Retrait-gonflement des argiles, proposition de méthodologie. *Revue Française de Géotechnique*, n° 57, p. 5-22.

Prian J.-P., Donsimoni M. et Vincent M. avec la collaboration de Denis L., Gallas J.-C., Marty F., Motteau M. (2000) – Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département de l'Essonne. *Rapport BRGM* n° RP-50376-FR, 269 p., 32 fig., 11 tabl., 6 ann., 3 cartes hors-texte.

Rabier P. (1977) - Z.A.C. du Levun à Velaux (Bouches-du-Rhône). Reconnaissance géologique et géotechnique. *Rapport BRGM*. 77 SGN 242 PRC

Redondo C.-P. ; (?) – Etude des sédiments détritiques du Crétacé supérieur marin de la Provence occidentale et recherche des zones d'apport. Sédimentologie, pétrographie, minéralogie. *Thèse*. Université de Provence Aix-Marseille I.

Schaeffner M. (1989) – Introduction de la valeur de bleu de méthylène d'un sol dans la classification des sols. Recommandation pour les terrassements routiers. *Bull. Liaison Labo. Ponts et Chaussées*, 163, 9-16.

Serratrice J.F., Soyez B. (1996) – Les essais de gonflement. *Bulletin des laboratoires des Ponts et Chaussées*, 204, p. 65-85.

Tempier C. ; (1964) Sédimentologie et Paléocéanographie des formations marneuses du callovien et l'Oxfordien inférieur dans la région de Vauvenargues. Université de Provence.

Tessier D. (1990) – Organisation des matériaux argileux en relation avec leur comportement hydrique. In "Matériaux argileux : structure, propriétés et applications", Edit. A. Décarreau.

Toni C., Barrière J., L'Homer A., Bouteyre G., L'Homer A., Brun P., Colomb E., Roux M. et Glintzboeckel Ch. (1975) - Notice explicative et Carte géol. France (1/50 000), feuille Arles (992) Orléans : BRGM, 72 p.

Toulemont M. (1996) – Bilan des dommages dus à la sécheresse comme catastrophe naturelle. "Le comportement des sols et des ouvrages pendant et après les périodes de sécheresse". Journées d'étude de l'Ecole des Ponts, Paris, 11-12/12/1996.

Tran Ngoc Lan (1978) – Un nouvel essai d'identification des sols : l'essai au bleu de méthylène. *Bull. Liaison Labo. Ponts et Chaussées*, 88, pp. 136-137.

Triat J.-M. (?) - Paléocaltérations dans le Crétacé supérieur de Provence rhodanienne. *Thèse*

Triat J.-M. et Parron C. (1976) - L'ocricification des sables glauconieux albo cenomaniens du Gard et du Vaucluse. *Bulletin de la Société Géologique de France*. N° 18; 1, p. 21-25.

Triat J.-M. (1982) - Pierres utiles de Provence. *Cahiers de documentation (Chambre de commerce et d'industrie de Marseille ; N°1 Janvier 1982.*

Triat J.-M. et Truc G. (1989) - Les argilisations à argilites monominérales du SE de la France *9th international clay conference.*

Vincent M., Le Nindre Y.-M., Meisina C. et Chassignol A.-L. (1998) – Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Deux-Sèvres. *Rapport BRGM n° R 39967*, 89 p., 14 fig., 13 tab., 6 ann., 2 cartes hors-texte.

Vincent M. (2002) – Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des sols argileux – Géologues (Revue officielle de l'Union Française des Géologues), n° 132, mars 2002, pp. 90 à 92.

Vincent M. avec la collaboration de Imbault M. et Asfirane F. (2003) - Etablissement de Plans de Prévention des Risques naturels concernant les mouvements de terrain liés au phénomène de retrait-gonflement des argiles dans le département de l'Essonne. *Rapport BRGM/RP-52199-FR*, 15 p., 2 fig., 3 ann., 1 CD-Rom.

Vincent M. (2003) – Le risque de retrait-gonflement des argiles – Cahiers de l'IAURIF, n° 138, octobre 2003, pp. 95 à 101

Sites internet :

<http://www.meteofrance.fr> : site internet de Météo France.

<http://www.prim.net> : site internet sur les risques naturels majeurs du Ministère de l'Écologie et du Développement Durable.



Annexe 1 : Rappels sur le mécanisme de retrait-gonflement des argiles

Rappels sur le mécanisme de retrait-gonflement des argiles

Le terme argile désigne à la fois une classe granulométrique ($< 2 \mu\text{m}$) et une nature minéralogique correspondant à la famille des phyllosilicates.

Dans le cadre de cette étude, on s'intéressera essentiellement à la composante argileuse qui constitue les formations géologiques argileuses et/ou marneuses, affleurantes à sub-affleurantes. Dans cette approche géologique, on considère que celles-ci constituent les sols argileux. Cette approche est différente de celle consistant à prendre en compte les sols argileux s.s. dérivant de processus pédogénétiques superficiels complexes.

À l'échelle microscopique, les minéraux argileux se caractérisent par une structure minéralogique en feuillets. Ceux-ci sont constitués d'un assemblage de silicates (SiO_2) et d'aluminates (Al_2O_3) entre lesquels viennent s'interposer des molécules d'eau. La majorité des minéraux argileux appartient à la famille des phyllosilicates 2:1 (deux couches tétraédriques encadrant une couche octaédrique). La structure des assemblages cristallins est variable selon le type d'argile. Certains d'entre eux, telle que la montmorillonite, présentent des liaisons faibles entre feuillets, ce qui permet l'acquisition ou le départ de molécules d'eau.

L'hydratation des cations situés à la surface des feuillets provoque leur élargissement, ce qui se traduit par une augmentation du volume du minéral. C'est le phénomène de gonflement intracristallin ou interfoliaire. Le gonflement est lié au phénomène d'adsorption d'eau sur les sites hydrophiles de l'argile.

Ce processus est réversible. Un départ d'eau entraîne une diminution du volume du minéral. C'est le phénomène de retrait.

Les phénomènes de retrait-gonflement s'expriment préférentiellement dans les minéraux argileux appartenant au groupe des smectites (montmorillonite, beidellite, nontronite, saponite, hectorite, sauconite) et dans une moindre mesure au groupe des interstratifiés (alternance plus ou moins régulière de feuillets de natures différentes, par exemple illite – montmorillonite).

À l'échelle macroscopique, ces micro-agrégats de feuillets s'organisent en assemblages plus ou moins anisotropes et cohérents, en fonction de la forme des particules élémentaires qui les composent, et en fonction de la force des liaisons entre particules. Ces dernières sont assurées par des molécules d'eau intercalées. Ce mode d'assemblage, qui définit la texture du « sol argileux » dépend de la nature minéralogique des argiles, du mode de sédimentation et de l'état de consolidation du matériau. En particulier, une argile vasarde ne présentera pas la même texture – et donc pas la même cohésion – qu'une argile surconsolidée, par exemple à la suite d'un enfouissement à grande profondeur.

À cette échelle, la variation de teneur en eau dans le sol se traduit également par des variations de volume du matériau. On parle alors de gonflement interparticulaire. Ce phénomène affecte toutes les argiles, mais son amplitude est nettement plus faible que le gonflement interfoliaire (qui n'affecte que certaines argiles).

Les sols argileux se caractérisent donc par une grande influence de la teneur en eau sur leur comportement mécanique. En géotechnique, on identifie d'ailleurs les différents types de sols argileux sur la base de ce critère. Pour cela on détermine les teneurs en eau (dites limites d'Atterberg) à partir desquelles le comportement du matériau se modifie. Atterberg, puis par la suite Casagrande, ont défini de façon conventionnelle, à partir de la teneur en eau, les limites de divers états de consistance d'un sol donné :

- la limite de liquidité W_L sépare l'état liquide de l'état solide ; elle correspond à la teneur en eau à partir de laquelle l'argile commence à s'écouler sous son poids propre ;
- la limite de plasticité W_P sépare l'état plastique de l'état solide (avec retrait) ; elle correspond à la teneur en eau en deçà de laquelle l'argile ne peut plus se déformer sans microfissuration ;

L'étendue du domaine plastique compris en ces deux valeurs est dénommée indice de plasticité : $IP = W_L - W_P$. Elle représente l'aptitude de l'argile à acquérir de l'eau.

- la limite de retrait W_R : lorsque la teneur en eau diminue en dessous de W_P , le volume de sol argileux se réduit progressivement, mais le matériau reste saturé en eau jusqu'à une valeur dite limite de retrait qui sépare l'état solide avec retrait de l'état solide sans retrait.

À partir de ce stade, si la dessiccation se poursuit, elle se traduit par une fissuration du matériau. En cas de réhydratation de l'argile, l'eau pourra circuler rapidement dans ces fissures. Au-delà de W_R , l'arrivée d'eau s'accompagnera d'une augmentation de volume, proportionnelle au volume d'eau supplémentaire incorporé dans la structure.

Les limites d'Atterberg, qui sont des teneurs en eau particulières, s'expriment, comme la teneur en eau W , en%.

Les phénomènes de retrait (liés à une diminution de volume du matériau qui se traduit, verticalement par un tassement, et horizontalement par une fissuration), et de gonflement (liés à une augmentation de volume), sont donc essentiellement causés par des variations de teneur en eau. En réalité, cependant, le phénomène est aussi régi par des variations de l'état de contrainte, et plus précisément par l'apparition de pressions interstitielles négatives.

Dans le cas d'un sol saturé, la contrainte verticale totale, qui règne dans le sol à une profondeur donnée, est la somme de la pression interstitielle due à l'eau et d'une contrainte dite effective qui régit le comportement de la phase solide du sol (pression intergranulaire). La contrainte totale est constante puisque liée à la charge exercée par les terrains sus-jacents (augmentée éventuellement d'une surcharge due, par exemple, à la présence d'une construction en surface). L'apparition d'une pression interstitielle négative, appelée succion, se traduit donc par une augmentation de la contrainte effective (c'est-à-dire une consolidation du squelette granulaire) et une expulsion d'eau. Un sol argileux situé au-dessus du niveau de la nappe, et qui est saturé, est ainsi soumis à une pression de succion qui lui permet d'aspirer l'eau de la nappe, par capillarité, et de maintenir son état de saturation. Cette pression de succion peut atteindre des valeurs très élevées à la surface du sol, surtout si celle-ci est soumise à une évaporation intense.

Annexe 2 : Liste des 50 communes des Bouches-du-Rhône reconnues en état de catastrophe naturelle au titre des mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols et dates des périodes de reconnaissance - Etat à fin mai 2004

Données transmises par la Préfecture des Bouches-du-Rhône et complétées par le site internet www.prim.net (à fin mai 2004)

Cartographie de l'état retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône

Code INSEE	Commune	Date Début	Date Fin	Date arrêt	Date JO
13001	ALLAS-PROVENCE	01/05/1989	31/12/1991	18/01/1992	12/08/1992
		01/01/1992	28/12/1993	30/06/1994	09/07/1994
		01/01/1992	30/06/1993	27/12/2000	29/12/2000
		01/01/1995	30/06/1996	21/12/2000	29/12/2000
13003	ALLAUCH	01/08/1985	31/12/1989	26/01/1993	07/02/1993
		01/01/1992	31/06/1993	09/12/1994	29/12/1994
		01/08/1992	31/10/1999	26/02/1999	19/03/1999
13005	ALBAIGNE	01/05/1989	31/12/1990	14/01/1992	05/02/1992
		01/01/1991	30/09/1993	03/03/1995	17/03/1995
		01/09/1998	30/04/1999	18/08/1999	08/09/1999
		01/10/1995	31/12/1998	19/05/1999	09/06/1999
13012	BEUCOCCHE	01/08/1989	31/12/1993	09/12/1993	29/12/1993
13014	BERRE-L'ETABLE	01/01/1988	30/06/1988	01/08/2002	22/08/2002
13015	BONNABELLE	01/02/1982	31/12/1989	14/01/1992	25/02/1992
		01/01/1991	31/06/1993	07/01/1994	10/08/1994
		01/08/1992	30/06/1999	19/09/1998	02/10/1998
		01/02/1999	30/06/1999	30/04/2000	05/05/2000
13018	LA BOULLAIXIE	01/05/1989	31/12/1991	25/01/1993	07/02/1993
		01/01/1992	30/09/1997	02/02/1998	08/03/1998
		01/01/1998	30/09/1998	30/04/2002	05/05/2002
13019	CABRIÈS	01/05/1989	31/12/1991	26/01/1993	07/02/1993
		01/01/1992	30/06/1993	27/12/2000	29/12/2000
		01/01/1999	30/06/1999	17/12/2000	29/12/2000
13020	CADOULE	01/05/1989	30/06/1993	03/03/1995	11/03/1995
		01/01/1998	30/06/1998	27/12/2000	29/12/2000
13025	CHATEAUNEUF-LE-ROUGE	01/01/1991	30/06/1993	27/12/2000	29/12/2000
		01/01/1995	30/06/1998	27/12/2000	29/12/2000
13031	LA DESTROUBÈRE	01/08/1998	09/04/1999	01/12/2008	29/12/2008
13032	ÉGUILLES	01/02/1989	31/12/1992	09/12/1993	29/12/1993
		01/01/1993	31/12/1999	19/09/1999	09/09/1999
13033	ENNEVAL-LE-ROUGE	01/01/1992	30/09/1997	17/12/2002	08/01/2003
		01/08/1992	30/06/1993	17/12/2002	08/01/2003
		01/01/1998	30/06/1999	17/12/2002	08/01/2003
13036	ESPÈRALES	01/01/1992	30/06/1993	27/12/2000	29/12/2000
		01/01/1998	30/06/1998	27/12/2000	29/12/2000
		01/05/1989	31/12/1991	16/08/1993	03/09/1993
13037	LA FARE-LES-OLIVIERS	01/05/1989	31/12/1991	16/08/1993	03/09/1993
		01/01/1992	30/06/1993	27/12/2000	29/12/2000
13038	FOG-SUR-MER	01/05/1989	31/12/1992	30/06/1994	09/07/1994
13040	FUYEAU	01/05/1989	31/12/1993	16/08/1993	03/09/1993
		01/01/1992	31/10/1999	23/02/1999	10/03/1999
13041	GARDANNE	01/05/1989	31/12/1991	25/01/1993	07/02/1993
		01/01/1992	31/10/1999	23/02/1999	10/03/1999
13042	GENÈSIS	01/01/1998	30/06/1998	06/03/2001	18/03/2001
13043	GRANVILLE	01/05/1989	31/12/1992	09/12/1993	29/12/1993
		01/01/1992	31/10/1998	23/02/1998	10/03/1998
		01/01/2000	30/06/2000	09/12/2000	09/12/2000
13046	GREASQUE	01/05/1989	31/12/1991	25/01/1993	07/02/1993
		01/01/1992	31/06/1993	27/02/1994	10/03/1994
		01/09/1993	31/12/1998	23/02/1999	10/03/1999
13051	LANÇON-PROVENCE	03/09/1993	30/06/1998	23/02/1999	10/03/1999
		29/12/2000	30/06/2002	29/10/2005	19/10/2005
13054	MARIGNANE	01/05/1989	31/12/1991	30/06/1994	09/07/1994
		01/01/1992	31/12/1997	12/06/1998	01/07/1998
13055	MARSEILLE	01/01/1998	30/06/1998	13/03/2002	28/03/2002
		01/05/1989	31/12/1991	25/01/1993	07/02/1993
		01/01/1992	30/06/1993	27/12/2000	29/12/2000
13056	MARTIGUES	01/05/1989	31/12/1991	26/01/1993	07/02/1993
		01/01/1992	31/10/1999	23/02/1999	10/03/1999

Cartographie de l'aire retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône

Code INSEE	Commune	Date Debut	Date Fin	Date arrêt	Date JO
13001	MAYRÉVAL	01/01/1981	30/01/1981	27/12/1980	28/12/2000
		01/01/1982	30/01/1982	27/12/1980	28/12/2000
		01/01/1988	30/01/1988	27/12/1980	28/12/2000
13002	MMEY	01/01/1981	31/12/1981	29/01/1981	07/01/1993
		01/01/1992	30/01/1994	03/04/1994	17/01/1996
		01/01/1994	31/10/1998	23/02/1998	18/03/1994
13010	LA PENNE-SUR-HUVAINE	01/01/1988	31/10/2000	31/10/1988	17/11/1988
		01/01/1996	31/10/2000	22/01/1998	14/07/1999
		01/01/2002	30/06/2002	03/10/2002	18/01/2003
13011	LES PENNES-MARCAU	01/01/1981	30/01/1997	17/11/1987	30/12/1997
		01/01/1994	30/01/1998	30/04/2002	05/05/2002
13012	PETRER	01/01/1981	31/12/1981	18/01/1982	06/01/1992
		01/01/1981	30/01/1991	27/12/2000	28/12/2000
		01/01/1982	30/01/1983	27/12/1981	28/12/2000
		01/01/1988	30/01/1988	27/12/1980	28/12/2000
		01/01/2002	30/01/2002	30/01/2002	22/01/2002
13013	PETRE	01/01/1988	30/01/1988	27/12/1980	28/12/2000
		01/01/2002	30/01/2002	30/01/2002	22/01/2002
13014	PLANCE-CURDES	01/01/1981	31/12/1981	06/12/1981	28/12/1981
		01/01/1981	30/01/1981	06/01/1981	17/01/1981
		01/01/1981	31/01/1981	23/01/1981	19/01/1981
13015	PORT-DE-BOLIC	01/01/1981	30/01/1981	27/12/1980	28/12/2000
		01/01/1982	30/01/1982	27/12/1980	28/12/2000
		01/01/1988	30/01/1988	27/12/1980	28/12/2000
13081	ROGNAC	01/01/1988	31/12/1981	29/11/1981	07/01/1993
		01/01/1982	30/01/1982	27/12/1980	28/12/2000
		01/01/1988	30/01/1988	27/12/1980	28/12/2000
13084	LA ROCHE-DANTHERON	01/01/1981	01/04/1997	09/04/1984	23/04/1994
		01/01/1990	30/01/1998	06/07/2001	18/07/2001
13085	ROQUEFORT-LA-MOULLE	01/01/1981	30/01/1981	27/12/2000	28/12/2000
13086	ROQUEVAIRE	01/01/1981	31/12/1981	08/12/1981	28/12/1981
		01/01/1983	30/01/1983	27/12/1980	28/12/2000
		01/01/1988	30/01/1988	27/12/1980	28/12/2000
13087	ROUSSET	01/01/1981	31/12/1981	08/12/1981	28/12/1981
		01/01/1982	30/01/1983	27/12/2000	28/12/2000
		01/01/1988	30/01/1988	27/12/1980	28/12/2000
13088	LE RONC	01/01/1981	27/12/1981	06/12/1981	28/12/1981
		01/01/1983	30/01/1983	27/12/1980	28/12/2000
		01/01/1988	30/01/1988	27/12/1980	28/12/2000
		01/01/2002	30/01/2002	30/01/2002	22/01/2002
13101	SAINT-ENCAZONS	01/01/1981	31/12/1981	06/12/1981	28/12/1981
		01/01/1981	31/12/1981	06/01/1981	07/01/1981
13102	SAINT-MICHAEL	01/01/1981	30/01/1981	18/01/1981	03/01/1984
		01/01/1981	30/01/1981	28/12/1980	28/11/2000
13104	SAISSET-LES-PINS	01/01/1981	30/01/1981	27/12/1980	28/12/2000
		01/01/1982	30/01/1982	27/12/1980	28/12/2000
		01/01/1988	30/01/1988	27/12/1980	28/12/2000
		01/01/2002	30/01/2002	03/01/2002	08/01/2002
		01/01/1989	31/12/1981	08/12/1983	28/12/1983
13110	SMIANE-COLLONGUE	01/01/1981	31/12/1981	08/12/1981	28/12/1981
		01/01/1983	01/12/1984	10/01/1985	03/04/1989
		01/01/1989	31/12/1981	08/01/1981	03/01/1983
		01/01/1982	30/01/1981	03/01/1981	17/01/1986
		01/01/1993	30/01/1998	10/01/1994	22/01/1998
13112	VELAUX	01/01/1981	30/01/1981	27/12/1980	28/12/2000
		01/01/1982	30/01/1982	27/12/1980	28/12/2000
		01/01/1983	31/10/1988	23/01/1989	18/03/1989
		01/01/1988	31/12/1981	08/01/1981	17/01/1986
		01/01/1994	30/01/1994	27/12/1980	28/12/2000
13113	VAREILLES	01/01/1981	30/01/2002	03/01/2002	08/01/2002
		01/01/1988	31/12/1981	23/01/1982	07/02/1982
13114	VENTABRÈN	01/01/1981	30/01/1981	28/12/1980	31/10/1988
		01/01/1982	31/10/1988	23/01/1989	18/03/1989
		01/01/1988	30/01/1988	27/12/1980	28/12/2000
13115	VITTELLES	01/01/1981	30/01/1981	28/12/1980	28/11/2000
		01/01/1988	30/01/1988	28/12/1980	28/11/2000
13116	VUEZOUX	01/01/1981	31/12/1981	18/01/1981	03/01/1981
		01/01/1982	31/12/1988	23/01/1989	14/07/1988
13119	CARRIXEN-PROVENCE	01/01/1981	30/01/1981	17/12/2000	28/11/2000

Annexe 3 : Liste des sinistres “sécheresse” recensés dans le cadre de cette étude

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône

Numéro de dossier Brgm	Commune	Coordonnées X (m) Lambert II Carto	Coordonnées Y (m) Lambert II Carto	Numéro de dossier Brgm	Commune	Coordonnées X (m) Lambert II Carto	Coordonnées Y (m) Lambert II Carto
2671	Aix-en-Provence	848052	1839741	3071	Aix-en-Provence	852522	1842768
2675	Aix-en-Provence	846683	1843809	2684	Aix-en-Provence	852653	1842039
2672	Aix-en-Provence	847084	1838862	2636	Aix-en-Provence	852580	1845124
2682	Aix-en-Provence	848013	1843201	2667	Aix-en-Provence	852751	1840036
204	Aix-en-Provence	848079	1847212	679	Aix-en-Provence	852781	1844321
1645	Aix-en-Provence	848269	1810552	2686	Aix-en-Provence	852773	1840067
2658	Aix-en-Provence	848483	1841935	2668	Aix-en-Provence	852797	1844625
2678	Aix-en-Provence	848543	1841249	2673	Aix-en-Provence	853845	1840218
2655	Aix-en-Provence	848778	1847085	2643	Aix-en-Provence	853736	1844029
2676	Aix-en-Provence	848883	1844566	2665	Aix-en-Provence	854557	1842141
2674	Aix-en-Provence	848992	1841448	1650	Allauch		
2644	Aix-en-Provence	849945	1848247	3789	Allauch		
2657	Aix-en-Provence	849349	1848143	3820	Allauch		
2646	Aix-en-Provence	849957	1848222	3825	Allauch		
2651	Aix-en-Provence	849970	1848176	3859	Allauch		
2645	Aix-en-Provence	849978	1848251	3875	Allauch		
2650	Aix-en-Provence	849991	1848197	3954	Allauch		
2647	Aix-en-Provence	850020	1848247	3978	Allauch		
2652	Aix-en-Provence	850028	1848210	3977	Allauch		
2685	Aix-en-Provence	850028	1848184	3979	Allauch		
2648	Aix-en-Provence	850070	1848259	3990	Allauch		
2653	Aix-en-Provence	850082	1848222	4007	Allauch		
2649	Aix-en-Provence	850115	1848264	4000	Allauch	853632	1819991
2684	Aix-en-Provence	850248	1842263	3822	Allauch	853708	1819594
2663	Aix-en-Provence	850291	1842259	3936	Allauch	853752	1819596
2677	Aix-en-Provence	850359	1848513	3851	Allauch	853788	1819604
2616	Aix-en-Provence	850533	1840882	3917	Allauch	853840	1819261
205	Aix-en-Provence	850563	1842653	3873	Allauch	853845	1819585
2680	Aix-en-Provence	850694	1848630	3810	Allauch	853997	1820167
1644	Aix-en-Provence	850889	1848039	3986	Allauch	854108	1819379
2670	Aix-en-Provence	850926	1838608	3892	Allauch	854145	1819358
699	Aix-en-Provence	850977	1839950	3970	Allauch	854178	1819333
2696	Aix-en-Provence	851056	1848372	3937	Allauch	854187	1819383
2641	Aix-en-Provence	851090	1845262	3930	Allauch	854205	1819825
2642	Aix-en-Provence	851140	1845253	3947	Allauch	854238	1819372
2654	Aix-en-Provence	851210	1847139	3940	Allauch	854270	1819254
676	Aix-en-Provence	851288	1844450	3935	Allauch	854312	1819772
2637	Aix-en-Provence	851352	1843900	3853	Allauch	854335	1820269
2840	Aix-en-Provence	851358	1843867	3985	Allauch	854367	1819083
2660	Aix-en-Provence	851390	1843934	3127	Allauch	854373	1820471
2889	Aix-en-Provence	851408	1841508	3811	Allauch	854389	1819094
2638	Aix-en-Provence	851415	1843896	3910	Allauch	854400	1819954
2639	Aix-en-Provence	851484	1843825	3933	Allauch	854413	1819917
2681	Aix-en-Provence	851556	1842932	3671	Allauch	854437	1820000
2635	Aix-en-Provence	851594	1844654	3927	Allauch	854437	1819497
675	Aix-en-Provence	851602	1842111	2999	Allauch	854506	1820435
3133	Aix-en-Provence	851841	1839791	3894	Allauch	854511	1819469
2619	Aix-en-Provence	851927	1844891	3889	Allauch	854536	1820047
2617	Aix-en-Provence	851931	1844862	3847	Allauch	854543	1819317
2620	Aix-en-Provence	851931	1844920	3964	Allauch	854585	1820525
2621	Aix-en-Provence	851947	1844841	3848	Allauch	854589	1819294
2616	Aix-en-Provence	851977	1844870	3968	Allauch	854732	1822079
2622	Aix-en-Provence	851977	1844841	3858	Allauch	854737	1822049
2659	Aix-en-Provence	852010	1844841	3897	Allauch	854742	1821462
3070	Aix-en-Provence	852054	1842091	3969	Allauch	854760	1822024
2612	Aix-en-Provence	852085	1843242	3852	Allauch	854788	1818124
2608	Aix-en-Provence	852097	1843109	3804	Allauch	854793	1820320
2607	Aix-en-Provence	852114	1843067	3948	Allauch	854793	1821478
2609	Aix-en-Provence	852118	1843178	3839	Allauch	854844	1820362
2614	Aix-en-Provence	852118	1843117	3924	Allauch	854880	1822498
2623	Aix-en-Provence	852122	1843686	3840	Allauch	854885	1822540
2613	Aix-en-Provence	852126	1843330	3843	Allauch	854890	1820317
2615	Aix-en-Provence	852139	1843267	3874	Allauch	854890	1819298
2627	Aix-en-Provence	852139	1843800	3994	Allauch	854904	1820366
2683	Aix-en-Provence	852139	1843734	3788	Allauch	854908	1822586
2626	Aix-en-Provence	852158	1843771	3799	Allauch	854908	1820537
2624	Aix-en-Provence	852164	1843704	3983	Allauch	854908	1821018
2611	Aix-en-Provence	852168	1843242	3975	Allauch	854917	1820983
2610	Aix-en-Provence	852176	1843209	3778	Allauch	854937	1821037
2625	Aix-en-Provence	852181	1843750	3883	Allauch	854941	1820949
2661	Aix-en-Provence	852181	1843809	3911	Allauch	854941	1820001
2662	Aix-en-Provence	852221	1842069	3821	Allauch	854954	1820889
2629	Aix-en-Provence	852285	1846690	3998	Allauch	854982	1820186
2634	Aix-en-Provence	852289	1846756	3882	Allauch	854987	1820824
2632	Aix-en-Provence	852310	1846715	3841	Allauch	854996	1821231
2630	Aix-en-Provence	852314	1846677	3915	Allauch	854996	1820777
2633	Aix-en-Provence	852326	1846740	3842	Allauch	855001	1821176
2631	Aix-en-Provence	852335	1846661	3905	Allauch	855005	1820861
2628	Aix-en-Provence	852339	1846711	3893	Allauch	855024	1820371
2679	Aix-en-Provence	852350	1842190	3966	Allauch	855042	1819836
681	Aix-en-Provence	852514	1840357	3772	Allauch	855047	1819913

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône

Numéro de dossier Brgm	Commune	Coordonnées X (m) Lambert II Carto	Coordonnées Y (m) Lambert II Carto	Numéro de dossier Brgm	Commune	Coordonnées X (m) Lambert II Carto	Coordonnées Y (m) Lambert II Carto
2762	Allauch	855060	1820334	4006	Allauch	855662	1821260
3774	Allauch	855061	1820371	3803	Allauch	855667	1821217
3782	Allauch	855070	1819094	3879	Allauch	855671	1822747
3980	Allauch	855075	1819212	3955	Allauch	855671	1822363
3813	Allauch	855088	1818382	3855	Allauch	855676	1819275
3973	Allauch	855093	1820148	3780	Allauch	855708	1821531
3984	Allauch	855102	1820357	3941	Allauch	855708	1822380
3763	Allauch	855116	1821693	3953	Allauch	855708	1822331
3856	Allauch	855116	1820754	3907	Allauch	855745	1819330
3865	Allauch	855116	1819848	3872	Allauch	855750	1822802
3876	Allauch	855163	1818904	3833	Allauch	855768	1822577
3831	Allauch	855190	1819705	4004	Allauch	855777	1820872
3888	Allauch	855241	1818720	3948	Allauch	855782	1818710
3830	Allauch	855274	1818618	3835	Allauch	855787	1822812
3938	Allauch	855278	1820518	3784	Allauch	855791	1822470
3796	Allauch	855283	1820431	3899	Allauch	855791	1822414
3957	Allauch	855283	1820343	3904	Allauch	855801	1822373
3806	Allauch	855287	1818148	3939	Allauch	855801	1818648
3926	Allauch	855287	1822373	3832	Allauch	855805	1818688
3779	Allauch	855301	1818715	3866	Allauch	855810	1820930
3803	Allauch	855306	1819473	3854	Allauch	855815	1822512
3895	Allauch	855306	1822155	3909	Allauch	855815	1822567
3991	Allauch	855306	1820073	3920	Allauch	855815	1822646
3971	Allauch	855320	1821488	3849	Allauch	855819	1822766
3814	Allauch	855324	1822345	3775	Allauch	855828	1822452
3785	Allauch	855343	1822405	3823	Allauch	855828	1822803
3874	Allauch	855343	1818688	3913	Allauch	855842	1822553
3885	Allauch	855347	1818148	3919	Allauch	855842	1822609
3997	Allauch	855347	1822380	3898	Allauch	855847	1822493
3881	Allauch	855348	1822100	3942	Allauch	855851	1822828
3807	Allauch	855352	1822054	3882	Allauch	855856	1822523
3981	Allauch	855386	1820544	3928	Allauch	855861	1822627
3900	Allauch	855371	1822345	3808	Allauch	855865	1818673
3878	Allauch	855375	1820505	4003	Allauch	855865	1822449
3773	Allauch	855389	1822387	3863	Allauch	855870	1822585
3797	Allauch	855389	1821545	3906	Allauch	855870	1822544
3987	Allauch	855394	1820937	3952	Allauch	855875	1818530
3997	Allauch	855394	1818697	3776	Allauch	855879	1822771
2962	Allauch	855401	1820484	3916	Allauch	855888	1822493
3838	Allauch	855403	1820759	3921	Allauch	855888	1822646
1641	Allauch	855411	1820463	3951	Allauch	855898	1822578
3891	Allauch	855417	1820889	3965	Allauch	855902	1821134
3073	Allauch	855423	1819953	3836	Allauch	855907	1821231
713	Allauch	855429	1822586	3929	Allauch	855907	1821170
3932	Allauch	855440	1822044	3888	Allauch	855912	1822599
3923	Allauch	855445	1822489	3890	Allauch	855912	1822534
3901	Allauch	855449	1822104	3889	Allauch	855916	1822539
3880	Allauch	855463	1822229	3945	Allauch	855921	1821737
3786	Allauch	855468	1822609	3072	Allauch	855924	18210760
3790	Allauch	855468	1822587	3950	Allauch	855925	1822646
3956	Allauch	855468	1822183	3926	Allauch	855930	1822581
3845	Allauch	855482	1822072	3903	Allauch	855930	1822507
3815	Allauch	855491	1822452	3837	Allauch	855958	1822618
3961	Allauch	855496	1819970	3959	Allauch	855958	1822160
3993	Allauch	855500	1822172	3868	Allauch	855962	1822548
3829	Allauch	855505	1822244	3819	Allauch	855967	1822586
3918	Allauch	855505	1820421	1823	Allauch	855979	1821004
3812	Allauch	855514	1822530	3006	Allauch	855985	1822647
3826	Allauch	855514	1822106	2961	Allauch	855987	1822551
3914	Allauch	855523	1822572	3834	Allauch	855990	1821878
3958	Allauch	855523	1820458	3861	Allauch	855990	1822585
3922	Allauch	855533	1818165	4005	Allauch	855990	1822518
3846	Allauch	855537	1822137	3867	Allauch	855999	1822590
3884	Allauch	855542	1820398	3816	Allauch	856009	1822623
3978	Allauch	855546	1822232	3817	Allauch	856009	1822558
3857	Allauch	855574	1820426	3862	Allauch	856027	1822631
3960	Allauch	855579	1818186	3827	Allauch	856038	1822600
3944	Allauch	855583	1822209	3877	Allauch	856046	1822531
3791	Allauch	855597	1819131	3050	Allauch	856060	1822597
3802	Allauch	855597	1820787	3996	Allauch	856064	1821346
3805	Allauch	855597	1819211	1640	Allauch	856065	1822570
3949	Allauch	855597	1819719	3781	Allauch	856074	1819302
3794	Allauch	855602	1822244	3818	Allauch	856101	1822882
3884	Allauch	855602	1822280	3912	Allauch	856120	1821365
857	Allauch	855604	1821452	3962	Allauch	856129	1821515
704	Allauch	855613	1820187	2791	Allauch	856135	1821597
3795	Allauch	855616	1819732	3989	Allauch	856138	1818695
3800	Allauch	855643	1819705	3793	Allauch	856194	1821605
4001	Allauch	855648	1822403	2797	Allauch	856199	1819180
4002	Allauch	855648	1822403	3801	Allauch	856217	1819210
3870	Allauch	855662	1822807	3946	Allauch	856226	1818518

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône

Numéro de dossier Brgm	Commune	Coordonnées X (m) Lambert II Carto	Coordonnées Y (m) Lambert II Carto	Numéro de dossier Brgm	Commune	Coordonnées X (m) Lambert II Carto	Coordonnées Y (m) Lambert II Carto
3992	Allauch	856235	1819171	1340	Aubagne	860542	1817122
3777	Allauch	856240	1823062	4173	Aubagne	860545	1815758
3792	Allauch	856240	1819376	1320	Aubagne	860813	1813870
3898	Allauch	856263	1819413	4179	Aubagne	860642	1815704
3953	Allauch	856272	1822652	4274	Aubagne	860643	1812548
3787	Allauch	856277	1818743	4283	Aubagne	860682	1814212
3844	Allauch	856282	1819247	4180	Aubagne	860713	1815704
3843	Allauch	856314	1819224	4195	Aubagne	860730	1813741
3908	Allauch	856314	1819187	4262	Aubagne	860738	1816460
3902	Allauch	856323	1818715	1332	Aubagne	860890	1814172
3934	Allauch	856342	1819180	4168	Aubagne	860891	1814580
3828	Allauch	856393	1823136	4316	Aubagne	860904	1815142
3850	Allauch	856425	1823178	4314	Aubagne	860905	1815183
3887	Allauch	856480	1823163	4313	Aubagne	860907	1815161
3860	Allauch	856540	1823126	4340	Aubagne	860918	1815211
3972	Allauch	856739	1818403	4377	Aubagne	860921	1815240
3824	Allauch	856786	1818382	1338	Aubagne	860927	1818309
3798	Allauch	857278	1823122	4375	Aubagne	860931	1815134
3809	Allauch	860813	1824204	4305	Aubagne	860937	1814198
3965	Allauch	860869	1824276	446	Aubagne	861112	1813124
4041	Aleins	828167	1859773	4172	Aubagne	861198	1817017
1291	Aubagne	858861	1814751	1305	Aubagne	861214	1816976
4280	Aubagne	859036	1814633	1367	Aubagne	861214	1816976
4317	Aubagne	859042	1814577	4374	Aubagne	861222	1817038
4345	Aubagne	859241	1814528	4333	Aubagne	861236	1817026
116	Aubagne	859463	1816439	4356	Aubagne	861241	1817926
4202	Aubagne	859495	1816404	4373	Aubagne	861251	1816965
4191	Aubagne	859500	1816428	1312	Aubagne	861277	1813473
4258	Aubagne	859696	1813620	1324	Aubagne	861277	1813473
1308	Aubagne	859704	1816765	4200	Aubagne	861296	1813371
1330	Aubagne	859724	1813524	4368	Aubagne	861371	1816769
4252	Aubagne	859727	1813557	4310	Aubagne	861387	1813574
1286	Aubagne	859750	1815659	3051	Aubagne	861454	1816692
1351	Aubagne	859759	1815462	449	Aubagne	861551	1815840
118	Aubagne	859779	1813375	1294	Aubagne	861551	1815840
4259	Aubagne	859794	1813695	1339	Aubagne	861551	1815840
1346	Aubagne	859829	1813624	1350	Aubagne	861551	1814277
1289	Aubagne	859873	1816888	701	Aubagne	861551	1815839
1334	Aubagne	859881	1813529	4196	Aubagne	861588	1814266
4210	Aubagne	859887	1813494	113	Aubagne	861601	1814628
4160	Aubagne	859900	1813648	114	Aubagne	861601	1814628
4177	Aubagne	859921	1813509	115	Aubagne	861601	1814628
4380	Aubagne	859928	1813646	458	Aubagne	861801	1814628
4206	Aubagne	859942	1815311	461	Aubagne	861801	1814628
4355	Aubagne	859977	1815315	4371	Aubagne	861722	1815605
4361	Aubagne	859996	1815254	4324	Aubagne	861836	1818716
1369	Aubagne	859997	1814128	4325	Aubagne	861891	1816567
4204	Aubagne	860092	1813550	4331	Aubagne	862032	1817535
1302	Aubagne	860116	1816632	4282	Aubagne	862035	1817485
1343	Aubagne	860130	1813637	460	Aubagne	862051	1816753
1285	Aubagne	860139	1815828	1317	Aubagne	862051	1816753
1341	Aubagne	860152	1815099	1323	Aubagne	862051	1816753
4347	Aubagne	860170	1813617	1388	Aubagne	862051	1816753
4176	Aubagne	860172	1813972	1619	Aubagne	862093	1814825
454	Aubagne	860175	1813545	4342	Aubagne	862097	1816831
4306	Aubagne	860180	1813507	1298	Aubagne	862098	1816885
4209	Aubagne	860210	1817822	4355	Aubagne	862124	1817213
4376	Aubagne	860212	1813555	4322	Aubagne	862151	1817198
4166	Aubagne	860236	1813622	4213	Aubagne	862160	1817216
4369	Aubagne	860238	1813567	4349	Aubagne	862168	1817272
4292	Aubagne	860241	1813480	4307	Aubagne	862171	1817191
109	Aubagne	860251	1816444	4320	Aubagne	862176	1815867
1297	Aubagne	860265	1815851	4267	Aubagne	862179	1817217
1304	Aubagne	860265	1815851	4312	Aubagne	862185	1817251
1318	Aubagne	860265	1815851	4298	Aubagne	862186	1815888
1622	Aubagne	860265	1815851	4341	Aubagne	862188	1817182
4167	Aubagne	860337	1815099	4294	Aubagne	862208	1816066
4302	Aubagne	860346	1814254	4299	Aubagne	862214	1817268
4326	Aubagne	860348	1814215	4351	Aubagne	862217	1817166
4370	Aubagne	860353	1814147	4281	Aubagne	862219	1817289
4271	Aubagne	860370	1814232	451	Aubagne	862221	1817199
4178	Aubagne	860377	1815786	1296	Aubagne	862221	1817199
4301	Aubagne	860382	1814225	1298	Aubagne	862221	1817199
4303	Aubagne	860384	1814180	1355	Aubagne	862221	1817199
4381	Aubagne	860424	1813957	4247	Aubagne	862228	1817151
4205	Aubagne	860425	1813650	4211	Aubagne	862235	1817131
110	Aubagne	860461	1814069	4319	Aubagne	862239	1815202
452	Aubagne	860461	1814069	4332	Aubagne	862241	1817224
4257	Aubagne	860485	1817602	4182	Aubagne	862249	1817273
4175	Aubagne	860495	1815733	4183	Aubagne	862272	1817224
1328	Aubagne	860536	1816878	4353	Aubagne	862281	1818059

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône

Numéro de dossier BRGM	Commune	Coordonnées X (m) Lambert II Carto	Coordonnées Y (m) Lambert II Carto	Numéro de dossier BRGM	Commune	Coordonnées X (m) Lambert II Carto	Coordonnées Y (m) Lambert II Carto
4184	Aubagne	862302	1817126	4339	Aubagne	863100	1819138
4159	Aubagne	862320	1817147	4223	Aubagne	863112	1813961
1295	Aubagne	862324	1814988	4277	Aubagne	863126	1814615
4186	Aubagne	862324	1818016	1310	Aubagne	863127	1818872
4185	Aubagne	862331	1815225	4194	Aubagne	863133	1814054
1307	Aubagne	862333	1814932	4181	Aubagne	863140	1814331
4165	Aubagne	862336	1818109	4358	Aubagne	863141	1814395
4297	Aubagne	862363	1815208	4278	Aubagne	863144	1819194
4285	Aubagne	862373	1814923	4199	Aubagne	863151	1818475
4308	Aubagne	862398	1815174	4360	Aubagne	863168	1814168
4362	Aubagne	862416	1813949	4372	Aubagne	863180	1814316
4296	Aubagne	862428	1815277	4248	Aubagne	863194	1814727
1354	Aubagne	862442	1816555	4352	Aubagne	863199	1818490
1357	Aubagne	862442	1816555	4192	Aubagne	863267	1818450
4359	Aubagne	862470	1815948	4245	Aubagne	863282	1814701
1316	Aubagne	862501	1816527	4187	Aubagne	863290	1819001
1311	Aubagne	862502	1814414	4336	Aubagne	863297	1818429
1362	Aubagne	862512	1815242	1333	Aubagne	863307	1815459
4256	Aubagne	862520	1814644	4198	Aubagne	863340	1818895
4323	Aubagne	862520	1815198	4190	Aubagne	863345	1819021
4207	Aubagne	862522	1815738	4329	Aubagne	863378	1816503
1377	Aubagne	862540	1814916	4363	Aubagne	863384	1815560
1342	Aubagne	862543	1814566	1313	Aubagne	863387	1815402
1299	Aubagne	862550	1815249	4366	Aubagne	863400	1815316
1345	Aubagne	862550	1815249	1344	Aubagne	863406	1818359
1348	Aubagne	862550	1815249	4263	Aubagne	863414	1815084
1363	Aubagne	862550	1815249	4279	Aubagne	863417	1815237
4215	Aubagne	862561	1816068	4364	Aubagne	863422	1815627
1290	Aubagne	862563	1816205	4158	Aubagne	863447	1815032
1293	Aubagne	862567	1814917	4161	Aubagne	863455	1815816
4214	Aubagne	862590	1816081	4261	Aubagne	863459	1815300
4241	Aubagne	862593	1814548	4251	Aubagne	863464	1814124
1303	Aubagne	862600	1816125	4321	Aubagne	863484	1814221
1300	Aubagne	862606	1815300	4203	Aubagne	863487	1818550
4255	Aubagne	862613	1816283	4268	Aubagne	863512	1819098
4344	Aubagne	862617	1814915	4335	Aubagne	863531	1814462
4338	Aubagne	862617	1815320	4275	Aubagne	863546	1819077
4254	Aubagne	862623	1815223	4337	Aubagne	863546	1815400
4162	Aubagne	862623	1817483	1287	Aubagne	863548	1816657
4288	Aubagne	862628	1816242	1356	Aubagne	863548	1816857
4201	Aubagne	862642	1815256	1358	Aubagne	863548	1818657
1349	Aubagne	862647	1814932	1359	Aubagne	863548	1816657
1306	Aubagne	862657	1817445	111	Aubagne	863550	1814051
1361	Aubagne	862659	1815229	4328	Aubagne	863565	1814461
4265	Aubagne	862667	1814489	4273	Aubagne	863567	1815384
1292	Aubagne	862672	1817058	4269	Aubagne	863583	1819074
4378	Aubagne	862675	1817486	4315	Aubagne	863589	1818794
4348	Aubagne	862677	1814944	464	Aubagne	863591	1818761
4253	Aubagne	862685	1814503	4354	Aubagne	863597	1818777
4266	Aubagne	862698	1814542	1322	Aubagne	863631	1816641
4197	Aubagne	862703	1817136	4300	Aubagne	863632	1815355
1374	Aubagne	862709	1817078	1364	Aubagne	863636	1815478
453	Aubagne	862726	1817169	1365	Aubagne	863636	1815478
1370	Aubagne	862731	1815117	4174	Aubagne	863663	1818559
1284	Aubagne	862742	1817107	4242	Aubagne	863702	1815602
1360	Aubagne	862749	1815201	1347	Aubagne	863710	1815442
1331	Aubagne	862751	1818237	4226	Aubagne	863715	1815588
4208	Aubagne	862756	1817137	1309	Aubagne	863725	1815490
1301	Aubagne	862758	1816113	4235	Aubagne	863728	1815553
118	Aubagne	862779	1815379	4246	Aubagne	863728	1818299
1327	Aubagne	862789	1818442	4222	Aubagne	863735	1815585
3074	Aubagne	862820	1815203	4243	Aubagne	863738	1815517
4350	Aubagne	862837	1816010	4236	Aubagne	863751	1815481
1325	Aubagne	862854	1814323	4216	Aubagne	863754	1815617
1372	Aubagne	862862	1815542	1326	Aubagne	863757	1818888
1363	Aubagne	862876	1815647	4237	Aubagne	863758	1815445
4291	Aubagne	862899	1815062	4239	Aubagne	863761	1815510
4327	Aubagne	862907	1815026	4240	Aubagne	863764	1815409
1337	Aubagne	862909	1819088	1379	Aubagne	863775	1815692
4295	Aubagne	862930	1814953	4230	Aubagne	863777	1815536
1376	Aubagne	862936	1819379	4264	Aubagne	863778	1815520
4318	Aubagne	862970	1814953	4188	Aubagne	863782	1815208
4334	Aubagne	863018	1815064	4217	Aubagne	863784	1815497
4260	Aubagne	863026	1814318	4157	Aubagne	863784	1815474
4169	Aubagne	863040	1814329	4219	Aubagne	863790	1815432
4304	Aubagne	863046	1814945	4218	Aubagne	863794	1815516
1371	Aubagne	863061	1816299	4220	Aubagne	863794	1815409
4171	Aubagne	863070	1819133	4343	Aubagne	863799	1819095
4276	Aubagne	863080	1818950	4228	Aubagne	863800	1815455
4193	Aubagne	863088	1814061	4231	Aubagne	863800	1815386
4170	Aubagne	863089	1814349	4244	Aubagne	863800	1815500

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône

Numéro de dossier BRGM	Commune	Coordonnées X (m) Lambert II Carto	Coordonnées Y (m) Lambert II Carto	Numéro de dossier BRGM	Commune	Coordonnées X (m) Lambert II Carto	Coordonnées Y (m) Lambert II Carto
4293	Aubagne	863803	1815288	3737	Belcodène	864295	1829703
4221	Aubagne	863807	1815605	3759	Belcodène	864309	1830204
4232	Aubagne	863807	1815572	3760	Belcodène	864390	1830250
4233	Aubagne	863807	1815540	3739	Belcodène	864421	1830673
4234	Aubagne	863810	1815448	3738	Belcodène	864481	1829711
4311	Aubagne	863811	1819087	3732	Belcodène	864767	1830282
4224	Aubagne	863816	1815663	4033	Berre l'étang	828642	1836554
4227	Aubagne	863823	1815536	4016	Berre l'étang	829153	1835802
4229	Aubagne	863829	1815497	4017	Berre l'étang	829172	1835851
4289	Aubagne	863830	1815293	4030	Berre l'étang	829193	1835789
4225	Aubagne	863833	1815569	4034	Berre l'étang	829208	1835132
4379	Aubagne	863846	1819362	4008	Berre l'étang	829343	1834451
4212	Aubagne	863848	1819251	4025	Berre l'étang	829362	1834688
4238	Aubagne	863852	1815570	4018	Berre l'étang	829373	1836015
4284	Aubagne	863859	1819311	4021	Berre l'étang	829382	1834480
4270	Aubagne	863878	1815370	4020	Berre l'étang	829384	1834504
4290	Aubagne	863883	1815297	4036	Berre l'étang	829392	1836436
1373	Aubagne	863948	1817633	4019	Berre l'étang	829407	1834519
457	Aubagne	863956	1818952	4024	Berre l'étang	829407	1834487
658	Aubagne	863956	1818952	4022	Berre l'étang	829411	1834465
1378	Aubagne	863958	1818952	4010	Berre l'étang	829420	1834502
4287	Aubagne	863988	1815328	4023	Berre l'étang	829435	1834478
4309	Aubagne	864013	1815321	4013	Berre l'étang	829544	1835111
1329	Aubagne	864015	1819426	4027	Berre l'étang	829550	1835032
1335	Aubagne	864015	1819426	4012	Berre l'étang	829606	1835930
4184	Aubagne	864042	1814212	4009	Berre l'étang	829615	1834374
4183	Aubagne	864048	1814274	4028	Berre l'étang	829642	1835776
4346	Aubagne	864157	1814650	4015	Berre l'étang	829741	1835977
4272	Aubagne	864158	1814701	4028	Berre l'étang	829779	1834615
4189	Aubagne	864219	1816092	4011	Berre l'étang	829805	1835066
4357	Aubagne	864248	1819172	4029	Berre l'étang	829883	1834666
1314	Aubagne	864820	1819098	4032	Berre l'étang	829910	1835284
1315	Aubagne	864820	1819098	4014	Berre l'étang	830019	1835222
482	Aubagne	865008	1818943	4031	Berre l'étang	830036	1835397
483	Aubagne	865008	1818943	4035	Berre l'étang	831752	1839433
4330	Aubagne	865032	1818954	1748	Bouc-Bel-Air		
4250	Aubagne	865199	1819013	1749	Bouc-Bel-Air		
1319	Aubagne	865334	1816172	1750	Bouc-Bel-Air		
1321	Aubagne	865334	1816172	1751	Bouc-Bel-Air		
1336	Aubagne	865334	1816172	1782	Bouc-Bel-Air		
4367	Aubagne	865435	1818636	1132	Bouc-Bel-Air	847658	1833458
117	Aubagne	865437	1814780	1781	Bouc-Bel-Air	848002	1833129
4249	Aubagne	865480	1818276	1612	Bouc-Bel-Air	848010	1832972
4286	Aubagne	865674	1818266	3033	Bouc-Bel-Air	848012	1833036
1368	Aubagne	866768	1817108	1131	Bouc-Bel-Air	848017	1833138
692	Aunci	867853	1821873	2963	Bouc-Bel-Air	848075	1833046
4043	Barbentane	793014	1880340	1778	Bouc-Bel-Air	848080	1831324
4042	Barbentane	793122	188394	1639	Bouc-Bel-Air	848096	1833038
4044	Barbentane	794626	1881192	1776	Bouc-Bel-Air	848157	1830938
3757	Belcodène			235	Bouc-Bel-Air	848181	1833536
3758	Belcodène			1780	Bouc-Bel-Air	848196	1833466
3752	Belcodène	862846	1831113	1117	Bouc-Bel-Air	848209	1831127
2763	Belcodène	882941	1830464	1118	Bouc-Bel-Air	848209	1831127
3751	Belcodène	863262	1830084	1119	Bouc-Bel-Air	848209	1831127
3741	Belcodène	863477	1830761	1120	Bouc-Bel-Air	848209	1831127
3740	Belcodène	863526	1830887	1116	Bouc-Bel-Air	848286	1831886
3755	Belcodène	863537	1830024	1115	Bouc-Bel-Air	848314	1832419
3753	Belcodène	863547	1829957	3038	Bouc-Bel-Air	848673	1833088
3747	Belcodène	863604	1830384	1127	Bouc-Bel-Air	848740	1833488
3754	Belcodène	863604	1829971	1128	Bouc-Bel-Air	848741	1833488
3756	Belcodène	863836	1830017	1129	Bouc-Bel-Air	848741	1833488
3743	Belcodène	863738	1830884	1130	Bouc-Bel-Air	848741	1833522
3746	Belcodène	863773	1830331	1731	Bouc-Bel-Air	848756	1833530
3734	Belcodène	863893	1830877	1126	Bouc-Bel-Air	848788	1833486
3733	Belcodène	863932	1830782	1730	Bouc-Bel-Air	848797	1833527
3742	Belcodène	863942	1829820	1729	Bouc-Bel-Air	848822	1833513
3745	Belcodène	863948	1830299	3034	Bouc-Bel-Air	848844	1833070
3724	Belcodène	864051	1830084	1124	Bouc-Bel-Air	848891	1833481
3731	Belcodène	864065	1829908	1161	Bouc-Bel-Air	848924	1831157
3725	Belcodène	864083	1830052	1125	Bouc-Bel-Air	848938	1833524
3744	Belcodène	864094	1830225	236	Bouc-Bel-Air	848955	1833811
3729	Belcodène	864125	1829989	1732	Bouc-Bel-Air	848991	1833820
3726	Belcodène	864133	1830052	1121	Bouc-Bel-Air	849010	1833773
3727	Belcodène	864133	1830088	1122	Bouc-Bel-Air	849010	1833773
3728	Belcodène	864154	1829996	1123	Bouc-Bel-Air	849010	1833773
3730	Belcodène	864154	1829926	3041	Bouc-Bel-Air	849032	1832776
3735	Belcodène	864157	1829820	1133	Bouc-Bel-Air	849114	1834037
3736	Belcodène	864182	1829897	1134	Bouc-Bel-Air	849315	1833307
3750	Belcodène	864192	1829288	3013	Bouc-Bel-Air	849342	1833978
3748	Belcodène	864224	1829326	1736	Bouc-Bel-Air	849361	1834176
3749	Belcodène	864256	1829355	707	Bouc-Bel-Air	849372	1832545

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône

Numéro de dossier BRGM	Commune	Coordonnées X (m) Lambert II Carto	Coordonnées Y (m) Lambert II Carto	Numéro de dossier BRGM	Commune	Coordonnées X (m) Lambert II Carto	Coordonnées Y (m) Lambert II Carto
1740	Bouc-Bel-Air	849454	1834021	2124	Cadolive		
1741	Bouc-Bel-Air	849487	1833966	2101	Cadolive	859415	1827379
1140	Bouc-Bel-Air	849489	1833998	762	Cadolive	859649	1827175
1739	Bouc-Bel-Air	849493	1834018	773	Cadolive	859653	1827334
1774	Bouc-Bel-Air	849510	1832180	2084	Cadolive	859656	1827268
1141	Bouc-Bel-Air	849513	1833983	2032	Cadolive	859670	1827289
1738	Bouc-Bel-Air	849515	1833974	2111	Cadolive	859774	1826961
1146	Bouc-Bel-Air	849521	1832185	2107	Cadolive	859812	1826945
1737	Bouc-Bel-Air	849526	1834018	2093	Cadolive	859820	1826637
1144	Bouc-Bel-Air	849529	1833942	2031	Cadolive	859919	1827584
3036	Bouc-Bel-Air	849533	1834103	2083	Cadolive	859956	1827584
1142	Bouc-Bel-Air	849534	1833978	2125	Cadolive	859989	1826976
1743	Bouc-Bel-Air	849537	1833811	2098	Cadolive	860002	1826237
1143	Bouc-Bel-Air	849543	1834014	2119	Cadolive	860038	1827433
1138	Bouc-Bel-Air	849550	1833801	2082	Cadolive	860056	1826644
1742	Bouc-Bel-Air	849576	1833817	2096	Cadolive	860074	1827433
1137	Bouc-Bel-Air	849588	1833800	2128	Cadolive	860082	1827520
1135	Bouc-Bel-Air	849596	1834119	2075	Cadolive	860088	1827514
1136	Bouc-Bel-Air	849596	1834119	2122	Cadolive	860102	1826791
1727	Bouc-Bel-Air	849606	1833958	2064	Cadolive	860108	1826686
1744	Bouc-Bel-Air	849736	1834143	2076	Cadolive	860117	1827495
1745	Bouc-Bel-Air	849761	1833889	2037	Cadolive	860125	1826572
1139	Bouc-Bel-Air	849774	1833879	2112	Cadolive	860141	1826807
1151	Bouc-Bel-Air	849792	1831470	761	Cadolive	860146	1828903
1145	Bouc-Bel-Air	849839	1834048	2036	Cadolive	860149	1826543
1150	Bouc-Bel-Air	849875	1831442	778	Cadolive	860153	1826548
1147	Bouc-Bel-Air	849888	1831779	758	Cadolive	860173	1826760
1149	Bouc-Bel-Air	849938	1831297	2077	Cadolive	860185	1827502
1762	Bouc-Bel-Air	849962	1831219	772	Cadolive	860200	1827280
1761	Bouc-Bel-Air	850004	1831186	2055	Cadolive	860219	1827065
1157	Bouc-Bel-Air	850048	1831602	779	Cadolive	860220	1826852
1148	Bouc-Bel-Air	850087	1831300	785	Cadolive	860225	1827209
1764	Bouc-Bel-Air	850111	1831642	2113	Cadolive	860236	1826832
3120	Bouc-Bel-Air	850129	1831028	2074	Cadolive	860248	1827396
1163	Bouc-Bel-Air	850131	1832527	2109	Cadolive	860248	1827135
706	Bouc-Bel-Air	850229	1831461	2123	Cadolive	860256	1827007
1152	Bouc-Bel-Air	850229	1831461	2099	Cadolive	860261	1826832
1153	Bouc-Bel-Air	850229	1831461	2104	Cadolive	860264	1827038
1154	Bouc-Bel-Air	850229	1831461	738	Cadolive	860278	1827368
1155	Bouc-Bel-Air	850229	1831461	766	Cadolive	860278	1827112
1156	Bouc-Bel-Air	850229	1831461	2066	Cadolive	860279	1827244
1754	Bouc-Bel-Air	850390	1831752	2051	Cadolive	860291	1826884
1752	Bouc-Bel-Air	850412	1832100	2089	Cadolive	860296	1827345
3075	Bouc-Bel-Air	850419	1831838	737	Cadolive	860305	1827413
253	Bouc-Bel-Air	850471	1831659	2094	Cadolive	860305	1826781
254	Bouc-Bel-Air	850471	1831659	2115	Cadolive	860305	1826763
255	Bouc-Bel-Air	850471	1831659	2038	Cadolive	860306	1826685
256	Bouc-Bel-Air	850471	1831659	2050	Cadolive	860308	1826917
1158	Bouc-Bel-Air	850471	1831659	2073	Cadolive	860308	1827408
1160	Bouc-Bel-Air	850471	1831659	2065	Cadolive	860313	1827161
1162	Bouc-Bel-Air	850471	1831659	2068	Cadolive	860313	1827387
1166	Bouc-Bel-Air	850471	1831659	2035	Cadolive	860320	1826560
1756	Bouc-Bel-Air	850861	1831780	753	Cadolive	860323	1826662
1772	Bouc-Bel-Air	850857	1832357	2039	Cadolive	860323	1826743
1164	Bouc-Bel-Air	850936	1832298	2049	Cadolive	860323	1826910
1165	Bouc-Bel-Air	850936	1832298	2085	Cadolive	860330	1826727
1166	Bouc-Bel-Air	850936	1832298	724	Cadolive	860338	1827101
1167	Bouc-Bel-Air	850936	1832298	755	Cadolive	860341	1826539
3076	Bouc-Bel-Air	850975	1832493	2063	Cadolive	860342	1827105
3035	Bouc-Bel-Air	851015	1832497	736	Cadolive	860343	1827453
3010	Bouc-Bel-Air	851558	1832536	2069	Cadolive	860345	1827391
1770	Bouc-Bel-Air	851652	1832633	2034	Cadolive	860349	1826560
1169	Bouc-Bel-Air	851674	1832659	2040	Cadolive	860359	1826797
4113	Cabriès	843590	1833660	2062	Cadolive	860361	1827089
4110	Cabriès	843799	1833308	2118	Cadolive	860361	1826817
4114	Cabriès	843799	1833835	2060	Cadolive	860364	1827145
4115	Cabriès	844038	1834188	2087	Cadolive	860364	1826826
4112	Cabriès	844237	1833591	725	Cadolive	860371	1827141
4116	Cabriès	844401	1834079	2052	Cadolive	860374	1826847
4117	Cabriès	845223	1834586	2044	Cadolive	860376	1826666
4120	Cabriès	845362	1831710	2053	Cadolive	860383	1826910
4111	Cabriès	845372	1833178	2088	Cadolive	860386	1826867
4121	Cabriès	845576	1831545	2121	Cadolive	860390	1827333
3077	Cabriès	845795	1834320	756	Cadolive	860395	1826821
4118	Cabriès	846004	1834178	780	Cadolive	860395	1826821
4122	Cabriès	846775	1829594	781	Cadolive	860395	1826821
4123	Cabriès	846830	1830042	782	Cadolive	860395	1826821
4119	Cabriès	847044	1832725	2059	Cadolive	860395	1827135
4124	Cabriès	847512	1831157	2061	Cadolive	860398	1827082
2095	Cadolive			2042	Cadolive	860400	1826669
2106	Cadolive			2043	Cadolive	860405	1826637

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône

Numéro de dossier Brgm	Commune	Coordonnées X (m) Lambert II Carto	Coordonnées Y (m) Lambert II Carto	Numéro de dossier Brgm	Commune	Coordonnées X (m) Lambert II Carto	Coordonnées Y (m) Lambert II Carto
2033	Cadolive	860417	1826543	3694	Cassis	861081	1807555
2054	Cadolive	860429	1826983	3691	Cassis	861366	1808132
2100	Cadolive	860431	1827312	698	Charleval	833865	1881493
2091	Cadolive	860436	1827084	4143	Châteauneuf-le-Rouge	860535	1837692
2108	Cadolive	860446	1826627	4156	Châteauneuf-le-Rouge	860561	1837803
2110	Cadolive	860454	1827068	4136	Châteauneuf-le-Rouge	860594	1837673
2057	Cadolive	860461	1827099	4149	Châteauneuf-le-Rouge	860594	1837725
2086	Cadolive	860475	1826861	4137	Châteauneuf-le-Rouge	860633	1837715
2092	Cadolive	860479	1826637	4142	Châteauneuf-le-Rouge	860633	1837803
2046	Cadolive	860482	1826676	4147	Châteauneuf-le-Rouge	860698	1838436
2071	Cadolive	860485	1827323	4150	Châteauneuf-le-Rouge	860708	1838397
2045	Cadolive	860487	1826637	4129	Châteauneuf-le-Rouge	860711	1837797
2097	Cadolive	860490	1826915	4148	Châteauneuf-le-Rouge	860715	1838351
747	Cadolive	860502	1826896	4151	Châteauneuf-le-Rouge	860744	1838354
2072	Cadolive	860504	1827355	4135	Châteauneuf-le-Rouge	860764	1838371
735	Cadolive	860508	1827380	4153	Châteauneuf-le-Rouge	860803	1838182
2114	Cadolive	860510	1827051	4154	Châteauneuf-le-Rouge	860933	1838208
733	Cadolive	860514	1827242	4144	Châteauneuf-le-Rouge	861745	1837317
2090	Cadolive	860523	1827355	671	Châteauneuf-le-Rouge	861801	1837272
744	Cadolive	860527	1826942	672	Châteauneuf-le-Rouge	861801	1837272
745	Cadolive	860527	1826942	705	Châteauneuf-le-Rouge	861801	1837272
2103	Cadolive	860541	1827212	1617	Châteauneuf-le-Rouge	861801	1837271
2116	Cadolive	860549	1826935	4128	Châteauneuf-le-Rouge	863251	1837256
741	Cadolive	860554	1827357	4140	Châteauneuf-le-Rouge	863467	1836926
2117	Cadolive	860556	1827117	4130	Châteauneuf-le-Rouge	863558	1837034
2056	Cadolive	860557	1827029	4155	Châteauneuf-le-Rouge	863561	1836985
2126	Cadolive	860567	1826940	4132	Châteauneuf-le-Rouge	863604	1836832
2127	Cadolive	860585	1826945	4145	Châteauneuf-le-Rouge	863672	1837080
2048	Cadolive	860586	1826932	4134	Châteauneuf-le-Rouge	863695	1836946
2047	Cadolive	860605	1826855	4136	Châteauneuf-le-Rouge	863721	1837024
2102	Cadolive	860608	1827007	4139	Châteauneuf-le-Rouge	863825	1836962
2105	Cadolive	860615	1826994	4152	Châteauneuf-le-Rouge	863855	1837112
2079	Cadolive	860717	1827248	4131	Châteauneuf-le-Rouge	863858	1837018
2030	Cadolive	860736	1827270	4141	Châteauneuf-le-Rouge	864018	1836848
2080	Cadolive	860765	1827270	4133	Châteauneuf-le-Rouge	864090	1836910
2120	Cadolive	860846	1827838	3078	Châteauneuf-le-Rouge	864124	1837457
2081	Cadolive	860939	1827645	4146	Châteauneuf-le-Rouge	864249	1837552
2759	Camoux	863569	1811790	4045	Châteauneuf-les-Martigues	825673	1825704
3693	Cassis	860842	1806932	4046	Châteauneuf-les-Martigues	827852	1826440
3692	Cassis	860868	1806882	693	Chateaurenard	802420	1880306

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône

Numéro de dossier Brgm	Commune	Coordonnées X (m) Lambert II Carto	Coordonnées Y (m) Lambert II Carto	Numéro de dossier Brgm	Commune	Coordonnées X (m) Lambert II Carto	Coordonnées Y (m) Lambert II Carto
4047	Coudoux			194	Eguilles	842130	1845666
4048	Coudoux			195	Eguilles	842130	1845666
4049	Coudoux			351	Eguilles	842148	1845184
4050	Coudoux			386	Eguilles	842148	1845184
4051	Coudoux			361	Eguilles	842923	1845436
4052	Coudoux			364	Eguilles	842985	1844975
4053	Coudoux			384	Eguilles	843136	1845564
4054	Coudoux			382	Eguilles	843210	1844423
4055	Coudoux			188	Eguilles	843748	1845262
4056	Coudoux			189	Eguilles	843748	1845262
4057	Coudoux			190	Eguilles	843748	1845262
4058	Coudoux			191	Eguilles	843748	1845262
4059	Coudoux			192	Eguilles	843748	1845262
4060	Coudoux			386	Eguilles	843748	1845262
4061	Coudoux			367	Eguilles	843748	1845262
4062	Coudoux			365	Eguilles	843764	1844898
4063	Coudoux			379	Eguilles	844009	1845440
4064	Coudoux			381	Eguilles	844009	1845440
4065	Coudoux			354	Eguilles	844037	1845373
4066	Coudoux			360	Eguilles	844037	1845373
4067	Coudoux			363	Eguilles	844037	1845373
4068	Coudoux			389	Eguilles	844037	1845373
4069	Coudoux			371	Eguilles	844087	1845026
4070	Coudoux			372	Eguilles	844087	1845026
4071	Coudoux			374	Eguilles	844087	1845026
4072	Coudoux			377	Eguilles	844087	1845026
4073	Coudoux			382	Eguilles	844118	1845080
4074	Coudoux			383	Eguilles	844118	1845080
4075	Coudoux			3119	Eguilles	844138	1845466
4076	Coudoux			353	Eguilles	844176	1844639
4077	Coudoux			373	Eguilles	844183	1845088
4078	Coudoux			1614	Eguilles	844208	1845264
4079	Coudoux			375	Eguilles	844215	1845356
4080	Coudoux			390	Eguilles	844215	1845356
4081	Coudoux			680	Eguilles	844230	1844853
4082	Coudoux			368	Eguilles	844236	1844998
4083	Coudoux			369	Eguilles	844236	1844998
4084	Coudoux			370	Eguilles	844236	1844998
4085	Coudoux			380	Eguilles	844236	1844998
4086	Coudoux			388	Eguilles	844423	1843856
4087	Coudoux			193	Eguilles	844436	1845083
4088	Coudoux			376	Eguilles	844902	1845143
4089	Coudoux			3062	Eguilles	844989	1844888
4090	Coudoux			387	Eguilles	845307	1845799
1073	Coudoux	834741	1843589	196	Eguilles	845481	1843910
1085	Coudoux	834857	1843632	197	Eguilles	845481	1843910
1071	Coudoux	834866	1843614	198	Eguilles	845568	1845550
1094	Coudoux	834878	1843592	352	Eguilles	846034	1844681
1084	Coudoux	834882	1843506	356	Eguilles	846034	1844681
1087	Coudoux	834916	1843589	357	Eguilles	846034	1844681
1080	Coudoux	834932	1843520	378	Eguilles	846034	1844681
1072	Coudoux	834938	1843607	385	Eguilles	846034	1844681
3079	Coudoux	834955	1843808	358	Eguilles	846105	1844463
1066	Coudoux	835001	1843503	355	Eguilles	846119	1844687
1086	Coudoux	835013	1843613	359	Eguilles	846119	1844687
1087	Coudoux	835014	1843660	3416	Ensues-la-Redonne	830901	1821300
1088	Coudoux	835021	1843661	3403	Ensues-la-Redonne	831991	1818510
1069	Coudoux	835030	1843792	3402	Ensues-la-Redonne	832038	1818599
1090	Coudoux	835039	1843651	3414	Ensues-la-Redonne	832097	1818561
1070	Coudoux	835044	1843715	3404	Ensues-la-Redonne	832102	1820623
1098	Coudoux	835044	1843715	3415	Ensues-la-Redonne	832153	1818523
1078	Coudoux	835047	1843574	3396	Ensues-la-Redonne	832251	1819583
1093	Coudoux	835057	1843661	3400	Ensues-la-Redonne	832259	1821083
1077	Coudoux	835128	1843679	3399	Ensues-la-Redonne	832288	1821168
1076	Coudoux	835144	1843668	3397	Ensues-la-Redonne	832302	1819673
1079	Coudoux	835162	1843668	3426	Ensues-la-Redonne	832391	1821270
1083	Coudoux	835180	1843635	3054	Ensues-la-Redonne	832413	1821095
1089	Coudoux	835201	1843646	3398	Ensues-la-Redonne	832413	1821062
1095	Coudoux	835263	1843957	3427	Ensues-la-Redonne	832460	1821117
1082	Coudoux	835346	1843844	3422	Ensues-la-Redonne	832502	1821300
1099	Coudoux	835486	1843830	3408	Ensues-la-Redonne	832592	1820214
1088	Coudoux	835561	1843854	3423	Ensues-la-Redonne	832604	1821347
1092	Coudoux	835586	1843812	3429	Ensues-la-Redonne	832621	1821040
1097	Coudoux	835616	1843950	3407	Ensues-la-Redonne	832673	1820171
1100	Coudoux	835676	1843809	3424	Ensues-la-Redonne	832728	1821411
1081	Coudoux	835778	1843833	3406	Ensues-la-Redonne	832779	1820342
203	Coudoux	835785	1843937	3388	Ensues-la-Redonne	832792	1821168
1091	Coudoux	835833	1844022	3390	Ensues-la-Redonne	832794	1821108
1075	Coudoux	835836	1843871	3385	Ensues-la-Redonne	832809	1820998
1074	Coudoux	835929	1843886	3392	Ensues-la-Redonne	832820	1821085
1096	Coudoux	835934	1843841	3389	Ensues-la-Redonne	832822	1821143

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône

Numéro de dossier BRGM	Commune	Coordonnées X (m) Lambert II Cartho	Coordonnées Y (m) Lambert II Cartho	Numéro de dossier BRGM	Commune	Coordonnées X (m) Lambert II Cartho	Coordonnées Y (m) Lambert II Cartho
3391	Ensues-la-Redonne	832832	1821115	41	Gignac-la-Nerthe	833583	1825350
3405	Ensues-la-Redonne	832834	1820533	2258	Gignac-la-Nerthe	833655	1824842
3393	Ensues-la-Redonne	832849	1821060	2239	Gignac-la-Nerthe	833717	1825138
3394	Ensues-la-Redonne	832854	1821030	2230	Gignac-la-Nerthe	833756	1824787
3425	Ensues-la-Redonne	832911	1821466	47	Gignac-la-Nerthe	833774	1824995
3052	Ensues-la-Redonne	833018	1820336	38	Gignac-la-Nerthe	833902	1825124
3053	Ensues-la-Redonne	833034	1820871	37	Gignac-la-Nerthe	833909	1825081
3412	Ensues-la-Redonne	833035	1820176	2231	Gignac-la-Nerthe	833914	1824982
3413	Ensues-la-Redonne	833035	1820026	29	Gignac-la-Nerthe	833946	1825039
3417	Ensues-la-Redonne	833120	1821300	40	Gignac-la-Nerthe	833946	1825039
3409	Ensues-la-Redonne	833137	1820504	36	Gignac-la-Nerthe	833950	1825081
3418	Ensues-la-Redonne	833214	1821304	46	Gignac-la-Nerthe	834009	1823733
3410	Ensues-la-Redonne	833290	1820448	2269	Gignac-la-Nerthe	834018	1825116
3428	Ensues-la-Redonne	833397	1818738	2264	Gignac-la-Nerthe	834020	1824664
3401	Ensues-la-Redonne	833597	1818629	3122	Gignac-la-Nerthe	834047	1824566
3411	Ensues-la-Redonne	833805	1820423	2247	Gignac-la-Nerthe	834081	1825340
3419	Ensues-la-Redonne	834074	1821547	48	Gignac-la-Nerthe	834094	1825063
3420	Ensues-la-Redonne	834138	1821590	42	Gignac-la-Nerthe	834111	1824964
3421	Ensues-la-Redonne	834185	1821607	49	Gignac-la-Nerthe	834150	1825119
2876	Ensues-la-Redonne	834753	1826815	2240	Gignac-la-Nerthe	834196	1825283
614	Eyragues	802285	1873226	44	Gignac-la-Nerthe	834206	1824597
613	Eyragues	802349	1873225	2238	Gignac-la-Nerthe	834218	1824769
615	Eyragues	802349	1873137	43	Gignac-la-Nerthe	834261	1824936
624	Eyragues	802378	1873325	2261	Gignac-la-Nerthe	834266	1824677
612	Eyragues	802380	1873068	97	Gignac-la-Nerthe	834477	1825861
616	Eyragues	802387	1873290	98	Gignac-la-Nerthe	834477	1825861
627	Eyragues	802388	1873233	55	Gignac-la-Nerthe	834499	1825647
611	Eyragues	802402	1873057	56	Gignac-la-Nerthe	834499	1825647
617	Eyragues	802438	1873292	2259	Gignac-la-Nerthe	834512	1825727
620	Eyragues	802475	1873357	2234	Gignac-la-Nerthe	834565	1825854
618	Eyragues	802488	1873310	80	Gignac-la-Nerthe	834588	1825901
621	Eyragues	802559	1873382	81	Gignac-la-Nerthe	834588	1825901
610	Eyragues	802589	1873399	82	Gignac-la-Nerthe	834588	1825901
628	Eyragues	802611	1873455	83	Gignac-la-Nerthe	834588	1825901
626	Eyragues	802642	1873401	84	Gignac-la-Nerthe	834588	1825901
619	Eyragues	802668	1873090	85	Gignac-la-Nerthe	834588	1825901
623	Eyragues	802696	1873342	86	Gignac-la-Nerthe	834588	1825901
625	Eyragues	802702	1873404	87	Gignac-la-Nerthe	834588	1825901
622	Eyragues	802724	1873290	88	Gignac-la-Nerthe	834588	1825901
629	Eyragues	802890	1873449	89	Gignac-la-Nerthe	834588	1825901
185	Fos-sur-Mer	810591	1831736	90	Gignac-la-Nerthe	834588	1825901
186	Fos-sur-Mer	810591	1831736	2253	Gignac-la-Nerthe	834639	1825125
184	Fos-sur-Mer	811136	1831670	59	Gignac-la-Nerthe	834744	1825618
183	Fos-sur-Mer	811481	1829484	58	Gignac-la-Nerthe	834767	1825567
1649	Fuveau			53	Gignac-la-Nerthe	834771	1825469
2306	Fuveau	858262	1833219	54	Gignac-la-Nerthe	834771	1825469
1610	Fuveau	858285	1833118	91	Gignac-la-Nerthe	834783	1826074
2304	Fuveau	858419	1833224	92	Gignac-la-Nerthe	834783	1826074
2308	Fuveau	859695	1833808	80	Gignac-la-Nerthe	834855	1825620
2302	Fuveau	859719	1833612	2266	Gignac-la-Nerthe	834855	1825490
2317	Fuveau	859842	1833687	2251	Gignac-la-Nerthe	834872	1825226
2299	Fuveau	860028	1833997	57	Gignac-la-Nerthe	834886	1825630
2312	Fuveau	860362	1833053	2232	Gignac-la-Nerthe	834929	1825498
2303	Fuveau	860809	1834417	2233	Gignac-la-Nerthe	834982	1825507
2310	Fuveau	860843	1833671	1613	Gignac-la-Nerthe	834988	1825823
2311	Fuveau	860951	1833494	2235	Gignac-la-Nerthe	835000	1825512
2305	Fuveau	861098	1833028	76	Gignac-la-Nerthe	835001	1825513
3083	Fuveau	861140	1833005	77	Gignac-la-Nerthe	835001	1825513
3080	Fuveau	861214	1834516	79	Gignac-la-Nerthe	835001	1825513
3081	Fuveau	861214	1834516	2256	Gignac-la-Nerthe	835008	1825955
2315	Fuveau	861216	1833229	2250	Gignac-la-Nerthe	835022	1825331
3082	Fuveau	861294	1834587	51	Gignac-la-Nerthe	835062	1825557
2301	Fuveau	861319	1832493	52	Gignac-la-Nerthe	835062	1825557
2309	Fuveau	861447	1832640	61	Gignac-la-Nerthe	835106	1825721
694	Fuveau	861448	1833329	2773	Gignac-la-Nerthe	835118	1825668
2307	Fuveau	861599	1832832	63	Gignac-la-Nerthe	835127	1825687
2314	Fuveau	861623	1835001	65	Gignac-la-Nerthe	835132	1825349
3040	Fuveau	861785	1834023	64	Gignac-la-Nerthe	835135	1825724
2316	Fuveau	862031	1833715	3084	Gignac-la-Nerthe	835190	1825624
2313	Fuveau	862104	1833774	2249	Gignac-la-Nerthe	835246	1825112
202	Fuveau	862151	1833804	2263	Gignac-la-Nerthe	835290	1825239
2300	Fuveau	862914	1832478	2255	Gignac-la-Nerthe	835342	1825191
3015	Gardanne	853780	1836597	2262	Gignac-la-Nerthe	835342	1825133
1895	Gémenos	866287	1817433	2242	Gignac-la-Nerthe	835347	1825305
1893	Gémenos	866274	1817309	2254	Gignac-la-Nerthe	835373	1825310
652	Gémenos	866277	1817356	96	Gignac-la-Nerthe	835394	1826020
1892	Gémenos	868322	1817321	2268	Gignac-la-Nerthe	835404	1825121
656	Gémenos	866551	1818898	72	Gignac-la-Nerthe	835441	1825162
2265	Gignac-la-Nerthe			73	Gignac-la-Nerthe	835441	1825162
50	Gignac-la-Nerthe	833382	1824324	75	Gignac-la-Nerthe	835441	1825162
45	Gignac-la-Nerthe	833494	1824702	2257	Gignac-la-Nerthe	835470	1825248

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône

Numéro de dossier BRGM	Commune	Coordonnées X (m) Lambert II Carto	Coordonnées Y (m) Lambert II Carto	Numéro de dossier BRGM	Commune	Coordonnées X (m) Lambert II Carto	Coordonnées Y (m) Lambert II Carto
2267	Gignac-la-Nerthe	835479	1825134	1714	La Bouilladisse	863657	1827610
2237	Gignac-la-Nerthe	835509	1825042	1693	La Bouilladisse	863606	1827009
2260	Gignac-la-Nerthe	835522	1825178	294	La Bouilladisse	863607	1827452
69	Gignac-la-Nerthe	835540	1825199	293	La Bouilladisse	863850	1827771
70	Gignac-la-Nerthe	835543	1825142	1722	La Bouilladisse	863881	1827696
71	Gignac-la-Nerthe	835543	1825221	1670	La Bouilladisse	863903	1827105
68	Gignac-la-Nerthe	835578	1825180	1676	La Bouilladisse	863947	1827118
66	Gignac-la-Nerthe	835590	1825164	1704	La Bouilladisse	864013	1827421
74	Gignac-la-Nerthe	835598	1825130	1654	La Bouilladisse	864037	1827394
3037	Gignac-la-Nerthe	835598	1825134	1667	La Bouilladisse	864046	1827421
67	Gignac-la-Nerthe	835602	1825115	1697	La Bouilladisse	864048	1827451
3005	Gignac-la-Nerthe	835613	1825121	1652	La Bouilladisse	864087	1827385
2241	Gignac-la-Nerthe	835615	1825147	1721	La Bouilladisse	864153	1827753
93	Gignac-la-Nerthe	835636	1825803	296	La Bouilladisse	864254	1827053
94	Gignac-la-Nerthe	835636	1825803	307	La Bouilladisse	864254	1827053
2252	Gignac-la-Nerthe	835637	1825169	309	La Bouilladisse	864254	1827053
2246	Gignac-la-Nerthe	835659	1825143	1615	La Bouilladisse	864254	1827053
2243	Gignac-la-Nerthe	835680	1825125	1663	La Bouilladisse	864290	1827273
2248	Gignac-la-Nerthe	835685	1825063	1695	La Bouilladisse	864329	1827278
3065	Gignac-la-Nerthe	836301	1825884	1653	La Bouilladisse	864353	1827067
95	Gignac-la-Nerthe	836379	1825877	1726	La Bouilladisse	864356	1827199
2238	Gignac-la-Nerthe	836603	1825815	1698	La Bouilladisse	864362	1827012
2245	Gignac-la-Nerthe	836832	1825850	1662	La Bouilladisse	864364	1827177
2244	Gignac-la-Nerthe	837653	1825982	1655	La Bouilladisse	864381	1827047
1923	Gréasque	859128	1830741	1690	La Bouilladisse	864392	1827166
1904	Gréasque	859276	1830646	1703	La Bouilladisse	864397	1827210
1921	Gréasque	859328	1830660	1707	La Bouilladisse	864403	1827245
1926	Gréasque	859383	1830686	1681	La Bouilladisse	864408	1828000
1913	Gréasque	859387	1831090	1701	La Bouilladisse	864422	1827160
1901	Gréasque	859397	1830779	1661	La Bouilladisse	864430	1827207
1920	Gréasque	859488	1830758	1711	La Bouilladisse	864436	1827226
1925	Gréasque	859475	1830230	1666	La Bouilladisse	864449	1827160
1907	Gréasque	859525	1830363	1683	La Bouilladisse	864469	1827992
1897	Gréasque	859592	1830370	1723	La Bouilladisse	864482	1827248
1899	Gréasque	859599	1830327	311	La Bouilladisse	864509	1827147
1902	Gréasque	859613	1830303	312	La Bouilladisse	864526	1827713
1903	Gréasque	859637	1830284	314	La Bouilladisse	864528	1826746
1905	Gréasque	859651	1830265	1713	La Bouilladisse	864537	1828853
1906	Gréasque	859668	1830246	300	La Bouilladisse	864547	1827563
1908	Gréasque	859669	1830220	302	La Bouilladisse	864547	1827583
1922	Gréasque	859711	1830394	313	La Bouilladisse	864547	1827563
1912	Gréasque	859725	1830301	295	La Bouilladisse	864588	1826892
1898	Gréasque	859727	1830503	298	La Bouilladisse	864588	1826892
1924	Gréasque	859742	1830589	303	La Bouilladisse	864588	1826892
1909	Gréasque	859746	1830230	1665	La Bouilladisse	864589	1827160
1914	Gréasque	859749	1830867	1694	La Bouilladisse	864595	1826803
1896	Gréasque	859751	1830850	1696	La Bouilladisse	864614	1827138
1917	Gréasque	859830	1830724	1705	La Bouilladisse	864620	1827168
1911	Gréasque	859868	1829961	1716	La Bouilladisse	864622	1827199
1915	Gréasque	859872	1830898	3090	La Bouilladisse	864634	1827229
3088	Gréasque	859934	1830242	306	La Bouilladisse	864641	1827177
3086	Gréasque	859991	1830686	1700	La Bouilladisse	864795	1827404
1919	Gréasque	860017	1831150	1712	La Bouilladisse	865015	1826806
1910	Gréasque	860029	1831530	1664	La Bouilladisse	865051	1827811
1916	Gréasque	860056	1831017	304	La Bouilladisse	865073	1827813
1918	Gréasque	860158	1830142	315	La Bouilladisse	865208	1826451
1900	Gréasque	860217	1831378	317	La Bouilladisse	865208	1826451
3087	Gréasque	860251	1831477	316	La Bouilladisse	865243	1827253
206	Gréasque	860388	1830575	1710	La Bouilladisse	865265	1828011
2761	Gréasque	870256	1832731	1724	La Bouilladisse	865323	1827767
2757	Istres	813860	1837213	1672	La Bouilladisse	865328	1827914
3121	Istres	815665	1836361	1675	La Bouilladisse	865368	1827833
1656	La Bouilladisse			1719	La Bouilladisse	865369	1827783
1658	La Bouilladisse			308	La Bouilladisse	865372	1827880
1668	La Bouilladisse			310	La Bouilladisse	865372	1827880
1674	La Bouilladisse			1620	La Bouilladisse	865372	1827880
1677	La Bouilladisse			1680	La Bouilladisse	865408	1827808
1678	La Bouilladisse			1720	La Bouilladisse	865413	1827772
1679	La Bouilladisse			301	La Bouilladisse	865420	1827809
1682	La Bouilladisse			305	La Bouilladisse	865448	1827819
1685	La Bouilladisse			1684	La Bouilladisse	865449	1827811
1692	La Bouilladisse			1725	La Bouilladisse	865468	1827778
1702	La Bouilladisse			1689	La Bouilladisse	865537	1825762
1708	La Bouilladisse			1673	La Bouilladisse	865556	1825831
1717	La Bouilladisse			299	La Bouilladisse	865580	1825893
1718	La Bouilladisse	863304	1827748	1687	La Bouilladisse	865595	1825845
1660	La Bouilladisse	863359	1827729	1691	La Bouilladisse	865600	1825779
1685	La Bouilladisse	863464	1827833	1688	La Bouilladisse	865677	1825869
1715	La Bouilladisse	863510	1827624	1657	La Bouilladisse	865729	1825320
1699	La Bouilladisse	863518	1827676	1669	La Bouilladisse	866138	1826493
1709	La Bouilladisse	863529	1827833	318	La Bouilladisse	866215	1826519

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône

Numéro de dossier BRGM	Commune	Coordonnées X (m) Lambert II Carto	Coordonnées Y (m) Lambert II Carto	Numéro de dossier BRGM	Commune	Coordonnées X (m) Lambert II Carto	Coordonnées Y (m) Lambert II Carto
1706	La Bouilladisse	866317	1827413	905	La Fare-les-Oliviers	830079	1842733
1659	La Bouilladisse	866341	1827366	3501	La Fare-les-Oliviers	830111	1843395
3089	La Bouilladisse	866354	1827334	813	La Fare-les-Oliviers	830203	1842817
1871	La Bouilladisse	866355	1827311	842	La Fare-les-Oliviers	830274	1843439
2024	La Destrousse	864126	1824724	3091	La Fare-les-Oliviers	830329	1843011
1992	La Destrousse	864178	1825014	3504	La Fare-les-Oliviers	830333	1842930
1995	La Destrousse	864193	1824979	3568	La Fare-les-Oliviers	830336	1842956
2020	La Destrousse	864201	1826089	3565	La Fare-les-Oliviers	830337	1843096
1996	La Destrousse	864216	1824984	3513	La Fare-les-Oliviers	830338	1843157
1993	La Destrousse	864218	1825023	3554	La Fare-les-Oliviers	830350	1842969
2007	La Destrousse	864231	1826059	877	La Fare-les-Oliviers	830402	1843062
1994	La Destrousse	864248	1825036	815	La Fare-les-Oliviers	830406	1843092
1997	La Destrousse	864253	1824974	959	La Fare-les-Oliviers	830443	1843007
1999	La Destrousse	864263	1825046	3557	La Fare-les-Oliviers	830452	1843097
2000	La Destrousse	864287	1825021	3517	La Fare-les-Oliviers	830471	1843147
1998	La Destrousse	864305	1825056	884	La Fare-les-Oliviers	830481	1842986
2001	La Destrousse	864315	1825026	3545	La Fare-les-Oliviers	830481	1843025
2002	La Destrousse	864320	1824830	965	La Fare-les-Oliviers	830490	1842966
1988	La Destrousse	864359	1825142	801	La Fare-les-Oliviers	830494	1843230
2003	La Destrousse	864389	1824773	3555	La Fare-les-Oliviers	830498	1843047
2005	La Destrousse	864409	1824808	3536	La Fare-les-Oliviers	830504	1843027
2004	La Destrousse	864411	1824773	819	La Fare-les-Oliviers	830509	1842962
1976	La Destrousse	864431	1825930	3524	La Fare-les-Oliviers	830509	1842998
2025	La Destrousse	864448	1824364	809	La Fare-les-Oliviers	830515	1843142
1977	La Destrousse	864488	1825923	847	La Fare-les-Oliviers	830515	1843142
546	La Destrousse	864562	1824881	955	La Fare-les-Oliviers	830515	1843142
2008	La Destrousse	864565	1824865	956	La Fare-les-Oliviers	830515	1843142
2009	La Destrousse	864590	1824813	957	La Fare-les-Oliviers	830515	1843142
2010	La Destrousse	864580	1824739	958	La Fare-les-Oliviers	830515	1843142
2006	La Destrousse	864587	1824890	960	La Fare-les-Oliviers	830515	1843142
1976	La Destrousse	864599	1825881	961	La Fare-les-Oliviers	830515	1843142
1989	La Destrousse	864637	1825127	962	La Fare-les-Oliviers	830515	1843142
1990	La Destrousse	864664	1825113	963	La Fare-les-Oliviers	830515	1843142
1991	La Destrousse	864798	1825095	964	La Fare-les-Oliviers	830515	1843142
1979	La Destrousse	864820	1824003	965	La Fare-les-Oliviers	830515	1843142
548	La Destrousse	864870	1824794	3530	La Fare-les-Oliviers	830533	1843170
2011	La Destrousse	864870	1824880	800	La Fare-les-Oliviers	830539	1842892
2016	La Destrousse	864877	1824555	811	La Fare-les-Oliviers	830539	1842892
2013	La Destrousse	864894	1824739	817	La Fare-les-Oliviers	830539	1842892
2017	La Destrousse	864897	1824486	831	La Fare-les-Oliviers	830539	1842892
1980	La Destrousse	864899	1825573	858	La Fare-les-Oliviers	830539	1842892
1984	La Destrousse	864899	1825531	879	La Fare-les-Oliviers	830539	1842892
2012	La Destrousse	864907	1824766	900	La Fare-les-Oliviers	830539	1842892
1983	La Destrousse	864917	1825509	993	La Fare-les-Oliviers	830539	1842892
2026	La Destrousse	864917	1824305	995	La Fare-les-Oliviers	830539	1842892
2014	La Destrousse	864924	1824644	3538	La Fare-les-Oliviers	830562	1843177
2015	La Destrousse	864934	1824617	799	La Fare-les-Oliviers	830584	1843414
1981	La Destrousse	864939	1825546	806	La Fare-les-Oliviers	830584	1843414
1982	La Destrousse	864941	1825524	807	La Fare-les-Oliviers	830584	1843414
545	La Destrousse	864946	1825529	880	La Fare-les-Oliviers	830584	1843414
1985	La Destrousse	864951	1825487	885	La Fare-les-Oliviers	830584	1843414
1986	La Destrousse	864979	1825467	3497	La Fare-les-Oliviers	830595	1842911
2027	La Destrousse	865018	1824932	3563	La Fare-les-Oliviers	830606	1843161
1987	La Destrousse	865031	1825422	3573	La Fare-les-Oliviers	830630	1842796
2018	La Destrousse	865115	1824830	854	La Fare-les-Oliviers	830633	1842831
2019	La Destrousse	865142	1824805	3566	La Fare-les-Oliviers	830637	1843183
2021	La Destrousse	865142	1824726	1006	La Fare-les-Oliviers	830661	1843213
2022	La Destrousse	865172	1824729	996	La Fare-les-Oliviers	830672	1842726
2023	La Destrousse	865286	1824696	997	La Fare-les-Oliviers	830672	1842726
544	La Destrousse	865292	1824702	998	La Fare-les-Oliviers	830672	1842726
2028	La Destrousse	865353	1824630	1000	La Fare-les-Oliviers	830672	1842726
547	La Destrousse	865533	1824996	1001	La Fare-les-Oliviers	830672	1842726
3498	La Fare-les-Oliviers			1003	La Fare-les-Oliviers	830672	1842726
3499	La Fare-les-Oliviers			990	La Fare-les-Oliviers	830687	1842841
3502	La Fare-les-Oliviers			3514	La Fare-les-Oliviers	830687	1842929
3507	La Fare-les-Oliviers			890	La Fare-les-Oliviers	830692	1842585
3509	La Fare-les-Oliviers			994	La Fare-les-Oliviers	830701	1842667
3526	La Fare-les-Oliviers			896	La Fare-les-Oliviers	830721	1843123
3539	La Fare-les-Oliviers			3510	La Fare-les-Oliviers	830793	1842636
3542	La Fare-les-Oliviers			830	La Fare-les-Oliviers	830830	1843137
3552	La Fare-les-Oliviers			881	La Fare-les-Oliviers	830830	1843137
3574	La Fare-les-Oliviers			882	La Fare-les-Oliviers	830830	1843137
3575	La Fare-les-Oliviers			967	La Fare-les-Oliviers	830830	1843137
3577	La Fare-les-Oliviers			938	La Fare-les-Oliviers	830836	1843072
3578	La Fare-les-Oliviers			841	La Fare-les-Oliviers	830838	1843224
3582	La Fare-les-Oliviers			820	La Fare-les-Oliviers	830887	1842893
3583	La Fare-les-Oliviers			709	La Fare-les-Oliviers	830922	1842917
986	La Fare-les-Oliviers	829932	1842928	3551	La Fare-les-Oliviers	830928	1843153
3546	La Fare-les-Oliviers	829999	1842986	970	La Fare-les-Oliviers	830953	1843302
868	La Fare-les-Oliviers	830006	1842912	971	La Fare-les-Oliviers	830953	1843302
825	La Fare-les-Oliviers	830031	1842941	972	La Fare-les-Oliviers	830953	1843302

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône

Numéro de dossier Brgm	Commune	Coordonnées X (m) Lambert II Carto	Coordonnées Y (m) Lambert II Carto	Numéro de dossier Brgm	Commune	Coordonnées X (m) Lambert II Carto	Coordonnées Y (m) Lambert II Carto
3529	La Fare-les-Oliviers	830962	1843160	3503	La Fare-les-Oliviers	831514	1843245
821	La Fare-les-Oliviers	830979	1842954	814	La Fare-les-Oliviers	831536	1842933
3518	La Fare-les-Oliviers	830991	1843164	891	La Fare-les-Oliviers	831570	1843200
844	La Fare-les-Oliviers	831015	1843184	3527	La Fare-les-Oliviers	831576	1842848
928	La Fare-les-Oliviers	831015	1843184	810	La Fare-les-Oliviers	831585	1843326
929	La Fare-les-Oliviers	831015	1843184	3526	La Fare-les-Oliviers	831620	1843421
930	La Fare-les-Oliviers	831015	1843184	850	La Fare-les-Oliviers	831655	1843219
931	La Fare-les-Oliviers	831015	1843184	863	La Fare-les-Oliviers	831655	1843219
932	La Fare-les-Oliviers	831015	1843184	874	La Fare-les-Oliviers	831655	1843219
933	La Fare-les-Oliviers	831015	1843184	3531	La Fare-les-Oliviers	831656	1843148
934	La Fare-les-Oliviers	831015	1843184	3532	La Fare-les-Oliviers	831664	1843446
935	La Fare-les-Oliviers	831015	1843184	866	La Fare-les-Oliviers	831680	1843172
936	La Fare-les-Oliviers	831015	1843184	3519	La Fare-les-Oliviers	831685	1843214
937	La Fare-les-Oliviers	831015	1843184	3571	La Fare-les-Oliviers	831688	1843154
851	La Fare-les-Oliviers	831034	1843076	828	La Fare-les-Oliviers	831693	1843439
852	La Fare-les-Oliviers	831034	1843076	1007	La Fare-les-Oliviers	831693	1843439
859	La Fare-les-Oliviers	831034	1843076	3522	La Fare-les-Oliviers	831702	1843240
886	La Fare-les-Oliviers	831034	1843076	848	La Fare-les-Oliviers	831710	1843084
987	La Fare-les-Oliviers	831034	1843076	901	La Fare-les-Oliviers	831743	1843258
988	La Fare-les-Oliviers	831034	1843076	835	La Fare-les-Oliviers	831760	1842361
989	La Fare-les-Oliviers	831034	1843076	883	La Fare-les-Oliviers	831760	1842361
992	La Fare-les-Oliviers	831034	1843076	911	La Fare-les-Oliviers	831760	1842361
897	La Fare-les-Oliviers	831067	1843153	985	La Fare-les-Oliviers	831771	1842967
833	La Fare-les-Oliviers	831070	1843248	910	La Fare-les-Oliviers	831778	1843095
869	La Fare-les-Oliviers	831070	1843248	918	La Fare-les-Oliviers	831796	1843135
975	La Fare-les-Oliviers	831070	1843248	3579	La Fare-les-Oliviers	831798	1842441
973	La Fare-les-Oliviers	831098	1843225	894	La Fare-les-Oliviers	831827	1842476
974	La Fare-les-Oliviers	831098	1843225	983	La Fare-les-Oliviers	831827	1842476
976	La Fare-les-Oliviers	831098	1843225	3525	La Fare-les-Oliviers	831862	1843252
837	La Fare-les-Oliviers	831109	1843168	926	La Fare-les-Oliviers	831866	1843105
954	La Fare-les-Oliviers	831109	1843168	923	La Fare-les-Oliviers	831879	1843145
953	La Fare-les-Oliviers	831113	1843141	916	La Fare-les-Oliviers	831887	1843005
951	La Fare-les-Oliviers	831137	1843184	917	La Fare-les-Oliviers	831887	1843005
952	La Fare-les-Oliviers	831137	1843184	925	La Fare-les-Oliviers	831887	1843005
804	La Fare-les-Oliviers	831140	1843279	3562	La Fare-les-Oliviers	831909	1843028
3564	La Fare-les-Oliviers	831143	1843139	827	La Fare-les-Oliviers	831926	1842952
3570	La Fare-les-Oliviers	831149	1843065	898	La Fare-les-Oliviers	831927	1843311
3569	La Fare-les-Oliviers	831158	1843111	924	La Fare-les-Oliviers	831947	1843101
3537	La Fare-les-Oliviers	831163	1843279	3523	La Fare-les-Oliviers	831947	1843194
829	La Fare-les-Oliviers	831174	1842763	805	La Fare-les-Oliviers	831958	1843208
685	La Fare-les-Oliviers	831183	1842909	836	La Fare-les-Oliviers	831958	1843208
823	La Fare-les-Oliviers	831183	1842909	845	La Fare-les-Oliviers	831958	1843208
826	La Fare-les-Oliviers	831183	1842909	875	La Fare-les-Oliviers	831958	1843208
834	La Fare-les-Oliviers	831183	1842909	876	La Fare-les-Oliviers	831958	1843208
842	La Fare-les-Oliviers	831183	1842909	892	La Fare-les-Oliviers	831958	1843208
950	La Fare-les-Oliviers	831183	1842909	902	La Fare-les-Oliviers	831958	1843208
968	La Fare-les-Oliviers	831183	1842909	919	La Fare-les-Oliviers	831958	1843208
1004	La Fare-les-Oliviers	831183	1842909	921	La Fare-les-Oliviers	831958	1843208
1008	La Fare-les-Oliviers	831183	1842909	922	La Fare-les-Oliviers	831958	1843208
808	La Fare-les-Oliviers	831184	1843004	3560	La Fare-les-Oliviers	831962	1842988
856	La Fare-les-Oliviers	831186	1842819	3580	La Fare-les-Oliviers	831967	1843194
1005	La Fare-les-Oliviers	831186	1842819	3534	La Fare-les-Oliviers	831983	1843196
1002	La Fare-les-Oliviers	831251	1842921	855	La Fare-les-Oliviers	832032	1842913
3548	La Fare-les-Oliviers	831260	1843214	3511	La Fare-les-Oliviers	832085	1842869
862	La Fare-les-Oliviers	831288	1843242	871	La Fare-les-Oliviers	832131	1843119
3549	La Fare-les-Oliviers	831289	1843335	979	La Fare-les-Oliviers	832210	1842997
861	La Fare-les-Oliviers	831292	1843277	870	La Fare-les-Oliviers	832226	1843358
860	La Fare-les-Oliviers	831294	1843301	872	La Fare-les-Oliviers	832246	1843078
3576	La Fare-les-Oliviers	831344	1843193	943	La Fare-les-Oliviers	832246	1843285
816	La Fare-les-Oliviers	831372	1843277	3515	La Fare-les-Oliviers	832255	1843336
824	La Fare-les-Oliviers	831376	1843248	3581	La Fare-les-Oliviers	832264	1843301
3572	La Fare-les-Oliviers	831388	1843210	846	La Fare-les-Oliviers	832304	1843057
3533	La Fare-les-Oliviers	831409	1843220	982	La Fare-les-Oliviers	832330	1842899
3547	La Fare-les-Oliviers	831417	1843005	913	La Fare-les-Oliviers	832345	1842361
906	La Fare-les-Oliviers	831421	1843243	984	La Fare-les-Oliviers	832377	1843040
3541	La Fare-les-Oliviers	831425	1843278	3558	La Fare-les-Oliviers	832386	1843578
3556	La Fare-les-Oliviers	831434	1843192	3567	La Fare-les-Oliviers	832397	1843251
947	La Fare-les-Oliviers	831443	1843263	980	La Fare-les-Oliviers	832403	1843541
949	La Fare-les-Oliviers	831443	1843263	908	La Fare-les-Oliviers	832411	1843260
3518	La Fare-les-Oliviers	831446	1843224	3550	La Fare-les-Oliviers	832424	1843262
3521	La Fare-les-Oliviers	831458	1843225	864	La Fare-les-Oliviers	832442	1843342
946	La Fare-les-Oliviers	831463	1843177	3508	La Fare-les-Oliviers	832448	1843255
818	La Fare-les-Oliviers	831465	1843156	812	La Fare-les-Oliviers	832452	1843222
888	La Fare-les-Oliviers	831465	1843156	822	La Fare-les-Oliviers	832452	1843222
803	La Fare-les-Oliviers	831473	1843290	865	La Fare-les-Oliviers	832452	1843222
849	La Fare-les-Oliviers	831482	1843218	875	La Fare-les-Oliviers	832452	1843222
853	La Fare-les-Oliviers	831482	1843218	941	La Fare-les-Oliviers	832452	1843222
873	La Fare-les-Oliviers	831482	1843218	944	La Fare-les-Oliviers	832452	1843222
903	La Fare-les-Oliviers	831482	1843218	3540	La Fare-les-Oliviers	832477	1843268
3535	La Fare-les-Oliviers	831492	1843233	838	La Fare-les-Oliviers	832565	1842964
802	La Fare-les-Oliviers	831495	1843288	839	La Fare-les-Oliviers	832565	1842964

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône

Numéro de dossier Brgm	Commune	Coordonnées X (m) Lambert II Carto	Coordonnées Y (m) Lambert II Carto	Numéro de dossier Brgm	Commune	Coordonnées X (m) Lambert II Carto	Coordonnées Y (m) Lambert II Carto
899	La Fare-les-Oliviers	832580	1843140	1933	La Penne-sur-Huveaune	858387	1813547
909	La Fare-les-Oliviers	832586	1843175	27	La Penne-sur-Huveaune	858557	1813977
904	La Fare-les-Oliviers	833072	1843180	33	La Penne-sur-Huveaune	858559	1813737
978	La Fare-les-Oliviers	833080	1842202	1943	La Penne-sur-Huveaune	858559	1813737
3553	La Fare-les-Oliviers	833232	1843255	1940	La Penne-sur-Huveaune	858563	1813980
3500	La Fare-les-Oliviers	833237	1843366	26	La Penne-sur-Huveaune	858564	1813753
3505	La Fare-les-Oliviers	833237	1843284	19	La Penne-sur-Huveaune	858652	1814064
3520	La Fare-les-Oliviers	833251	1843340	25	La Penne-sur-Huveaune	858671	1813459
3506	La Fare-les-Oliviers	833252	1843284	1935	La Penne-sur-Huveaune	858718	1813779
843	La Fare-les-Oliviers	833271	1843288	1934	La Penne-sur-Huveaune	858815	1813547
3544	La Fare-les-Oliviers	833334	1843385	1933	La Penne-sur-Huveaune	858819	1813751
893	La Fare-les-Oliviers	833353	1843473	14	La Penne-sur-Huveaune	858853	1813741
907	La Fare-les-Oliviers	833353	1843473	22	La Penne-sur-Huveaune	858853	1813741
939	La Fare-les-Oliviers	833353	1843473	23	La Penne-sur-Huveaune	858853	1813741
940	La Fare-les-Oliviers	833353	1843473	24	La Penne-sur-Huveaune	858853	1813741
832	La Fare-les-Oliviers	833401	1843304	31	La Penne-sur-Huveaune	858853	1813741
840	La Fare-les-Oliviers	833475	1842955	32	La Penne-sur-Huveaune	858853	1813741
3512	La Fare-les-Oliviers	833540	1842939	1929	La Penne-sur-Huveaune	858864	1813715
857	La Fare-les-Oliviers	833582	1842812	1942	La Penne-sur-Huveaune	858928	1813678
867	La Fare-les-Oliviers	833582	1842812	1939	La Penne-sur-Huveaune	858935	1813848
887	La Fare-les-Oliviers	833582	1842812	29	La Penne-sur-Huveaune	858937	1813660
889	La Fare-les-Oliviers	833582	1842812	30	La Penne-sur-Huveaune	858937	1813660
895	La Fare-les-Oliviers	833582	1842812	1941	La Penne-sur-Huveaune	858947	1813712
912	La Fare-les-Oliviers	833582	1842812	1932	La Penne-sur-Huveaune	859002	1813806
3543	La Fare-les-Oliviers	833583	1842906	3	La Penne-sur-Huveaune	859023	1813797
3559	La Fare-les-Oliviers	833603	1842925	13	La Penne-sur-Huveaune	859229	1813694
3581	La Fare-les-Oliviers	833775	1842658	1928	La Penne-sur-Huveaune	859236	1813712
981	La Fare-les-Oliviers	833829	1842916	10	La Penne-sur-Huveaune	859334	1813876
1648	La Penne-sur-Huveaune			1937	La Penne-sur-Huveaune	859367	1813952
1927	La Penne-sur-Huveaune			28	La Penne-sur-Huveaune	859535	1814161
1944	La Penne-sur-Huveaune			1958	La Roque-d'Anthéron	838765	1861153
1938	La Penne-sur-Huveaune	857766	1813943	1956	La Roque-d'Anthéron	838820	1861605
3125	La Penne-sur-Huveaune	857804	1813847	1957	La Roque-d'Anthéron	838868	1861604
1930	La Penne-sur-Huveaune	857805	1813900	279	La Roque-d'Anthéron	838903	1861407
1	La Penne-sur-Huveaune	857821	1813846	291	La Roque-d'Anthéron	838903	1861407
8	La Penne-sur-Huveaune	858269	1813227	1955	La Roque-d'Anthéron	838929	1861600
21	La Penne-sur-Huveaune	858289	1813228	1954	La Roque-d'Anthéron	838983	1861635
716	La Penne-sur-Huveaune	858269	1813228	284	La Roque-d'Anthéron	839021	1861678
20	La Penne-sur-Huveaune	858358	1813551	1953	La Roque-d'Anthéron	839036	1861653
717	La Penne-sur-Huveaune	858358	1813551	1949	La Roque-d'Anthéron	839042	1861843

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône

Numéro de dossier Brgm	Commune	Coordonnées X (m) Lambert II Carto	Coordonnées Y (m) Lambert II Carto	Numéro de dossier Brgm	Commune	Coordonnées X (m) Lambert II Carto	Coordonnées Y (m) Lambert II Carto
1965	La Roque-d'Anthéron	839046	1861504	3701	Lançon-de-Provence	829201	1846050
281	La Roque-d'Anthéron	839077	1861428	3702	Lançon-de-Provence	829215	1846006
282	La Roque-d'Anthéron	839077	1861426	3699	Lançon-de-Provence	829225	1846353
1959	La Roque-d'Anthéron	839079	1861423	3700	Lançon-de-Provence	829244	1846238
1962	La Roque-d'Anthéron	839084	1861092	3696	Lançon-de-Provence	829312	1846589
1963	La Roque-d'Anthéron	839127	1860998	3697	Lançon-de-Provence	829340	1846599
1948	La Roque-d'Anthéron	839132	1861910	3698	Lançon-de-Provence	829369	1846618
1951	La Roque-d'Anthéron	839132	1861788	3707	Lançon-de-Provence	832248	1846969
1950	La Roque-d'Anthéron	839164	1861790	3708	Lançon-de-Provence	832363	1846998
1961	La Roque-d'Anthéron	839167	1861081	3709	Lançon-de-Provence	832402	1846965
283	La Roque-d'Anthéron	839173	1861493	3710	Lançon-de-Provence	832402	1846917
278	La Roque-d'Anthéron	839195	1861448	3711	Lançon-de-Provence	832422	1846898
280	La Roque-d'Anthéron	839195	1861448	3713	Lançon-de-Provence	832441	1846820
292	La Roque-d'Anthéron	839195	1861448	3712	Lançon-de-Provence	832451	1846892
285	La Roque-d'Anthéron	839204	1861103	3714	Lançon-de-Provence	832504	1846555
1960	La Roque-d'Anthéron	839215	1861314	3715	Lançon-de-Provence	832552	1846594
277	La Roque-d'Anthéron	839248	1861442	3717	Lançon-de-Provence	832581	1846522
1947	La Roque-d'Anthéron	839387	1861834	3716	Lançon-de-Provence	832590	1846618
1952	La Roque-d'Anthéron	839424	1861672	3722	Lançon-de-Provence	832658	1846883
1964	La Roque-d'Anthéron	839540	1861220	465	Lançon-de-Provence	832684	1846757
3092	La Roque-d'Anthéron	839552	1861206	468	Lançon-de-Provence	832684	1846757
3093	La Roque-d'Anthéron	839555	1861239	469	Lançon-de-Provence	832684	1846757
286	La Roque-d'Anthéron	839559	1861249	470	Lançon-de-Provence	832684	1846757
287	La Roque-d'Anthéron	839559	1861249	471	Lançon-de-Provence	832684	1846757
288	La Roque-d'Anthéron	839559	1861249	472	Lançon-de-Provence	832684	1846757
289	La Roque-d'Anthéron	839559	1861249	475	Lançon-de-Provence	832684	1846757
290	La Roque-d'Anthéron	839559	1861249	476	Lançon-de-Provence	832684	1846757
1946	La Roque-d'Anthéron	839623	1861854	477	Lançon-de-Provence	832684	1846757
1945	La Roque-d'Anthéron	839756	1861779	480	Lançon-de-Provence	832684	1846757
695	La Roque-d'Anthéron	839963	1861613	483	Lançon-de-Provence	832684	1846757
2794	La Roque-d'Anthéron	840505	1861675	484	Lançon-de-Provence	832684	1846757
492	Lançon-de-Provence	825510	1847275	485	Lançon-de-Provence	832684	1846757
493	Lançon-de-Provence	826156	1846839	486	Lançon-de-Provence	832684	1846757
3706	Lançon-de-Provence	828896	1846247	487	Lançon-de-Provence	832684	1846757
3705	Lançon-de-Provence	828917	1846252	488	Lançon-de-Provence	832684	1846757
3704	Lançon-de-Provence	829109	1846108	696	Lançon-de-Provence	832684	1846757
3703	Lançon-de-Provence	829119	1846035	3723	Lançon-de-Provence	832696	1846902
3695	Lançon-de-Provence	829143	1846642	3721	Lançon-de-Provence	832778	1846873
466	Lançon-de-Provence	829178	1846067	3718	Lançon-de-Provence	832807	1846856
467	Lançon-de-Provence	829178	1846067	3720	Lançon-de-Provence	832826	1846859
473	Lançon-de-Provence	829178	1846067	3719	Lançon-de-Provence	832860	1846772
474	Lançon-de-Provence	829178	1846067	3486	Le Rove	833836	1823616
478	Lançon-de-Provence	829178	1846067	3479	Le Rove	836172	1822865
479	Lançon-de-Provence	829178	1846067	3480	Le Rove	836176	1822809
481	Lançon-de-Provence	829178	1846067	3478	Le Rove	836197	1822877
482	Lançon-de-Provence	829178	1846067	3477	Le Rove	836224	1822863
489	Lançon-de-Provence	829178	1846067	3476	Le Rove	836243	1822902
490	Lançon-de-Provence	829178	1846067	1816	Le Rove	836259	1822696
491	Lançon-de-Provence	829178	1846067	1814	Le Rove	836282	1822900

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône

Numéro de dossier BRGM	Commune	Coordonnées X (m) Lambert II Carto	Coordonnées Y (m) Lambert II Carto	Numéro de dossier BRGM	Commune	Coordonnées X (m) Lambert II Carto	Coordonnées Y (m) Lambert II Carto
1811	Le Rove	836310	1822815	1798	Le Rove	837681	1823348
1815	Le Rove	836314	1822902	1800	Le Rove	837695	1823428
1812	Le Rove	836319	1822861	3462	Le Rove	837698	1823325
2768	Le Rove	836321	1822645	1799	Le Rove	837702	1823357
1810	Le Rove	836342	1822843	1818	Le Rove	837715	1823470
1813	Le Rove	836351	1822875	1820	Le Rove	837715	1823362
3475	Le Rove	836416	1822940	3461	Le Rove	837726	1823336
3474	Le Rove	836468	1822961	1822	Le Rove	837759	1822852
3473	Le Rove	836544	1822990	1821	Le Rove	837771	1822829
3481	Le Rove	836567	1822740	1801	Le Rove	837819	1823238
3482	Le Rove	836618	1822696	1802	Le Rove	837837	1823256
1808	Le Rove	836702	1822997	1819	Le Rove	837906	1823442
1784	Le Rove	837031	1823323	3466	Le Rove	837928	1823443
1786	Le Rove	837035	1823366	3467	Le Rove	837985	1823460
1789	Le Rove	837038	1823350	3021	Le Rove	838215	1823310
1817	Le Rove	837045	1823334	1803	Le Rove	838218	1823493
1787	Le Rove	837056	1823378	1804	Le Rove	838230	1823525
1785	Le Rove	837065	1823360	2747	Les Pennes-Mirabeau	838341	1827463
1783	Le Rove	837068	1823323	2745	Les Pennes-Mirabeau	838364	1827450
1788	Le Rove	837068	1823343	2743	Les Pennes-Mirabeau	838366	1827411
1797	Le Rove	837114	1823311	2741	Les Pennes-Mirabeau	838379	1827466
199	Le Rove	837129	1823390	2739	Les Pennes-Mirabeau	838408	1827473
3463	Le Rove	837145	1823348	2740	Les Pennes-Mirabeau	838408	1827474
1809	Le Rove	837228	1823043	2734	Les Pennes-Mirabeau	838460	1827453
3464	Le Rove	837250	1823300	2736	Les Pennes-Mirabeau	838533	1827528
3487	Le Rove	837284	1819506	2746	Les Pennes-Mirabeau	838590	1827484
3483	Le Rove	837288	1822639	2737	Les Pennes-Mirabeau	838603	1827491
3484	Le Rove	837336	1822672	2738	Les Pennes-Mirabeau	838603	1827460
1807	Le Rove	837357	1822556	2742	Les Pennes-Mirabeau	838626	1827486
3470	Le Rove	837404	1823094	2744	Les Pennes-Mirabeau	838644	1827559
3468	Le Rove	837412	1823205	2748	Les Pennes-Mirabeau	840225	1827224
3485	Le Rove	837412	1822677	2754	Les Pennes-Mirabeau	840835	1829311
3471	Le Rove	837423	1823081	2710	Les Pennes-Mirabeau	841087	1825395
3472	Le Rove	837433	1823056	2706	Les Pennes-Mirabeau	841108	1825337
3469	Le Rove	837456	1823176	2709	Les Pennes-Mirabeau	841147	1825339
1790	Le Rove	837502	1823323	2705	Les Pennes-Mirabeau	841164	1825406
1791	Le Rove	837525	1823334	2707	Les Pennes-Mirabeau	841201	1825422
3465	Le Rove	837534	1823319	2704	Les Pennes-Mirabeau	841222	1825429
1792	Le Rove	837541	1823396	2703	Les Pennes-Mirabeau	841256	1825437
1793	Le Rove	837541	1823422	2708	Les Pennes-Mirabeau	841276	1825437
1794	Le Rove	837557	1823428	2753	Les Pennes-Mirabeau	841430	1827691
1795	Le Rove	837566	1823408	2752	Les Pennes-Mirabeau	841583	1827912
1796	Le Rove	837568	1823442	269	Les Pennes-Mirabeau	841866	1827856
1806	Le Rove	837571	1822790	271	Les Pennes-Mirabeau	841866	1827856
1805	Le Rove	837601	1823033	270	Les Pennes-Mirabeau	841898	1827860

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône

Numéro de dossier Brgm	Commune	Coordonnées X (m) Lambert II Carto	Coordonnées Y (m) Lambert II Carto	Numéro de dossier Brgm	Commune	Coordonnées X (m) Lambert II Carto	Coordonnées Y (m) Lambert II Carto
272	Les Pennes-Mirabeau	841934	1827865	2877	Marignane	834608	1827047
273	Les Pennes-Mirabeau	841934	1827865	2816	Marignane	834618	1826516
274	Les Pennes-Mirabeau	841934	1827865	179	Marignane	834628	1826906
275	Les Pennes-Mirabeau	841934	1827865	1423	Marignane	834628	1826906
2751	Les Pennes-Mirabeau	842133	1828784	174	Marignane	834637	1827243
2731	Les Pennes-Mirabeau	842317	1828034	1409	Marignane	834637	1827243
2730	Les Pennes-Mirabeau	842361	1828031	1410	Marignane	834637	1827243
2732	Les Pennes-Mirabeau	842364	1827977	1411	Marignane	834637	1827243
2728	Les Pennes-Mirabeau	842486	1828044	177	Marignane	834645	1827514
2729	Les Pennes-Mirabeau	842525	1827956	1407	Marignane	834648	1827304
2727	Les Pennes-Mirabeau	842559	1828050	1408	Marignane	834648	1827304
2702	Les Pennes-Mirabeau	842576	1826200	2882	Marignane	834652	1826975
2750	Les Pennes-Mirabeau	842608	1828966	2825	Marignane	834656	1827548
2749	Les Pennes-Mirabeau	842746	1828917	2854	Marignane	834659	1826944
2720	Les Pennes-Mirabeau	842761	1828042	2859	Marignane	834671	1827051
2722	Les Pennes-Mirabeau	842798	1828050	2873	Marignane	834671	1827935
2721	Les Pennes-Mirabeau	842831	1828034	2871	Marignane	834678	1827963
2723	Les Pennes-Mirabeau	843023	1828078	2898	Marignane	834678	1826950
2724	Les Pennes-Mirabeau	843114	1828112	2824	Marignane	834681	1827554
2725	Les Pennes-Mirabeau	843177	1828128	2827	Marignane	834681	1827425
2726	Les Pennes-Mirabeau	843223	1828143	2844	Marignane	834684	1826956
2701	Les Pennes-Mirabeau	843424	1825743	2849	Marignane	834684	1827925
2718	Les Pennes-Mirabeau	843895	1824200	2852	Marignane	834693	1827969
2717	Les Pennes-Mirabeau	843949	1824169	176	Marignane	834704	1827228
2713	Les Pennes-Mirabeau	844001	1824609	178	Marignane	834706	1827140
2714	Les Pennes-Mirabeau	844111	1824755	1412	Marignane	834706	1827140
2712	Les Pennes-Mirabeau	844231	1824774	1413	Marignane	834706	1827140
2711	Les Pennes-Mirabeau	844277	1824680	1414	Marignane	834706	1827140
2715	Les Pennes-Mirabeau	844358	1824690	1415	Marignane	834706	1827140
2716	Les Pennes-Mirabeau	844358	1824686	1416	Marignane	834706	1827140
2719	Les Pennes-Mirabeau	844525	1824487	1417	Marignane	834706	1827140
2755	Les Pennes-Mirabeau	844677	1828956	1418	Marignane	834706	1827140
2733	Les Pennes-Mirabeau	844773	1828493	1419	Marignane	834706	1827140
697	Marignane	834186	1831178	1420	Marignane	834706	1827140
2897	Marignane	834221	1827648	2828	Marignane	834706	1827567
2834	Marignane	834322	1827705	2806	Marignane	834709	1827790
3060	Marignane	834330	1827155	2803	Marignane	834718	1827500
2850	Marignane	834366	1827758	2891	Marignane	834722	1827526
2858	Marignane	834372	1826450	2879	Marignane	834724	1827456
2839	Marignane	834432	1827721	2872	Marignane	834725	1827554
2880	Marignane	834470	1827154	2857	Marignane	834731	1827513
2848	Marignane	834501	1827740	1406	Marignane	834736	1827484
2852	Marignane	834549	1827494	1405	Marignane	834744	1827513
2829	Marignane	834555	1827224	2814	Marignane	834744	1826837
2809	Marignane	834574	1827331	2855	Marignane	834744	1827453
2808	Marignane	834577	1826522	2831	Marignane	834750	1827202
2825	Marignane	834586	1827120	2820	Marignane	834756	1827387
2874	Marignane	834586	182750	2887	Marignane	834763	1827416

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône

Numéro de dossier BRGM	Commune	Coordonnées X (m) Lambert II Carto	Coordonnées Y (m) Lambert II Carto	Numéro de dossier BRGM	Commune	Coordonnées X (m) Lambert II Carto	Coordonnées Y (m) Lambert II Carto
2875	Marignane	834599	1827095	2853	Marignane	834772	1826761
2846	Marignane	834781	1826793	2870	Marignane	836852	1826874
2805	Marignane	834788	182720	2863	Marignane	836870	1826884
2819	Marignane	834788	1827277	2837	Marignane	836874	1826941
3022	Marignane	834809	1827312	2666	Marignane	843075	1825905
2823	Marignane	834810	1827315	2581	Marseille	841407	1822429
2890	Marignane	834810	1826705	2547	Marseille	841470	1822441
2810	Marignane	834819	1827192	2599	Marseille	842869	1821817
2888	Marignane	834825	1827478	2579	Marseille	842916	1821817
2847	Marignane	834831	1826805	2595	Marseille	842935	1821738
2817	Marignane	834832	1827271	2573	Marseille	842979	1822062
2889	Marignane	834847	1826714	2559	Marseille	843318	1823199
1424	Marignane	834860	1826680	2520	Marseille	843650	1822631
1425	Marignane	834860	1826680	2588	Marseille	843744	1822640
1426	Marignane	834860	1826680	2602	Marseille	843760	1822509
1427	Marignane	834860	1826680	2564	Marseille	843876	1823855
1421	Marignane	834867	1826793	2557	Marseille	844994	1824959
1422	Marignane	834867	1826793	2544	Marseille	845821	1822850
2884	Marignane	834923	1826651	2560	Marseille	845824	1822893
2896	Marignane	834942	1826723	2515	Marseille	845838	1822839
1429	Marignane	834966	1826833	2534	Marseille	845843	1822862
2822	Marignane	835008	1826862	2545	Marseille	845877	1822943
2811	Marignane	835011	1826856	2518	Marseille	845902	1822966
170	Marignane	835058	1826571	2554	Marseille	845913	1822988
2895	Marignane	835077	1826670	2563	Marseille	845926	1823005
2866	Marignane	835096	1826648	2533	Marseille	845965	1822939
171	Marignane	835135	1826868	2576	Marseille	845995	1822881
172	Marignane	835135	1826868	2539	Marseille	845996	1822921
1428	Marignane	835135	1826868	2546	Marseille	846003	1822898
1430	Marignane	835135	1826868	2587	Marseille	846005	1822853
1431	Marignane	835135	1826868	2597	Marseille	846009	1822802
1432	Marignane	835135	1826868	2604	Marseille	846073	1813672
2807	Marignane	835165	1826883	703	Marseille	846888	1815855
2833	Marignane	835222	1826745	688	Marseille	847012	1812107
2885	Marignane	835316	1826651	2584	Marseille	848046	1814547
173	Marignane	835356	1826830	2556	Marseille	848156	1815577
2881	Marignane	835379	1826764	2532	Marseille	848182	1815592
3059	Marignane	835445	1826914	2600	Marseille	848185	1809377
1433	Marignane	835456	1826848	2523	Marseille	848227	1815551
1435	Marignane	835456	1826848	599	Marseille	848359	1820041
2821	Marignane	835461	1826774	2521	Marseille	848466	1809263
3061	Marignane	835477	1826716	3134	Marseille	848490	1818271
1436	Marignane	835500	1826801	3066	Marseille	848530	1810345
2830	Marignane	835538	1826755	598	Marseille	848689	1810232
2899	Marignane	835562	1826886	601	Marseille	848689	1810232
2800	Marignane	835565	1826774	2519	Marseille	848701	1810219
168	Marignane	835577	1826713	2608	Marseille	849146	1816236
175	Marignane	835577	1826713	2586	Marseille	849149	1816237
180	Marignane	835577	1826713	602	Marseille	849157	1816190
1434	Marignane	835577	1826713	604	Marseille	849157	1816190
2851	Marignane	835615	1826837	605	Marseille	849157	1816190
2818	Marignane	835675	1826431	606	Marseille	849157	1816190
2878	Marignane	835875	1826793	607	Marseille	849157	1816190
2802	Marignane	835816	1826887	2541	Marseille	849157	1816171
2856	Marignane	835857	1826843	2571	Marseille	849159	1816204
2868	Marignane	835866	1826862	2549	Marseille	849161	1816151
1437	Marignane	835901	1826822	2528	Marseille	849162	1816122
2836	Marignane	836043	1826880	2575	Marseille	849186	1816111
2940	Marignane	836109	1826912	2553	Marseille	849229	1819964
2815	Marignane	836115	1826818	2569	Marseille	849307	1816168
165	Marignane	836120	1826921	3030	Marseille	849576	1811923
169	Marignane	836120	1826921	2542	Marseille	849608	1813796
1438	Marignane	836120	1826921	700	Marseille	849863	1810501
1439	Marignane	836120	1826921	608	Marseille	850156	1818611
2893	Marignane	836128	1826487	609	Marseille	850156	1818611
2813	Marignane	836153	1826811	682	Marseille	850191	1819225
2812	Marignane	836169	1826871	2591	Marseille	850265	1819497
181	Marignane	836221	1826810	2543	Marseille	850709	1816001
2894	Marignane	836247	1826809	2590	Marseille	850963	1822497
2841	Marignane	836417	1826638	2540	Marseille	851133	1822493
2869	Marignane	836439	1827393	2582	Marseille	851174	1822535
1440	Marignane	836537	1826941	2583	Marseille	851182	1822492
2864	Marignane	836619	1827239	2603	Marseille	851189	1822522
2861	Marignane	836634	1826972	2578	Marseille	851199	1822586
2804	Marignane	836682	1827019	2580	Marseille	851199	1822451
2901	Marignane	836713	1826959	2561	Marseille	851203	1822496
2867	Marignane	836738	1826739	2513	Marseille	851208	1822544
2883	Marignane	836776	1826812	2514	Marseille	851214	1822520
2835	Marignane	836804	1826856	2601	Marseille	851219	1822565
2865	Marignane	836811	1826802	2527	Marseille	851221	1822531
2886	Marignane	836833	1826859	2582	Marseille	851223	1822458

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône

Numéro de dossier Brgm	Commune	Coordonnées X (m) Lambert II Carto	Coordonnées Y (m) Lambert II Carto	Numéro de dossier Brgm	Commune	Coordonnées X (m) Lambert II Carto	Coordonnées Y (m) Lambert II Carto
2860	Mangnane	836836	1826906	2596	Marseille	851231	1822613
2528	Marseille	851235	1822540	1214	Martigues	820537	1819318
2538	Marseille	851235	1822495	1216	Martigues	820537	1819318
2565	Marseille	851239	1822566	1217	Martigues	820537	1819318
3128	Marseille	851447	1821777	1218	Martigues	820537	1819318
687	Marseille	851508	1821589	1219	Martigues	820537	1819318
2574	Marseille	851555	1819391	3028	Martigues	820561	1818882
702	Marseille	851561	1819441	3012	Martigues	820566	1819269
2536	Marseille	851865	1816218	1234	Martigues	820585	1828723
2594	Marseille	851877	1822458	1202	Martigues	820602	1822353
2517	Marseille	851928	1822458	3020	Martigues	820618	1821981
207	Marseille	852161	1816435	1240	Martigues	820642	1827312
2535	Marseille	852234	1822628	1241	Martigues	820642	1827312
2551	Marseille	852279	1822687	1248	Martigues	820714	1825813
2531	Marseille	852550	1817107	1231	Martigues	820786	1825538
2529	Marseille	852591	1822504	1235	Martigues	820821	1827878
2766	Marseille	852790	1819659	1236	Martigues	820821	1827878
2552	Marseille	852903	1822063	1215	Martigues	820898	1819328
2516	Marseille	853172	1817478	1230	Martigues	820947	1825685
2555	Marseille	853186	1821834	1232	Martigues	820947	1825685
600	Marseille	853269	1822301	3014	Martigues	821242	1825330
2567	Marseille	853321	1817025	1204	Martigues	821517	1822784
2572	Marseille	853325	1817055	1201	Martigues	821688	1822848
2522	Marseille	853330	1817093	1211	Martigues	821932	1818717
2570	Marseille	853339	1817131	1212	Martigues	822015	1818791
2562	Marseille	853364	1817059	1213	Martigues	822017	1818700
2558	Marseille	853426	1822359	1205	Martigues	822400	1822360
2550	Marseille	853538	1818859	1206	Martigues	822400	1822360
2566	Marseille	853572	1822105	1208	Martigues	822933	1822612
2605	Marseille	853576	1822392	1209	Martigues	823490	1821504
2577	Marseille	853583	1822383	3124	Martigues	823526	1819541
2530	Marseille	853596	1822434	1210	Martigues	823686	1822142
2524	Marseille	853600	1822402	1207	Martigues	823892	1822254
2589	Marseille	853634	1822408	651	Martigues	824942	1821361
2568	Marseille	853665	1822130	2976	Meyreuil	854584	1839258
2537	Marseille	853807	1822393	647	Meyreuil	854727	1839328
2548	Marseille	854252	1816831	2984	Meyreuil	854998	1836602
2585	Marseille	854462	1817827	3097	Meyreuil	855265	1836533
3024	Marseille	854838	1816803	637	Meyreuil	855277	1836698
2525	Marseille	857246	1815858	2965	Meyreuil	855335	1836650
661	Marseille	857376	1816450	632	Meyreuil	855357	1837055
2596	Marseille	857386	1816462	2980	Meyreuil	855359	1837064
2593	Marseille	857891	1816834	2966	Meyreuil	855407	1837175
2795	Marseille	858010	1816199	645	Meyreuil	855479	1835542
714	Marseille	858644	1816211	2970	Meyreuil	855499	1835513
1228	Martigues	816543	1827353	2975	Meyreuil	855499	1835402
1226	Martigues	816553	1827283	646	Meyreuil	855522	1835438
1227	Martigues	816553	1827283	2982	Meyreuil	855588	1836746
1253	Martigues	816553	1827283	2971	Meyreuil	855634	1836139
1220	Martigues	816808	1827544	631	Meyreuil	855651	1837279
1225	Martigues	816842	1827505	636	Meyreuil	855664	1836820
1224	Martigues	816915	1827560	2967	Meyreuil	855668	1836823
1244	Martigues	817070	1826784	634	Meyreuil	855691	1836943
1222	Martigues	817254	1826808	2981	Meyreuil	855696	1836693
1221	Martigues	817315	1827225	635	Meyreuil	855721	1836879
3055	Martigues	817746	1827230	2974	Meyreuil	855721	1836872
1250	Martigues	817760	1828986	2964	Meyreuil	855725	1836785
1233	Martigues	817877	1826824	2987	Meyreuil	855745	1836737
1251	Martigues	817918	1826960	633	Meyreuil	855791	1837000
3095	Martigues	818319	1824399	2978	Meyreuil	855870	1835802
3056	Martigues	818418	1827106	2985	Meyreuil	855875	1835532
1223	Martigues	818851	1827015	639	Meyreuil	855898	1836326
1242	Martigues	818717	1827308	2988	Meyreuil	855904	1835629
1255	Martigues	819321	1826547	2986	Meyreuil	855904	1836843
1239	Martigues	819601	1827091	638	Meyreuil	855932	1836334
1254	Martigues	819856	1827944	2977	Meyreuil	855947	1836250
1246	Martigues	819878	1826684	643	Meyreuil	855950	1835819
1249	Martigues	819945	1825789	2969	Meyreuil	856019	1835489
1237	Martigues	820097	1827253	642	Meyreuil	856056	1835766
1245	Martigues	820114	1825724	2983	Meyreuil	856067	1835542
684	Martigues	820206	1827406	640	Meyreuil	856176	1835810
1199	Martigues	820249	1825534	641	Meyreuil	856176	1835810
1243	Martigues	820282	1827135	2972	Meyreuil	856193	1835831
1200	Martigues	820310	1825561	644	Meyreuil	856231	1835717
1197	Martigues	820317	1822629	2973	Meyreuil	856241	1835754
1247	Martigues	820378	1822004	2979	Meyreuil	856804	1839155
1198	Martigues	820379	1822561	630	Meyreuil	857065	1839061
1203	Martigues	820422	1822486	3096	Meyreuil	857467	1837367
1256	Martigues	820426	1827242	2137	Mimet		
1252	Martigues	820455	1826849	1194	Mimet	854515	1830106
1238	Martigues	820496	1827489	1181	Mimet	855605	1829845

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône

Número de dossier Brgm	Commune	Coordonnées X (m) Lambert II Carto	Coordonnées Y (m) Lambert II Carto	Número de dossier Brgm	Commune	Coordonnées X (m) Lambert II Carto	Coordonnées Y (m) Lambert II Carto
2137	Mimet			3224	Peynier		
1178	Mimet	855872	1829905	3437	Peynier	864579	1832679
2141	Mimet	855940	1829792	3214	Peynier	864585	1832619
1180	Mimet	856047	1829720	3209	Peynier	864646	1832742
2142	Mimet	856051	1829794	3204	Peynier	864663	1832812
1179	Mimet	856133	1830073	3219	Peynier	864663	1832771
2147	Mimet	856195	1829770	3435	Peynier	864674	1832699
2152	Mimet	856277	1829061	3433	Peynier	864687	1832777
2149	Mimet	856288	1829156	3222	Peynier	864695	1832738
2134	Mimet	856330	1829159	3201	Peynier	864716	1832713
1196	Mimet	856765	1828164	3430	Peynier	864720	1832767
2130	Mimet	856823	1828901	3434	Peynier	864727	1832729
2136	Mimet	856885	1828620	3202	Peynier	864732	1832738
34	Mimet	856899	1828707	3203	Peynier	864732	1832689
708	Mimet	856899	1828707	3207	Peynier	864732	1832799
1170	Mimet	856899	1828707	3213	Peynier	864732	1832639
1172	Mimet	856899	1828707	3220	Peynier	864736	1832656
2133	Mimet	856998	1828832	3439	Peynier	864745	1832757
2135	Mimet	857029	1828750	673	Peynier	864747	1832720
1182	Mimet	857047	1829084	3431	Peynier	864747	1832712
1183	Mimet	857047	1829084	3212	Peynier	864753	1832742
1184	Mimet	857047	1829084	3432	Peynier	864760	1832844
1185	Mimet	857047	1829084	3223	Peynier	864761	1832771
2139	Mimet	857051	1828770	3441	Peynier	864767	1832874
2145	Mimet	857253	1829027	3206	Peynier	864769	1832680
1186	Mimet	857745	1829006	3208	Peynier	864786	1832730
2143	Mimet	857746	1829001	3205	Peynier	864798	1832767
2150	Mimet	857784	1828944	3211	Peynier	864798	1832705
1193	Mimet	857968	1829610	3221	Peynier	864822	1832783
2140	Mimet	858101	1828993	3210	Peynier	864868	1832607
2146	Mimet	858190	1828829	3440	Peynier	864946	1832943
1187	Mimet	858213	1828849	3216	Peynier	865216	1832656
2132	Mimet	858250	1830707	3436	Peynier	865224	1832619
1191	Mimet	858383	1830322	3454	Peynier	865413	1834573
1192	Mimet	858383	1830322	3286	Peynier	865446	1834513
2148	Mimet	858407	1830420	3284	Peynier	865487	1834472
1188	Mimet	858426	1828679	3285	Peynier	865511	1834423
1189	Mimet	858426	1828679	3288	Peynier	865548	1834431
1190	Mimet	858426	1828679	3283	Peynier	865593	1834451
2131	Mimet	858432	1830377	3252	Peynier	865634	1833660
2151	Mimet	858680	1830174	3253	Peynier	865696	1833893
2138	Mimet	858893	1830185	3287	Peynier	865745	1833914
1195	Mimet	858914	1830615	3258	Peynier	865868	1833275
1171	Mimet	859205	1830193	3448	Peynier	865941	1833953
1173	Mimet	859205	1830193	3447	Peynier	865980	1834024
1174	Mimet	859205	1830193	3256	Peynier	866003	1833361
1175	Mimet	859205	1830193	3257	Peynier	866048	1833382
1176	Mimet	859205	1830193	3255	Peynier	866110	1833607
1177	Mimet	859205	1830193	3260	Peynier	866183	1833353
2144	Mimet	855667	1830274	3259	Peynier	866171	1833418
3771	Orgon	813834	1866309	3254	Peynier	866200	1833394
3225	Peynier			3280	Peynier	866930	1834210
3226	Peynier			3279	Peynier	867004	1834197
3227	Peynier			2771	Peynier	867246	1834217
3228	Peynier			3242	Peynier	867393	1833521
3229	Peynier			3241	Peynier	867504	1833492
3230	Peynier			3275	Peynier	867508	1833562
3231	Peynier			3276	Peynier	867524	1833541
3232	Peynier			3291	Peynier	867561	1832799
3233	Peynier			3249	Peynier	867635	1832680
3234	Peynier			3244	Peynier	867643	1832648
3235	Peynier			3245	Peynier	867647	1832721
3277	Peynier			3248	Peynier	867672	1832467
3278	Peynier			3250	Peynier	867680	1832783
3293	Peynier			3247	Peynier	867684	1832754
3294	Peynier			3455	Peynier	867695	1832973
3295	Peynier			3243	Peynier	867705	1832725
3296	Peynier			3449	Peynier	867712	1832628
3299	Peynier			3246	Peynier	867717	1832791
3438	Peynier			3251	Peynier	867717	1832750
3442	Peynier			3457	Peynier	867727	1833040
3443	Peynier			3298	Peynier	867754	1832844
3444	Peynier			3456	Peynier	867754	1832803
3452	Peynier			3290	Peynier	867762	1832971
3453	Peynier			3289	Peynier	867783	1832869
3480	Peynier			3297	Peynier	867860	1831914
3238	Peynier	863839	1832910	3459	Peynier	867960	1833010
3237	Peynier	863867	1833033	3458	Peynier	868014	1832904
3236	Peynier	864043	1832928	3281	Peynier	868074	1833074
3215	Peynier	864519	1832783	3282	Peynier	868082	1833021
3217	Peynier	864544	1832680	3274	Peynier	868106	1833062

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône

Numéro de dossier BRGM	Commune	Coordonnées X (m) Lambert II Carto	Coordonnées Y (m) Lambert II Carto	Numéro de dossier BRGM	Commune	Coordonnées X (m) Lambert II Carto	Coordonnées Y (m) Lambert II Carto
3218	Peynier	864548	1832717	4395	Plan-de-Cuques	852977	1820383
3273	Peynier	868115	1833111	4420	Plan-de-Cuques	853611	1820704
3272	Peynier	868147	1833070	4388	Plan-de-Cuques	853647	1821231
3292	Peynier	868156	1832889	4442	Plan-de-Cuques	853647	1821782
3268	Peynier	868233	1833271	4413	Plan-de-Cuques	853651	1821833
3239	Peynier	868246	1832840	4385	Plan-de-Cuques	853659	1822007
3451	Peynier	868260	1833273	4412	Plan-de-Cuques	853659	1821976
3265	Peynier	868266	1833250	4392	Plan-de-Cuques	853671	1821964
3266	Peynier	868278	1833291	4390	Plan-de-Cuques	853679	1821845
3240	Peynier	868283	1832791	4426	Plan-de-Cuques	853695	1821972
3267	Peynier	868287	1833222	133	Plan-de-Cuques	853704	1820895
3270	Peynier	868311	1833263	4434	Plan-de-Cuques	853711	1821853
3264	Peynier	868315	1833181	4402	Plan-de-Cuques	853730	1821738
3263	Peynier	868336	1833201	4417	Plan-de-Cuques	853730	1822015
3450	Peynier	868357	1833237	3132	Plan-de-Cuques	853732	1821779
3261	Peynier	868361	1833193	4444	Plan-de-Cuques	853762	1822035
3445	Peynier	868381	1832802	2767	Plan-de-Cuques	853787	1822103
3269	Peynier	868381	1833230	4393	Plan-de-Cuques	853841	1821572
3262	Peynier	868389	1833213	4410	Plan-de-Cuques	853849	1821813
3098	Peynier	868391	1833283	4423	Plan-de-Cuques	853853	1821429
3446	Peynier	868435	1832800	4431	Plan-de-Cuques	853855	1822760
557	Peypin	860409	1826400	4386	Plan-de-Cuques	853877	1822186
565	Peypin	860409	1826400	4401	Plan-de-Cuques	853881	1822225
564	Peypin	860472	1826394	4405	Plan-de-Cuques	853901	1822487
566	Peypin	860497	1826261	4440	Plan-de-Cuques	853901	1822083
555	Peypin	860624	1826351	4433	Plan-de-Cuques	853905	1821877
558	Peypin	860624	1826351	134	Plan-de-Cuques	853920	1822495
559	Peypin	860624	1826351	137	Plan-de-Cuques	853920	1822495
560	Peypin	860624	1826351	4403	Plan-de-Cuques	853928	1822495
561	Peypin	860624	1826351	4439	Plan-de-Cuques	853928	1821908
562	Peypin	860624	1826351	4416	Plan-de-Cuques	853960	1822936
563	Peypin	860624	1826351	4424	Plan-de-Cuques	853964	1822384
556	Peypin	860735	1826605	4407	Plan-de-Cuques	853984	1822804
578	Peypin	861949	1823867	136	Plan-de-Cuques	853990	1821986
577	Peypin	862182	1823268	4406	Plan-de-Cuques	854008	1821916
549	Peypin	862268	1825867	4383	Plan-de-Cuques	854035	1821900
594	Peypin	862380	1827366	4441	Plan-de-Cuques	854033	1821996
595	Peypin	863290	1825285	4430	Plan-de-Cuques	854043	1822071
596	Peypin	863340	1825142	4418	Plan-de-Cuques	854051	1822035
581	Peypin	863426	1825261	4384	Plan-de-Cuques	854059	1822103
570	Peypin	863449	1825984	4432	Plan-de-Cuques	854067	1821484
567	Peypin	863541	1826123	4429	Plan-de-Cuques	854103	1822578
568	Peypin	863541	1826123	4396	Plan-de-Cuques	854123	1822328
3099	Peypin	863544	1825399	4394	Plan-de-Cuques	854134	1822820
579	Peypin	863565	1825327	4400	Plan-de-Cuques	854134	1820862
582	Peypin	863565	1825327	4389	Plan-de-Cuques	854138	1822348
583	Peypin	863565	1825327	715	Plan-de-Cuques	854156	1822474
588	Peypin	863565	1825242	4425	Plan-de-Cuques	854158	1822808
593	Peypin	863603	1825055	4437	Plan-de-Cuques	854198	1822400
580	Peypin	863620	1825341	4422	Plan-de-Cuques	854202	1822344
584	Peypin	863620	1825341	135	Plan-de-Cuques	854211	1822459
585	Peypin	863620	1825341	4438	Plan-de-Cuques	854222	1822527
586	Peypin	863620	1825341	138	Plan-de-Cuques	854226	1822823
587	Peypin	863620	1825341	4428	Plan-de-Cuques	854234	1822392
597	Peypin	863668	1825158	4408	Plan-de-Cuques	854253	1822523
589	Peypin	863750	1826089	4427	Plan-de-Cuques	854261	1822439
571	Peypin	863815	1826451	4435	Plan-de-Cuques	854277	1822475
573	Peypin	863815	1826451	4387	Plan-de-Cuques	854285	1822519
575	Peypin	863815	1826451	4409	Plan-de-Cuques	854285	1822368
590	Peypin	863832	1825138	3101	Plan-de-Cuques	854323	1822550
591	Peypin	863832	1825138	4399	Plan-de-Cuques	854333	1822269
592	Peypin	863847	1825026	4414	Plan-de-Cuques	854479	1821100
589	Peypin	863905	1825088	4436	Plan-de-Cuques	854570	1822154
572	Peypin	863961	1826401	4421	Plan-de-Cuques	854602	1822170
574	Peypin	863961	1826401	4404	Plan-de-Cuques	854638	1822174
576	Peypin	864050	1826272	4397	Plan-de-Cuques	854689	1822182
3100	Peypin	864058	1826310	132	Plan-de-Cuques	854732	1822001
550	Peypin	864092	1825931	680	Plan-de-Cuques	854732	1822001
551	Peypin	864092	1825831	4382	Plan-de-Cuques	853564	1821730
552	Peypin	864092	1825831	2218	Port-de-Bouc		
553	Peypin	864092	1825831	2156	Port-de-Bouc	813997	1828638
554	Peypin	864092	1825831	2163	Port-de-Bouc	814072	1828613
684	Peypin	864187	1825939	2155	Port-de-Bouc	814115	1828660
2765	Peypin	864730	1825064	2154	Port-de-Bouc	814193	1828628
3271	Peynier	868110	1833090	2226	Port-de-Bouc	814314	1828864
4415	Plan-de-Cuques	853001	1820411	2227	Port-de-Bouc	814314	1826800
4443	Plan-de-Cuques	853005	1820371	2225	Port-de-Bouc	814371	1826180
4411	Plan-de-Cuques	853187	1819923	663	Port-de-Bouc	814404	1827704
4419	Plan-de-Cuques	853255	1820407	2224	Port-de-Bouc	814414	1826115
4391	Plan-de-Cuques	853417	1820468	2229	Port-de-Bouc	814461	1826091
4398	Plan-de-Cuques	853497	1820672	2228	Port-de-Bouc	814493	1826746

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône

Numéro de dossier Brgm	Commune	Coordonnées X (m) Lambert II Carto	Coordonnées Y (m) Lambert II Carto	Numéro de dossier Brgm	Commune	Coordonnées X (m) Lambert II Carto	Coordonnées Y (m) Lambert II Carto
2197	Port-de-Bouc			2221	Port-de-Bouc	814514	1826279
2222	Port-de-Bouc	814514	1826388	2184	Port-de-Bouc	816460	1827124
2157	Port-de-Bouc	814550	1827512	2202	Port-de-Bouc	816381	1826675
2159	Port-de-Bouc	814571	1827583	3585	Puylobier	866792	1841738
2158	Port-de-Bouc	814614	1827576	3586	Puylobier	867602	1842028
2223	Port-de-Bouc	814689	1826326	3684	Puylobier	867651	1838913
2163	Port-de-Bouc	814870	1827057	3683	Puylobier	867672	1838909
2166	Port-de-Bouc	815088	1826963	3588	Puylobier	868010	1841703
2169	Port-de-Bouc	815102	1827306	3587	Puylobier	868065	1841655
2165	Port-de-Bouc	815127	1827377	3680	Puylobier	868883	1839038
2164	Port-de-Bouc	815166	1827452	3681	Puylobier	868887	1839073
2167	Port-de-Bouc	815177	1827341	3682	Puylobier	868906	1839066
2162	Port-de-Bouc	815198	1827487	3617	Puylobier	869371	1841820
2161	Port-de-Bouc	815269	1827477	3615	Puylobier	869400	1841745
2168	Port-de-Bouc	815277	1827227	3605	Puylobier	869417	1841348
2160	Port-de-Bouc	815334	1827519	3594	Puylobier	869428	1841041
2219	Port-de-Bouc	815380	1826735	3619	Puylobier	869435	1841763
2170	Port-de-Bouc	815391	1827163	3598	Puylobier	869446	1841091
2220	Port-de-Bouc	815412	1826336	3618	Puylobier	869457	1841813
665	Port-de-Bouc	815420	1826729	3595	Puylobier	869464	1841116
666	Port-de-Bouc	815420	1826729	3606	Puylobier	869478	1841312
2185	Port-de-Bouc	815462	1827405	3616	Puylobier	869483	1841720
2171	Port-de-Bouc	815465	1827263	3596	Puylobier	869500	1841069
2175	Port-de-Bouc	815480	1827234	3597	Puylobier	869546	1841105
2187	Port-de-Bouc	815480	1827359	3599	Puylobier	869550	1841219
2218	Port-de-Bouc	815490	1826942	3602	Puylobier	869557	1841309
2195	Port-de-Bouc	815497	1827334	3609	Puylobier	869568	1841463
2208	Port-de-Bouc	815512	1826848	3592	Puylobier	869671	1841008
677	Port-de-Bouc	815517	1827212	3593	Puylobier	869571	1841062
789	Port-de-Bouc	815517	1827212	3601	Puylobier	869589	1841262
783	Port-de-Bouc	815517	1827212	3603	Puylobier	869603	1841348
794	Port-de-Bouc	815517	1827212	3600	Puylobier	869632	1841244
795	Port-de-Bouc	815517	1827212	3604	Puylobier	869636	1841373
2172	Port-de-Bouc	815522	1827270	3607	Puylobier	869646	1841473
2174	Port-de-Bouc	815547	1827224	3608	Puylobier	869682	1841466
2209	Port-de-Bouc	815547	1826679	3610	Puylobier	869721	1841480
2210	Port-de-Bouc	815547	1826618	3611	Puylobier	869789	1841498
796	Port-de-Bouc	815548	1826670	3612	Puylobier	869814	1841541
2213	Port-de-Bouc	815583	1826543	3613	Puylobier	869854	1841577
797	Port-de-Bouc	815584	1826599	3625	Puylobier	869890	1841684
798	Port-de-Bouc	815584	1826599	3614	Puylobier	869893	1841806
2179	Port-de-Bouc	815590	1827594	3590	Puylobier	869915	1840790
2176	Port-de-Bouc	815601	1827224	3623	Puylobier	869925	1841509
2211	Port-de-Bouc	815608	1826379	3624	Puylobier	869925	1841556
2214	Port-de-Bouc	815611	1826664	3581	Puylobier	869932	1840822
2177	Port-de-Bouc	815704	1827277	3626	Puylobier	869947	1841745
2178	Port-de-Bouc	815711	1827327	3622	Puylobier	869961	1841534
2205	Port-de-Bouc	815715	1826415	3589	Puylobier	869968	1840797
2215	Port-de-Bouc	815747	1826710	3627	Puylobier	869983	1841781
2181	Port-de-Bouc	815772	1827434	3621	Puylobier	869986	1841470
2206	Port-de-Bouc	815793	1826743	3620	Puylobier	870036	1841459
2180	Port-de-Bouc	815797	1827377	3628	Puylobier	870058	1841752
2212	Port-de-Bouc	815818	1826788	3631	Puylobier	870075	1841891
2207	Port-de-Bouc	815829	1826778	690	Puylobier	870103	1841717
2217	Port-de-Bouc	815850	1826807	3638	Puylobier	870126	1841838
2196	Port-de-Bouc	815918	1827758	3630	Puylobier	870129	1841666
2182	Port-de-Bouc	815971	1827248	3678	Puylobier	870133	1839270
787	Port-de-Bouc	815977	1827233	3679	Puylobier	870140	1839313
788	Port-de-Bouc	815977	1827233	3629	Puylobier	870158	1841727
790	Port-de-Bouc	815977	1827233	3639	Puylobier	870188	1841824
791	Port-de-Bouc	815977	1827233	3632	Puylobier	870190	1841681
2191	Port-de-Bouc	815979	1827213	3633	Puylobier	870197	1841623
2183	Port-de-Bouc	816028	1827227	3635	Puylobier	870236	1841706
2203	Port-de-Bouc	816046	1827316	3634	Puylobier	870247	1841634
2199	Port-de-Bouc	816093	1827038	689	Puylobier	870276	1841662
2200	Port-de-Bouc	816114	1827377	3636	Puylobier	870322	1841749
2192	Port-de-Bouc	816143	1827380	3637	Puylobier	870369	1841731
792	Port-de-Bouc	816144	1827368	3676	Puylobier	870405	1839474
2201	Port-de-Bouc	816246	1827778	3675	Puylobier	870419	1839496
2204	Port-de-Bouc	816264	1827705	3677	Puylobier	870440	1839542
2190	Port-de-Bouc	816267	1827690	3690	Puylobier	870465	1841918
2173	Port-de-Bouc	816278	1827719	3640	Puylobier	870498	1841641
2193	Port-de-Bouc	816296	1827694	3689	Puylobier	870530	1841954
2186	Port-de-Bouc	816299	1827505	3688	Puylobier	870580	1841926
2198	Port-de-Bouc	816303	1827733	3687	Puylobier	870594	1841886
784	Port-de-Bouc	816304	1827721	3653	Puylobier	870658	1841888
785	Port-de-Bouc	816304	1827721	3686	Puylobier	870669	1841854
786	Port-de-Bouc	816304	1827721	3652	Puylobier	870691	1841842
2188	Port-de-Bouc	816306	1827687	3650	Puylobier	870705	1841956
2189	Port-de-Bouc	816310	1827722	3685	Puylobier	870723	1841899
2184	Port-de-Bouc	816310	1827701	3641	Puylobier	870751	1841584

Cartographie de l'aéa retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône

Numéro de dossier BRGM	Commune	Coordonnées X (m) Lambert II Carto	Coordonnées Y (m) Lambert II Carto	Numéro de dossier BRGM	Commune	Coordonnées X (m) Lambert II Carto	Coordonnées Y (m) Lambert II Carto
3584	Puyoubier	868688	1841724	3350	Rognac	832905	1838298
3642	Puyoubier	870777	1841823	1891	Rognac	833634	1838739
3643	Puyoubier	870823	1841556	1083	Rognac	833641	1838861
3644	Puyoubier	870841	1841602	3355	Rognac	833644	1838408
3645	Puyoubier	870912	1841834	1842	Rognac	833658	1838623
3646	Puyoubier	870962	1841883	3339	Rognac	833662	1839136
3664	Puyoubier	871045	1842013	1050	Rognac	833718	1838590
3663	Puyoubier	871063	1841942	1858	Rognac	833723	1838582
3661	Puyoubier	871073	1841974	1888	Rognac	833750	1838627
3662	Puyoubier	871080	1841917	3359	Rognac	833785	1838287
3660	Puyoubier	871098	1842024	1874	Rognac	833787	1838599
3657	Puyoubier	871116	1841920	659	Rognac	833835	1838743
3658	Puyoubier	871120	1841963	1047	Rognac	833895	1835784
3656	Puyoubier	871127	1841881	3360	Rognac	833903	1836388
3659	Puyoubier	871127	1842003	1873	Rognac	833905	1836421
3647	Puyoubier	871188	1841377	1844	Rognac	833926	1836393
3648	Puyoubier	871227	1841355	1869	Rognac	833939	1836424
3654	Puyoubier	871252	1841953	3362	Rognac	833948	1835819
3655	Puyoubier	871281	1841974	3354	Rognac	833968	1838762
3649	Puyoubier	871295	1841330	1870	Rognac	833974	1835752
3674	Puyoubier	871814	1839510	1044	Rognac	834032	1836539
3672	Puyoubier	871842	1839488	1852	Rognac	834045	1836559
3673	Puyoubier	871864	1839535	1879	Rognac	834068	1836545
3665	Puyoubier	872819	1840737	3358	Rognac	834118	1836470
3666	Puyoubier	872826	1840783	3381	Rognac	834219	1835977
3667	Puyoubier	872887	1840830	1855	Rognac	834223	1838283
3669	Puyoubier	873108	1840089	1843	Rognac	834234	1838250
3670	Puyoubier	873151	1840053	3363	Rognac	834271	1835633
3671	Puyoubier	873273	1840046	3357	Rognac	834346	1836937
3668	Puyoubier	873305	1840075	1045	Rognac	834367	1836220
3651	Puyoubier	870769	1841945	1019	Rognac	834368	1836088
1015	Rognac	832929	1839084	1020	Rognac	834368	1836088
1055	Rognac	832929	1839084	1021	Rognac	834368	1836088
1064	Rognac	832959	1838695	1046	Rognac	834368	1836088
3343	Rognac	832968	1839138	3356	Rognac	834394	1837411
3344	Rognac	832968	1838912	1022	Rognac	834443	1836904
1878	Rognac	833054	1838426	1023	Rognac	834492	1836898
1053	Rognac	833055	1838985	3387	Rognac	834514	1836571
1889	Rognac	833070	1838456	3017	Rognac	834584	1836911
3349	Rognac	833078	1838296	1882	Rognac	834607	1836362
3346	Rognac	833141	1838684	1836	Rognac	834621	1836338
3345	Rognac	833156	1838654	1883	Rognac	834626	1836374
3347	Rognac	833168	1838694	1846	Rognac	834631	1836797
1828	Rognac	833191	1838727	1830	Rognac	834633	1836350
1829	Rognac	833198	1838627	1854	Rognac	834635	1836322
1054	Rognac	833208	1838718	1017	Rognac	834649	1836344
1886	Rognac	833207	1838099	669	Rognac	834669	1836379
1887	Rognac	833217	1838378	3009	Rognac	834671	1835992
1056	Rognac	833230	1838510	1042	Rognac	834684	1836345
1067	Rognac	833230	1838510	1033	Rognac	834720	1835849
1859	Rognac	833239	1838575	1014	Rognac	834772	1836183
1834	Rognac	833248	1838416	3102	Rognac	834776	1836726
1866	Rognac	833256	1839080	1823	Rognac	834779	1836147
1080	Rognac	833259	1839080	3372	Rognac	834780	1836350
1052	Rognac	833279	1838601	1867	Rognac	834793	1835909
3348	Rognac	833306	1838734	3371	Rognac	834805	1836503
1860	Rognac	833343	1838447	1871	Rognac	834809	1836056
1848	Rognac	833350	1838910	3104	Rognac	834822	1836041
1853	Rognac	833359	1839038	1840	Rognac	834825	1837031
1849	Rognac	833361	1838933	1841	Rognac	834827	1837047
3341	Rognac	833379	1839153	1034	Rognac	834828	1836011
1847	Rognac	833397	1839035	1864	Rognac	834845	1836243
1062	Rognac	833406	1838883	1036	Rognac	834856	1835998
1048	Rognac	833414	1838736	2129	Rognac	834856	1836118
3342	Rognac	833416	1838978	1868	Rognac	834859	1837109
3351	Rognac	833431	1838396	1839	Rognac	834865	1835904
1016	Rognac	833433	1838714	1031	Rognac	834869	1835851
3340	Rognac	833441	1839075	3103	Rognac	834873	1836594
1061	Rognac	833457	1839023	3364	Rognac	834873	1837190
1826	Rognac	833494	1838753	1035	Rognac	834875	1836045
3352	Rognac	833509	1838606	3383	Rognac	834875	1836723
1059	Rognac	833519	1838900	1827	Rognac	834882	1837263
1051	Rognac	833532	1838710	1837	Rognac	834889	1836286
1861	Rognac	833533	1838155	3374	Rognac	834898	1836102
1058	Rognac	833536	1838934	1863	Rognac	834909	1836319
1835	Rognac	833537	1839114	1024	Rognac	834931	1836257
1850	Rognac	833539	1838642	1862	Rognac	834937	1835866
1824	Rognac	833550	1838891	3382	Rognac	834938	1836713
1876	Rognac	833557	1838625	1857	Rognac	834939	1835861
3353	Rognac	833572	1838729	1858	Rognac	834956	1835918
1065	Rognac	833579	1839192	678	Rognac	834961	1836146

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône

Numéro de dossier Brgm	Commune	Coordonnées X (m) Lambert II Carto	Coordonnées Y (m) Lambert II Carto	Numéro de dossier Brgm	Commune	Coordonnées X (m) Lambert II Carto	Coordonnées Y (m) Lambert II Carto
1877	Rognac	833809	1838170	1039	Rognac	834963	1835548
1851	Rognac	834972	1836390	1041	Rognac	835509	1837147
3369	Rognac	834973	1836711	3377	Rognac	835603	1835829
3375	Rognac	834986	1836019	1875	Rognac	835814	1836870
3381	Rognac	834993	1835703	2770	Rognes	846616	1853464
1026	Rognac	835006	1836330	1524	Roquefort-la-Bédoule	863754	1810248
3380	Rognac	835008	1835748	3064	Roquefort-la-Bédoule	863758	1810290
3386	Rognac	835011	1835237	1530	Roquefort-la-Bédoule	863763	1810303
1831	Rognac	835012	1836315	1525	Roquefort-la-Bédoule	863777	1810389
1880	Rognac	835015	1836545	1531	Roquefort-la-Bédoule	863777	1810287
1025	Rognac	835019	1836254	1529	Roquefort-la-Bédoule	863795	1810296
1832	Rognac	835024	1836253	3118	Roquefort-la-Bédoule	863849	1810281
1011	Rognac	835028	1836301	3065	Roquefort-la-Bédoule	863897	1810218
1043	Rognac	835033	1835210	1536	Roquefort-la-Bédoule	863897	1810289
1833	Rognac	835039	1836232	1535	Roquefort-la-Bédoule	863916	1810312
721	Rognac	835041	1835562	1539	Roquefort-la-Bédoule	863918	1810268
1032	Rognac	835045	1835807	1534	Roquefort-la-Bédoule	863927	1810289
3385	Rognac	835046	1835262	1533	Roquefort-la-Bédoule	863943	1810322
1881	Rognac	835048	1836526	1532	Roquefort-la-Bédoule	863962	1810287
1825	Rognac	835050	1835589	1547	Roquefort-la-Bédoule	863976	1810259
3384	Rognac	835059	1835229	1540	Roquefort-la-Bédoule	863987	1810275
1028	Rognac	835068	1836060	1549	Roquefort-la-Bédoule	864068	1810278
1029	Rognac	835068	1836060	1538	Roquefort-la-Bédoule	864115	1810206
3373	Rognac	835068	1836192	1537	Roquefort-la-Bédoule	864117	1810333
1838	Rognac	835074	1836428	1526	Roquefort-la-Bédoule	864140	1810153
1885	Rognac	835077	1836239	4091	Roquefort-la-Bédoule	864167	1810316
3376	Rognac	835079	1835979	2798	Roquefort-la-Bédoule	864205	1810492
1890	Rognac	835095	1835684	1528	Roquefort-la-Bédoule	864216	1810199
3370	Rognac	835101	1836516	4099	Roquefort-la-Bédoule	864225	1810344
1030	Rognac	835114	1835813	1546	Roquefort-la-Bédoule	864233	1810377
1885	Rognac	835117	1835745	4106	Roquefort-la-Bédoule	864237	1810251
1872	Rognac	835119	1836559	1527	Roquefort-la-Bédoule	864240	1810224
1040	Rognac	835144	1835565	4103	Roquefort-la-Bédoule	864260	1810268
3379	Rognac	835161	1835831	4102	Roquefort-la-Bédoule	864262	1810370
1027	Rognac	835192	1835883	4105	Roquefort-la-Bédoule	864272	1810310
3365	Rognac	835244	1837243	4097	Roquefort-la-Bédoule	864283	1810233
674	Rognac	835257	1836121	4098	Roquefort-la-Bédoule	864321	1810188
1037	Rognac	835270	1835090	4109	Roquefort-la-Bédoule	864363	1810198
3368	Rognac	835277	1836984	4104	Roquefort-la-Bédoule	864391	1810217
1845	Rognac	835307	1835643	4108	Roquefort-la-Bédoule	864437	1810168
3366	Rognac	835314	1837343	4093	Roquefort-la-Bédoule	864483	1810389
3387	Rognac	835374	1837308	4100	Roquefort-la-Bédoule	864488	1810523
3378	Rognac	835392	1835974	4095	Roquefort-la-Bédoule	864497	1810202

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône

Numéro de dossier Brgm	Commune	Coordonnées X (m) Lambert II Carto	Coordonnées Y (m) Lambert II Carto	Numéro de dossier Brgm	Commune	Coordonnées X (m) Lambert II Carto	Coordonnées Y (m) Lambert II Carto
1524	Roquefort-la-Bédoule	863754	1810248	1387	Rousset	866058	1836668
3064	Roquefort-la-Bédoule	863758	1810290	1389	Rousset	866058	1836668
4107	Roquefort-la-Bédoule	864637	1810095	1390	Rousset	866058	1836668
670	Roquefort-la-Bédoule	864659	1810474	1391	Rousset	866058	1836668
1548	Roquefort-la-Bédoule	864739	1810259	1392	Rousset	866058	1836668
1541	Roquefort-la-Bédoule	864917	1810125	1393	Rousset	866058	1836668
2758	Roquefort-la-Bédoule	864928	1810433	1398	Rousset	864580	1837007
1542	Roquefort-la-Bédoule	864941	1810102	1395	Rousset	864900	1836704
1545	Roquefort-la-Bédoule	864994	1810130	1394	Rousset	866058	1836668
4092	Roquefort-la-Bédoule	865047	1810482	1396	Rousset	866058	1836668
4094	Roquefort-la-Bédoule	865474	1810675	1397	Rousset	866058	1836668
4096	Roquefort-la-Bédoule	864518	1810535	3019	Rousset	866100	1836770
4101	Roquefort-la-Bédoule	864542	1810317	1388	Rousset	866129	1836295
200	Roquevaire	862945	1820360	1971	Rousset	866179	1836690
201	Roquevaire	863010	1820113	1402	Rousset	866500	1836835
2331	Roquevaire	863302	1821004	1972	Rousset	866632	1837040
2328	Roquevaire	863354	1820893	1970	Rousset	867727	1836438
2349	Roquevaire	863499	1821292	1382	Rousset	867783	1836537
2351	Roquevaire	863508	1821411	1403	Rousset	867826	1837142
2334	Roquevaire	863525	1821333	1969	Rousset	867836	1836717
2342	Roquevaire	863551	1821279	1381	Rousset	867843	1836712
2346	Roquevaire	863571	1821238	4038	Saint-Cannat	838816	1849972
2356	Roquevaire	863597	1821352	4128	Saint-Cannat	839112	1852026
2352	Roquevaire	863627	1820941	4125	Saint-Cannat	839527	1851403
2347	Roquevaire	863640	1821216	4127	Saint-Cannat	839994	1851362
2332	Roquevaire	863642	1820876	3488	Saint-Savournin		
667	Roquevaire	863744	1821395	3491	Saint-Savournin		
2337	Roquevaire	864151	1820867	1111	Saint-Savournin	858559	1828250
3130	Roquevaire	864395	1820637	1112	Saint-Savournin	858559	1828250
2321	Roquevaire	864405	1821409	1101	Saint-Savournin	858759	1827929
2330	Roquevaire	864521	1820300	3489	Saint-Savournin	858807	1827933
2322	Roquevaire	864558	1820335	3490	Saint-Savournin	858830	1828710
2338	Roquevaire	864562	1820807	1102	Saint-Savournin	858839	1827889
2350	Roquevaire	864562	1820781	1109	Saint-Savournin	858858	1828692
2327	Roquevaire	864567	1820306	1110	Saint-Savournin	858858	1828692
2339	Roquevaire	864567	1820644	1113	Saint-Savournin	859105	1828544
2329	Roquevaire	864591	1820278	3492	Saint-Savournin	859316	1827546
2336	Roquevaire	864641	1819865	1114	Saint-Savournin	859461	1828546
2340	Roquevaire	864645	1819813	1103	Saint-Savournin	859623	1827912
2326	Roquevaire	864649	1819919	1104	Saint-Savournin	859689	1827889
2323	Roquevaire	864656	1819975	1105	Saint-Savournin	859689	1827889
2318	Roquevaire	864658	1820029	3495	Saint-Savournin	859677	1827944
2320	Roquevaire	864660	1819999	3493	Saint-Savournin	860292	1827970
2335	Roquevaire	864667	1819949	3494	Saint-Savournin	860325	1828029
2355	Roquevaire	864731	1820772	1106	Saint-Savournin	860354	1827977
2325	Roquevaire	864760	1822197	2756	Saint-Savournin	860386	1828014
2341	Roquevaire	864835	1822201	1107	Saint-Savournin	860440	1827990
2333	Roquevaire	865013	1822132	1108	Saint-Savournin	860440	1827990
2354	Roquevaire	865080	1819533	3496	Saint-Savournin	860597	1827885
686	Roquevaire	865266	1821965	2921	Saint-Victoret	834771	1828048
2319	Roquevaire	865370	1821396	2925	Saint-Victoret	834800	1828014
2344	Roquevaire	865479	1821171	2933	Saint-Victoret	834800	1828240
2348	Roquevaire	865515	1821231	2947	Saint-Victoret	834810	1827970
2345	Roquevaire	865736	1821465	2926	Saint-Victoret	834829	1827975
2343	Roquevaire	865795	1821433	2922	Saint-Victoret	834863	1827956
2353	Roquevaire	866059	1821508	2923	Saint-Victoret	834892	1827927
2324	Roquevaire	867252	1820783	2924	Saint-Victoret	834954	1827936
3105	Rousset	865327	1836352	2934	Saint-Victoret	835012	1828601
1399	Rousset	865574	1837082	2929	Saint-Victoret	835036	1828240
2764	Rousset	865642	1836955	2946	Saint-Victoret	835065	1828120
1974	Rousset	865703	1836827	2948	Saint-Victoret	835224	1828288
1384	Rousset	865882	1836370	2945	Saint-Victoret	835576	1828216
1385	Rousset	865882	1836370	3057	Saint-Victoret	835766	1828484
1404	Rousset	865896	1836561	3058	Saint-Victoret	835798	1828189
1400	Rousset	865962	1837115	2941	Saint-Victoret	835845	1828601
1390	Rousset	866058	1836668	2942	Saint-Victoret	835937	1828365
1383	Rousset	866058	1836668	523	Saint-Victoret	835971	1828128
1388	Rousset	866058	1836668	521	Saint-Victoret	835974	1828100

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône

Numéro de dossier BRGM	Commune	Coordonnées X (m) Lambert II Carto	Coordonnées Y (m) Lambert II Carto	Numéro de dossier BRGM	Commune	Coordonnées X (m) Lambert II Carto	Coordonnées Y (m) Lambert II Carto
333	Ventabren	837799	1842092	323	Ventabren	837729	1843001
349	Ventabren	838104	1842195	3334	Ventabren	837781	1843008
3336	Ventabren	838179	1842934	3178	Vitrolles	834891	1831693
3327	Ventabren	838186	1842499	3193	Vitrolles	835388	1833495
1646	Ventabren	838231	1842502	3198	Vitrolles	835412	1833481
3337	Ventabren	838236	1842934	3194	Vitrolles	835420	1833538
327	Ventabren	838314	1842495	3183	Vitrolles	835426	1833517
3326	Ventabren	838395	1842853	3189	Vitrolles	835432	1833362
3335	Ventabren	838807	1841653	3190	Vitrolles	835436	1833505
3329	Ventabren	839005	1843147	3191	Vitrolles	835436	1833536
347	Ventabren	839010	1842607	3187	Vitrolles	835445	1833372
331	Ventabren	839024	1843027	3184	Vitrolles	835449	1833493
350	Ventabren	839177	1841938	3185	Vitrolles	835449	1833520
332	Ventabren	839297	1843965	3192	Vitrolles	835449	1833505
3116	Ventabren	839384	1842574	3197	Vitrolles	835451	1833481
348	Ventabren	839403	1842341	3196	Vitrolles	835453	1833469
3115	Ventabren	839434	1842583	3195	Vitrolles	835461	1833532
343	Ventabren	839485	1842606	3186	Vitrolles	835465	1833485
341	Ventabren	839489	1843356	3188	Vitrolles	835465	1833384
326	Ventabren	839614	1842713	3139	Vitrolles	836085	1832495
337	Ventabren	839614	1842713	3143	Vitrolles	836255	1832264
338	Ventabren	839614	1842713	3182	Vitrolles	836437	1831807
3307	Ventabren	839727	1842503	3161	Vitrolles	836447	1831793
321	Ventabren	839755	1842310	3181	Vitrolles	836576	1831701
346	Ventabren	839755	1842310	3177	Vitrolles	836582	1831737
329	Ventabren	839783	1842466	3199	Vitrolles	836597	1831714
325	Ventabren	839793	1842063	3180	Vitrolles	836861	1830669
3338	Ventabren	839865	1842263	3149	Vitrolles	836918	1830621
320	Ventabren	839896	1842270	3146	Vitrolles	836922	1830629
345	Ventabren	839896	1842270	3137	Vitrolles	836936	1830639
3007	Ventabren	839926	1842296	3164	Vitrolles	836944	1830595
3312	Ventabren	839956	1842675	3175	Vitrolles	836958	1830582
322	Ventabren	840009	1842654	3160	Vitrolles	836964	1830589
324	Ventabren	840009	1842654	3165	Vitrolles	836971	1830577
328	Ventabren	840009	1842654	3154	Vitrolles	836975	1830507
330	Ventabren	840009	1842654	3138	Vitrolles	836977	1830583
340	Ventabren	840009	1842654	3142	Vitrolles	836985	1830569
3311	Ventabren	840010	1842583	3141	Vitrolles	836987	1830621
3310	Ventabren	840023	1842226	3148	Vitrolles	836987	1830609
339	Ventabren	840037	1842433	3155	Vitrolles	836987	1830635
3308	Ventabren	840054	1842614	3166	Vitrolles	836987	1830599
319	Ventabren	840189	1842243	3172	Vitrolles	836989	1830623
3306	Ventabren	840216	1842256	3171	Vitrolles	836993	1830647
3304	Ventabren	840226	1842280	3153	Vitrolles	836995	1830605
3317	Ventabren	840320	1843501	3168	Vitrolles	836997	1830587
3315	Ventabren	840458	1843487	3150	Vitrolles	836999	1830623
3330	Ventabren	840637	1841046	3159	Vitrolles	837001	1830655
3321	Ventabren	840816	1842540	3163	Vitrolles	837005	1830599
3117	Ventabren	840854	1842540	3145	Vitrolles	837007	1830641
3323	Ventabren	840863	1842573	3157	Vitrolles	837007	1830633
3333	Ventabren	841274	1842961	3158	Vitrolles	837007	1830615
334	Ventabren	841321	1842936	3176	Vitrolles	837007	1830662
335	Ventabren	841321	1842936	3144	Vitrolles	837013	1830605
342	Ventabren	841321	1842936	3170	Vitrolles	837013	1830649
336	Ventabren	841802	1842600	3147	Vitrolles	837017	1830627
208	Ventabren	841862	1842838	3167	Vitrolles	837021	1830635
344	Ventabren	841862	1842838	3152	Vitrolles	837023	1830649
3319	Ventabren	842202	1841252	3156	Vitrolles	837023	1830613
3318	Ventabren	843254	1841693	3140	Vitrolles	837037	1830635
3316	Ventabren			3162	Vitrolles	837037	1830619
3320	Ventabren			3179	Vitrolles	837157	1830410
3322	Ventabren			3151	Vitrolles	837163	1830423
3324	Ventabren			3136	Vitrolles	837173	1830397
3325	Ventabren			3169	Vitrolles	837175	1830413
3328	Ventabren			3200	Vitrolles	837177	1830423
3331	Ventabren			3173	Vitrolles	837187	1830403
3332	Ventabren			3174	Vitrolles	837338	1830350
3313	Ventabren	837336	1842587	3135	Vitrolles	837531	1829969
3314	Ventabren	837387	1842523				

Annexe 4 : Répartition de la superficie de chaque commune suivant la classe d'aléa et rappel des données de base de la sinistralité

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône

Code Insee	Commune	Superficie totale de la commune (km²)	Superficie urbanisée (km²)	Nombre d'arrivées cat nat	Durée totale cat nat (années)	Nombre de sinistres recensés	Superficie aléa fort (%)	Superficie aléa moyen (%)	Superficie aléa faible (%)	Superficie aléa à priori nul (%)
13001	AIX-EN-PROVENCE	182,34	48,11	4	4,7	91			21,07%	4,47%
13002	ALLAUCH	30,48	8,54	3	6,5	75			33,94%	37,67%
13003	ALLERES	17,52	1,29			7			37,81%	91,21%
13004	ARLES	766,96	15,59						20,71%	17,06%
13005	ARNAVAZ	54,77	14,31	4	10,3	347			44,81%	25,87%
13006	AUBIÈLLE	21,58	0,93						46,23%	30,04%
13007	AUNOÏL	44,72	4,63			1			44,97%	45,34%
13008	AURONS	12,73	0,12						43,99%	33,29%
13009	LA BARBEN	23,08	0,76						32,21%	7,56%
13010	BARRENTANE	27,31	2,98			3			34,24%	6,79%
13011	LES BAUX-DE-PROVENCE	18,21	0,20						38,17%	46,07%
13012	BEAUREGARD	10,18	1,82						41,11%	41,29%
13013	BELLECONE	13,12	1,18	1	3,7	16			19,82%	12,25%
13014	BERRE-LE-CHÂTEAU	44,01	4,72	1	0,5	26			10,50%	12,61%
13015	BOUC-AUX-AYES	21,85	7,26	4	9,2	104			73,16%	7,99%
13016	LA BOULLAUSSE	12,74	3,38	3	6,5	104			19,27%	35,97%
13017	BOLAIGNON	15,38	3,89						49,49%	1,54%
13018	CAMARGES	15,50	1,47						67,14%	2,82%
13019	CARRIÈRE	35,94	5,93	3	4,7	18	100%		54,73%	1,30%
13020	CAULHIVE	4,24	1,17	2	4,9	130			11,47%	50,65%
13021	CARRY-LE-ROUET	10,11	3,19						57,54%	52,24%
13022	CASSIS	28,19	3,56			4			14,27%	49,46%
13023	CÉTYRÈSTE	20,19	2,19						11,38%	46,82%
13024	CHARLEVAT	14,26	1,11			1			75,73%	23,27%
13025	CHATEAUNEUF-LE-ROUGE	13,96	2,31	4	7,0	34	41,9%		31,67%	26,79%
13026	CHATEAUNEUF-LES-MARTIGUES	32,49	5,43	2		2		7,41%	45,99%	41,24%
13027	CHATEAURENAUD	26,58	12,39			1			46,07%	4,64%
13028	LA COTTE	33,13	10,66						33,79%	87,22%
13029	CORNILLON-CONFOLEX	14,98	0,81						52,50%	47,50%
13030	CUGES-LES-PINS	38,63	1,13						38,94%	84,31%
13031	LA DESTROUSSE	2,97	1,64	1	6,1	58			11,99%	15,54%
13032	FOUR-LES	34,34	6,23	2	6,7	65			47,20%	7,36%
13033	GRIVES-LE-REDONNE	26,06	2,25	3	5,7	46			40,27%	57,23%
13034	LYGALIERES	34,09	1,82						11,55%	21,63%
13035	LYGUERES	86,64	2,28						67,23%	27,77%
13036	LYRADIÈRE	20,63	4,76	3	3,0	20			38,43%	3,97%
13037	LA FAYE-LES-OLIVIERS	14,30	4,06	2	4,3	280			57,67%	34,99%
13038	FONTVIEILLE	40,48	2,63						17,29%	44,38%
13039	FOS-SUR-MER	89,03	3,23	1	3,7	4			49,44%	9,59%
13040	FUVEAU	35,23	0,94	2	9,3	28			24,38%	
13041	GARDANNE	27,35	5,46	2	5,3	1			12,79%	3,90%
13042	GENÈS	32,93	3,49	1	0,3	8			11,28%	87,97%
13043	GIGNAC-LA-NERTHE	8,57	4,78	3	16,2	158			68,97%	4,89%
13044	GRANS	27,77	2,91						64,00%	35,19%
13045	GRAVESON	23,75	2,40						62,55%	3,04%
13046	UREADOLE	6,23	2,00	3	9,4	26			8,25%	3,21%
13047	ISTRES	114,89	11,90			2			51,96%	12,51%
13048	JOUQUES	80,58	2,09						19,72%	23,89%
13049	LAMON	19,30	1,16						45,24%	41,79%
13050	LAMBESC	65,00	4,78						56,27%	37,87%
13051	LANÇON-PROVENCE	99,73	2,74	1	9,8	59			65,33%	23,69%
13052	MALLÈRE	18,89	0,68						100,00%	
13053	MALLESBERT	26,74	1,79						19,08%	19,76%
13054	MARIGNANE	20,53	6,15	3	6,2	130			60,99%	10,09%
13055	MARSEILLE	198,47	106,65	3	4,7	121			37,80%	46,65%
13056	MARTIGUES	74,68	14,39	7	9,3	70			11,81%	44,04%
13057	MAS-BLANC-DES-ALPILLES	1,91	0,22						19,37%	6,87%
13058	MAUSSANE-LES-ALPILLES	31,84	1,17						17,00%	39,36%
13059	MEYRARGUES	47,89	1,39						67,54%	12,67%
13060	MEYREUIL	20,21	5,71	3	4,2	44			67,37%	12,13%
13061	MEZCARQUES	4,28	0,22						65,94%	4,18%
13062	MIRAMET	18,91	3,34	3	9,5	62			15,61%	30,64%
13063	MIRAMIS	25,78	7,53						61,94%	49,03%
13064	MOLLEGES	14,28	1,05						100,00%	
13065	MOURÈS	38,37	2,05						51,99%	40,11%
13066	NOVES	26,91	3,54						99,42%	3,50%
13067	ORIGNON	35,64	1,32			1			65,41%	98,37%

Cartographie de l'état relatif-géométrique des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône

Code Insee	Commune	Superficie totale de la commune (km²)	Superficie urbanisée (km²)	Nombre d'habitat total	Superficie totale en ha (année)	Nombre de sondages recensés	Superficie sites fort (%)	Superficie sites moyen (%)	Superficie sites faible (%)	Superficie sites à priori nul (%)
13000	PARASOL	16,00	0,01						24,47%	55,40%
13003	PELISSANNE	12,14	4,33						10,90%	23,15%
13010	LA PENNE-SUR-LYVALENE	3,69	1,87	3	10,7	42			64,87%	57,57%
13071	LES PENNES-ABAZEAU	33,89	4,84	7	6,4	81			42,20%	37,21%
13072	PYTHON	24,82	3,94	5	4,7	123			27,44%	11,82%
13073	PEYRIE	13,48	2,22	2	1,0	53			74,70%	30,67%
13074	PEYROLLES-EN-PROVENCE	26,18	1,31						11,14%	47,56%
13075	PLAN DE COULES	9,84	2,89	1	4,1	71			21,20%	55,30%
13076	PLAN D'ORNON	19,07	1,27						10,64%	1,76%
13077	PORT DE SOUC	14,81	4,40	7	2,5	36			43,42%	50,71%
13078	PORT-SAINTE-CROIX-EN-RHONE	72,78	3,14						60,70%	18,30%
13079	PUYLUBERT	41,04	0,38			109			11,24%	13,66%
13080	LE PUY-SAINTE-REPARADE	65,05	1,75						9,10%	4,79%
13081	ROGNAC	17,73	4,42	3	8,7	199			39,70%	3,72%
13082	ROGNES	68,35	4,83			1			10,71%	41,05%
13083	ROGNONS	5,39	3,40						19,30%	1,20%
13084	LA ROCHE-DANTHERON	25,55	1,57	2	8,4	41			29,40%	10,52%
13085	ROQUEFORT-LA-MEDOUZE	9,36	1,80	1	0,8	49			16,30%	63,72%
13086	ROQUEVALE	21,00	0,70	1	4,7	44			44,50%	35,07%
13087	ROUSSET	18,94	2,95	3	3,3	32			27,60%	10,27%
13088	LE ROYE	23,31	1,05	4	6,2	70			15,81%	74,01%
13089	SAINTE-ANNE	19,27	0,94						100,00%	
13090	SAINTE-ANNE-SUR-BOUCH	12,53	0,30						100%	77,84%
13091	SAINTE-CATHERINE	22,36	0,71			4			77,10%	21,02%
13092	SAINTE-CHAPPE	26,90	0,39						11,71%	41,54%
13093	SAINTE-ETIENNE-JANSON	0,64	0,02						81,70%	12,00%
13094	SAINTE-ETIENNE-DU-CREUS	25,17	1,71						11,10%	39,00%
13095	SAINTE-ETIENNE-JURIEGARDE	23,40	1,34						42,10%	36,80%
13096	SAINTE-MARIE-DE-LA-MER	371,40	1,40						34,20%	44,70%
13097	SAINTE-MARTINE-DE-CRAU	215,22	4,38						31,10%	31,81%
13098	SAINTE-MARIE-LES-BEMPARTE	21,20	3,79						34,60%	43,87%
13099	SAINTE-PALLADE-DURANCE	45,90	1,40						62,71%	18,20%
13100	SAINTE-REMY-DE-PROVENCE	90,08	8,15						40,00%	18,61%
13101	SAINTE-REMY-DE-PROVENCE	5,92	1,40	2	9,8	24			2,00%	40,11%
13102	SAINTE-VICTOIRE	4,76	2,50	2	6,0	72			4,50%	1,80%
13103	SALON-DE-PROVENCE	60,79	13,19						12,30%	17,72%
13104	SALON-DE-PROVENCE	12,20	2,30	4	1,7	15			10,00%	52,34%
13105	SARAS	30,67	1,40						10,40%	0,80%
13106	SARTHE-LES-VALLONS	17,81	3,90			2			41,30%	12,30%
13107	SARTHE-LES-VALLONS	30,78	4,01	2	6,6	25			10,70%	50,07%
13108	SASSON	74,27	4,25						45,50%	0,00%
13109	SETHE-OMY	10,00	3,30						72,00%	24,00%
13110	SETE	30,22	5,27	6	9,7	60			27,10%	29,00%
13111	SEYSSANNE	34,30	1,88						20,11%	10,00%
13112	SEYSSANNE	22,14	4,12	1	5,5	66			11,50%	2,27%
13113	SEYSSANNE	20,82	3,44	1	6,7	30			67,00%	2,22%
13114	SEYSSANNE	28,47	5,47	3	6,1	77			14,10%	13,24%
13115	SEYSSANNE	15,80	0,66						20,71%	59,07%
13116	SERQUEHEE	4,51	0,46						100,00%	
13117	SERQUEHEE	30,56	3,90	7	0,8	40			11,00%	11,07%
13118	SEYSSANNE	12,67	0,90	2	6,7	81			42,70%	26,67%
13119	SERQUEHEE	3,87	2,34	1	0,5	1			10,00%	61,00%
TOTAL		6160	342	127	315	3880			48%	66,6%

Annexe 5 : Coordonnées des bureaux d'études ayant fourni des données géotechniques

Coordonnées de l'Union Syndicale de Géotechnique

Union Syndicale de Géotechnique

Maison de l'Ingénierie

3, rue Léon Bonnat

75 016 Paris

Coordonnées des bureaux d'études ayant fourni des données :

Fondasol :

ZI Napollon

Avenue des Templiers

Lot n°1 Local n°1

13400 Aubagne

Tél : 04 42 03 42 00

Siège social Avignon

209 rue des Galoubets

84140 Montfavet

Tél : 04 90 31 23 96

Fax : 04 90 32 59 83

GIA Ingénierie :

114 Traversée le Mée

Immeuble San Remo bâtiment D7

BP131 13267 Marseille cedex 08

Tél : 04 91 25 23 23

Fax : 04 91 74 44 81

ERG :

ERG La Seyne

243 avenue de Bruxelles

Zone d'activité Jean Monnet

83500 La Seyne sur mer

ERG Marseille

18 bd Michelet

13008 Marseille

Tél : 04 95 06 90 60

Fax : 04 91 16 73 00

JUVENTIN :

Le Calseraigne n°312

Rue de la Verdière

13090 Aix-en-Provence

Tél : 04 42 20 18 88

CETE Méditerranée :

107 rue Albert Einstein

13791 Aix-en-Provence

Tél : 04 42 24 76 76

Fax : 04 42 24 78 42

Solen Géotechnique :

16 allée Prométhée

28 000 CHARTRES

Tél : 02 37 88 03 30

Fax : 02 37 30 90 75

Antea :

☞ Agence régionale Provence Alpes Côte d'Azur
117 avenue de Luminy
13009 Marseille
Tél : 04 91 41 24 46
Fax : 04 91 41 15 10

Geosite :

4 rue des Calanques
13008 Marseille
Tél : 04 91 25 12 51
Fax : 04 91 73 88 14

Annexe 6 : Résultats des analyses minéralogiques réalisées au cours de cette étude

① Nature de l'essai :

La fraction phylliteuse des échantillons est déterminée par diffractométrie des rayons X à partir de lames orientées normales, glycolées pendant 12 heures en tension de vapeur puis chauffées à 490°C pendant 4 heures. Les proportions sont estimées à partir de l'aire des pics. Il faut bien tenir compte que les pourcentages indiqués sont des valeurs relatives des phases phylliteuses présentes dans la fraction dite « < 2 microns » de l'échantillon.

② Appareillage et conditions expérimentales :

Appareillage : Diffractomètre SIEMENS D5000 automatisé

Conditions expérimentales :

- Balayage de 2 à 36°2θ
- Vitesse de balayage de 0,02°2θ/seconde
- Temps de comptage : 1 seconde par pas
- Echantillon fixe

Traitement des diagrammes : Logiciel DIFFRAC^{plus}

③ Résultats d'analyse

Echantillon 1 - T1-e1 (20)

Cordonnées Lambert II Étendue : X = 856 241 et Y = 1 840 870

La fraction phylliteuse est représentée par (sur base 100) :

- vermiculite probable et interstratifié illite/smectite ~ 19%
- micas/illite ~ 52%
- kaolinite ~ 30%
- chlorite possible en traces

Echantillon 2 - T2-e2 (21)

Cordonnées Lambert II Étendue : X = 856 059 et Y = 1 840 414

La fraction phylliteuse est représentée par (sur base 100) :

- vermiculite probable ~ 13%

- micas/illite ~ 53%
- kaolinite ~ 34%

Echantillon 3 - T3-e2 (21)

Cordonnées Lambert II Étendue : X = 855 940 et Y = 1 840 569

La fraction phylliteuse est représentée par (sur base 100) :

- vermiculite probable et interstratifié illite/smectite ~ 5%
- micas/illite ~ 45%
- kaolinite ~ 50%

Echantillon 4 - A1-l4 (3)

Cordonnées Lambert II Étendue : X = 855 156 et Y = 1 842 721

La fraction phylliteuse est représentée par (sur base 100) :

- micas/illite ~ 84%
- kaolinite ~ 16%

Echantillon 5 - S1-i2-1 (4)

Cordonnées Lambert II Étendue : X = 858 101 et Y = 1 843 678

La fraction phylliteuse est représentée par (sur base 100) :

- interstratifié illite/smectite probable en traces
- micas/illite ~ 55%
- kaolinite ~ 27%
- chlorite ~ 18%

Echantillon 6 - V1-m4 (34)

Cordonnées Lambert II Étendue : X = 854 249 et Y = 1 846 822

La fraction phylliteuse est représentée par (sur base 100) :

- interstratifié illite/smectite ~ 33%
- micas/illite ~ 48%
- kaolinite ~ 19%

Echantillon 7 - R1-C7b1 (17)

Cordonnées Lambert II Étendue : X = 834 826 et Y = 1 837 081

La fraction phylliteuse est représentée par (sur base 100) :

- micas/illite ~ 50%
- kaolinite ~ 50%

Echantillon 8 - S1-n3 (8)

Cordonnées Lambert II Étendue : X = 849 616 et Y = 1 828 510

La fraction phylliteuse est représentée par (sur base 100) :

- interstratifié smectite/illite ~ 92%
- micas/illite ~ 6%
- kaolinite ~ 2%

Echantillon 9 - S2-n6 (10)

Cordonnées Lambert II Étendue : X = 855 288 et Y = 1 828 510

La fraction phylliteuse est représentée par (sur base 100) :

- interstratifié smectite/illite ~ 91%
- micas/illite ~ 4%
- kaolinite ~ 5%

Echantillon 10 - M1-C7c (15)

Cordonnées Lambert II Étendue : X = 855 000 et Y = 1 829 742

La fraction phylliteuse est représentée par (sur base 100) :

- interstratifié smectite/illite ~ 94%
- micas/illite ~ 1%
- kaolinite ~ 5%

Echantillon 11 - C1-m2aA(32)

Cordonnées Lambert II Étendue : X = 804 814 et Y = 1 877 041

La fraction phylliteuse est représentée par (sur base 100) :

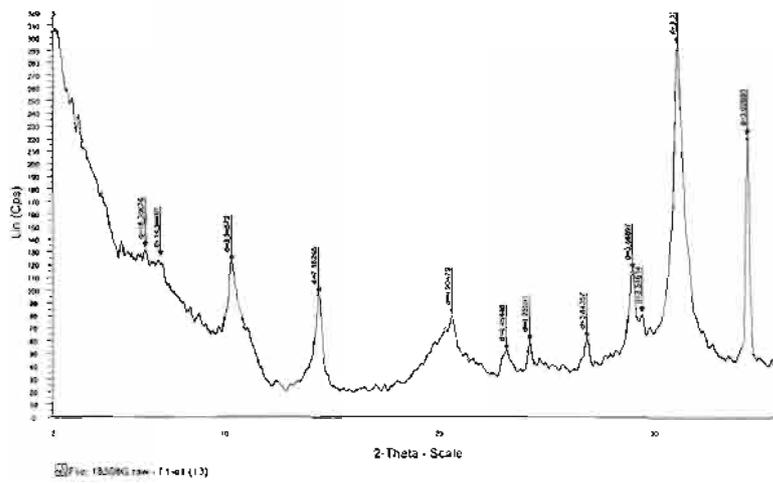
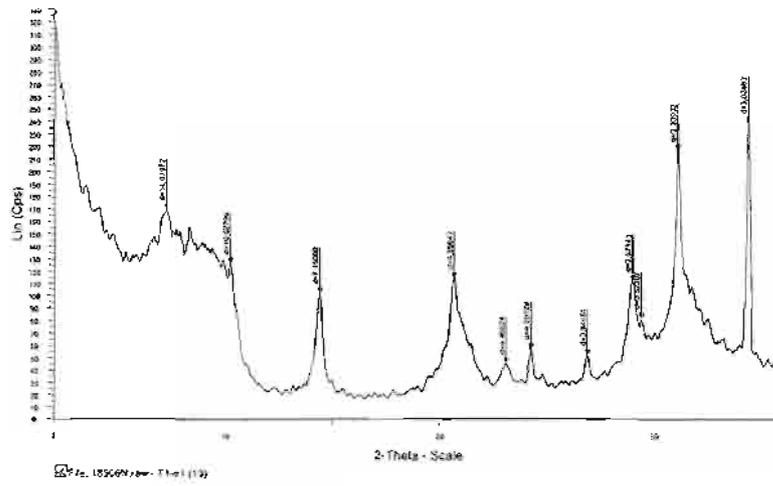
- smectite ~ 93%
- micas/illite ~ 5%
- chlorite ~ 2%
- kaolinite probable en traces

④ Observations

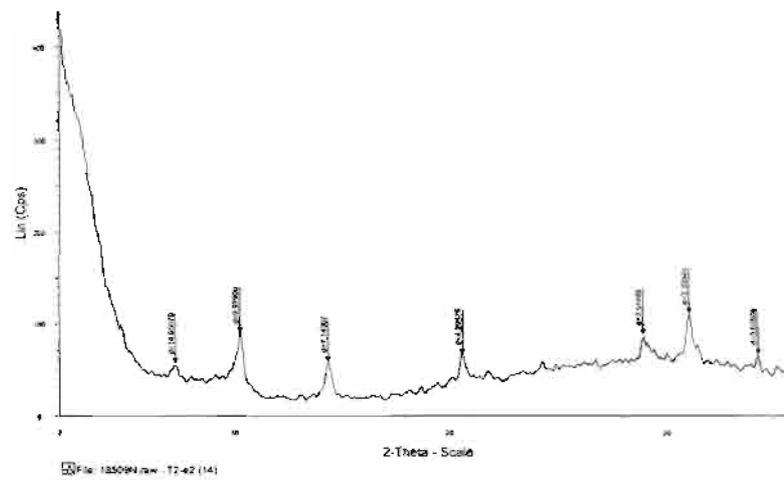
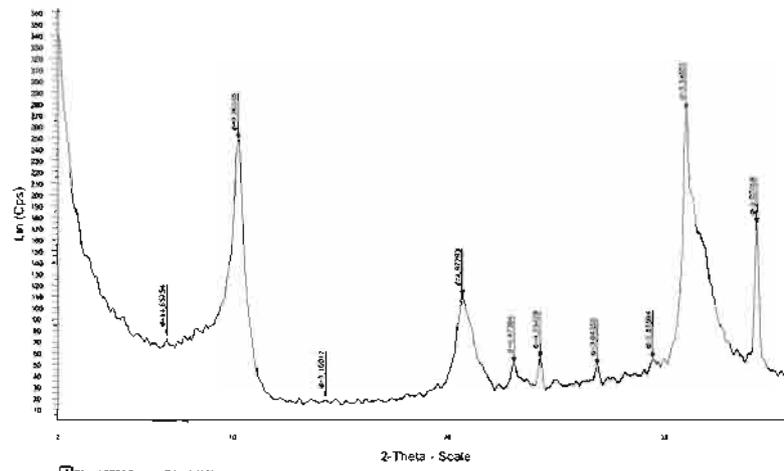
Pour les échantillons T1-e1 (20), T3-e2 (21), S1-j2-1 (4), V1-m4 (34), la phase majeure de l'interstratifié semble être l'illite, alors que pour les échantillons S1-n3 (8), S2-n6 (10), M1-C7c (15). Il faut cependant être très prudent avec la détermination de ces phases, car les diagrammes obtenus ne sont pas très « beaux », comme si ces phases phylliteuses étaient altérées.

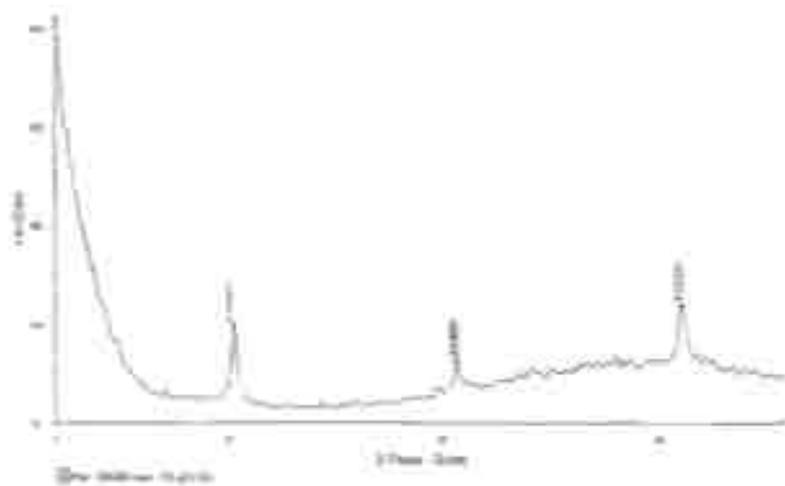
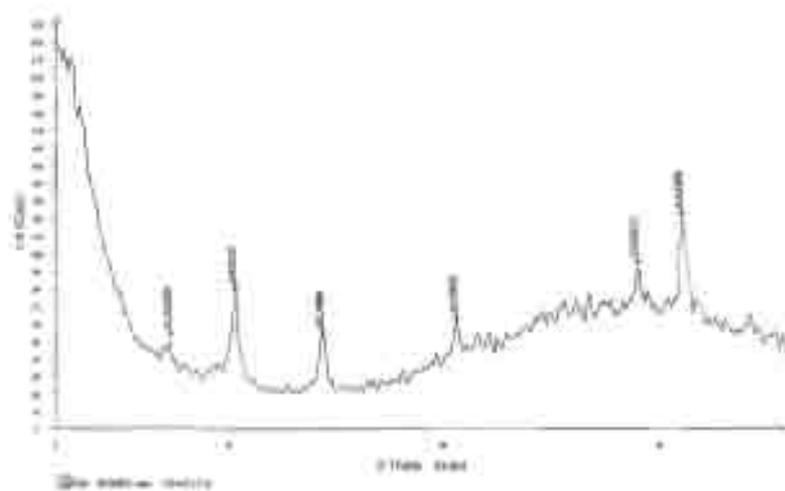
Pour chaque échantillon :

- Le diffractogramme obtenu à partir de la lame normale
- Le diffractogramme obtenu à partir de la lame glycolée pendant 12 heures en tension de vapeur
- Le diffractogramme obtenu à partir de la lame chauffée à 490°C pendant 4 heures

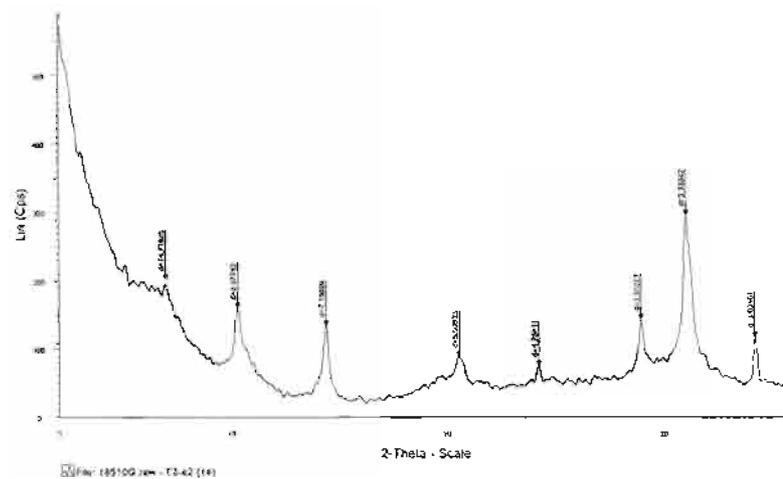
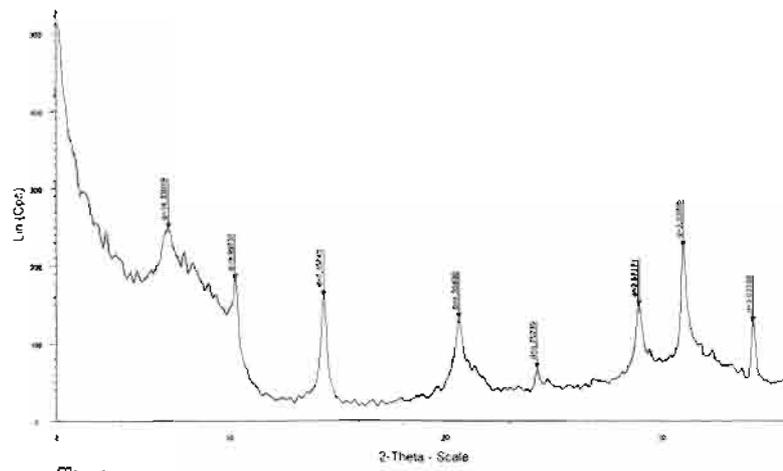


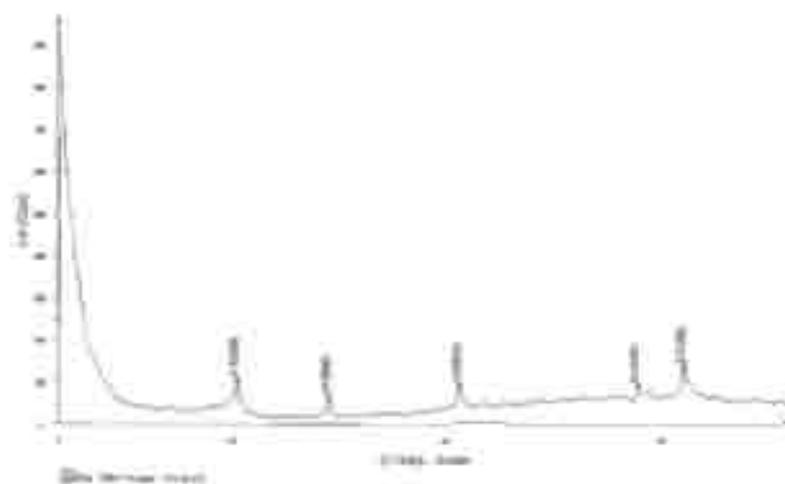
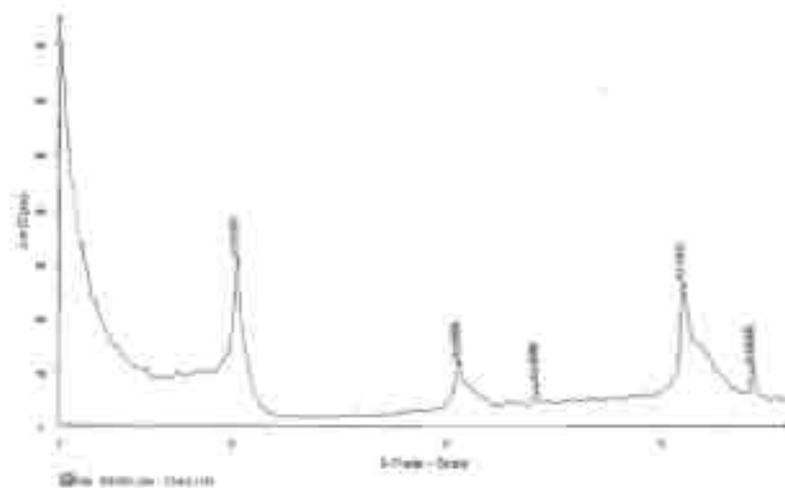
Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône





Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône





Cartographie de l'aiea retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône

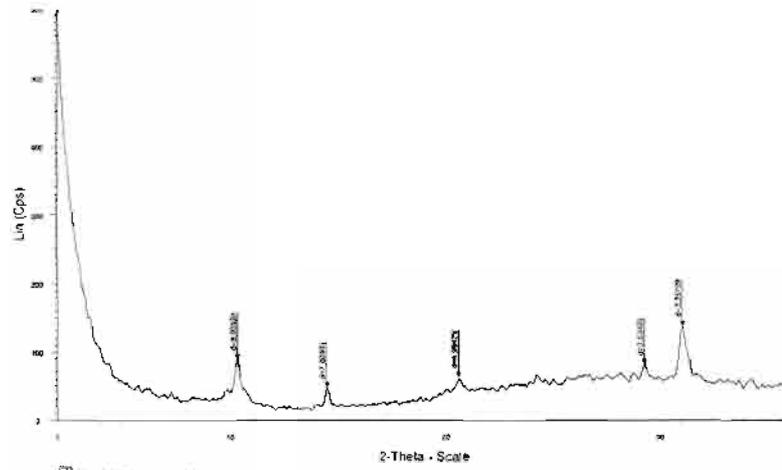


Fig. 1B5110Jaw - A14 (1)

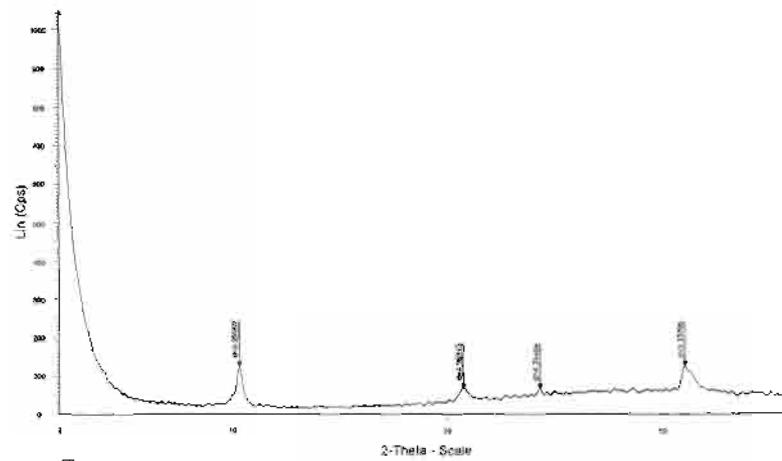
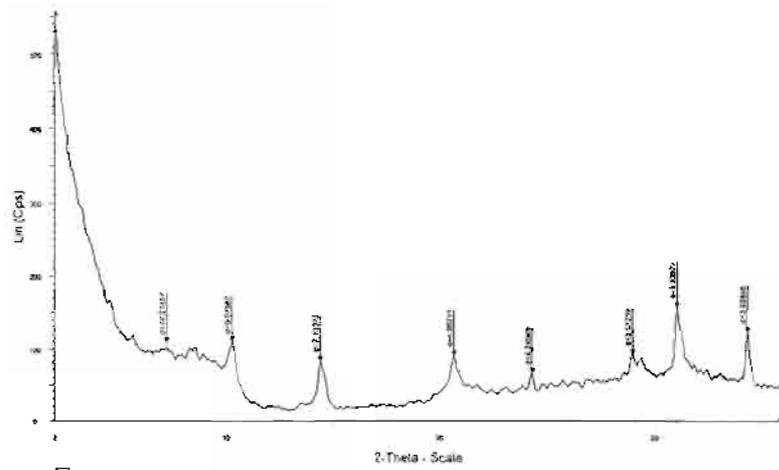
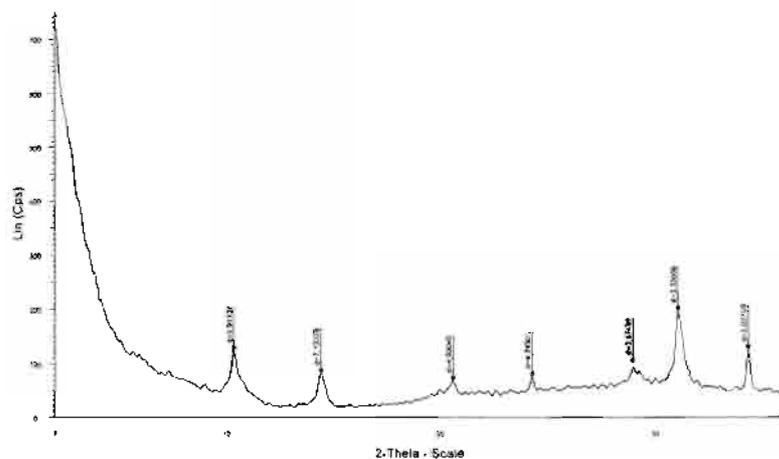


Fig. 1B5110Jaw - A14 (1)

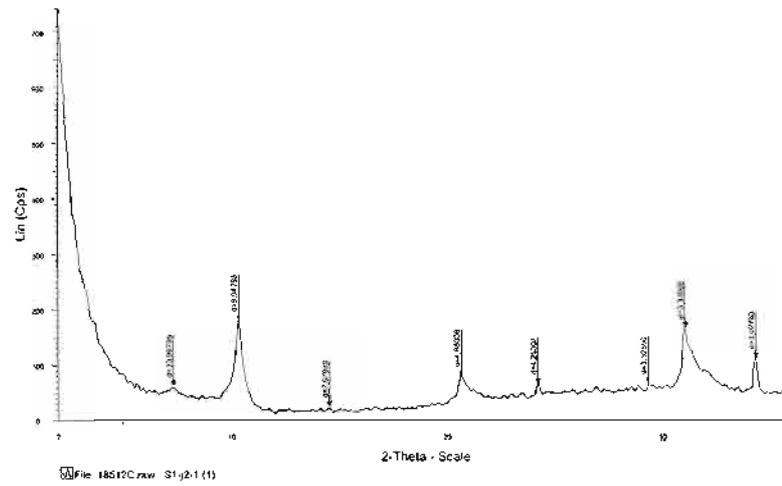


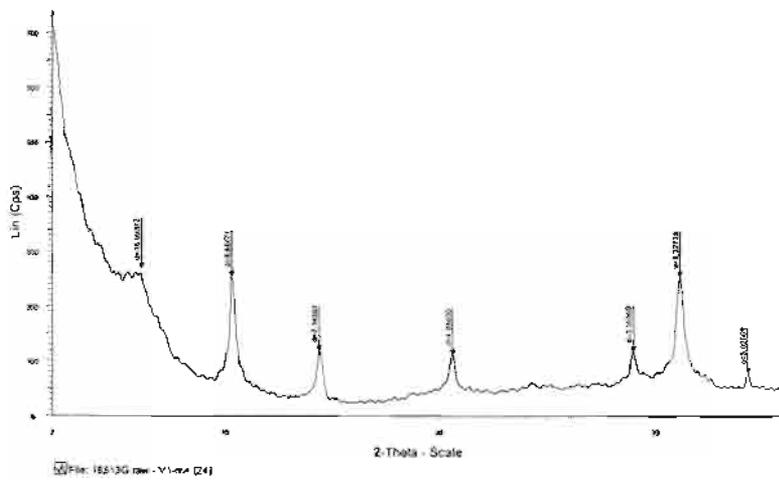
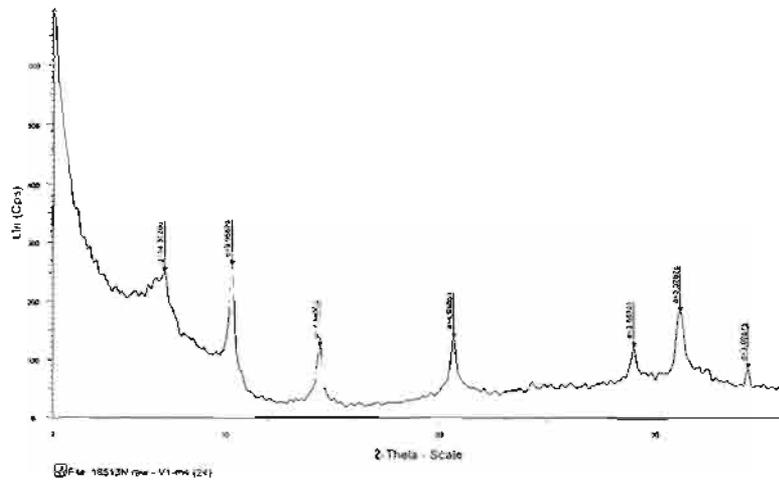
File: 185120.raw - S1y2-1 (1)



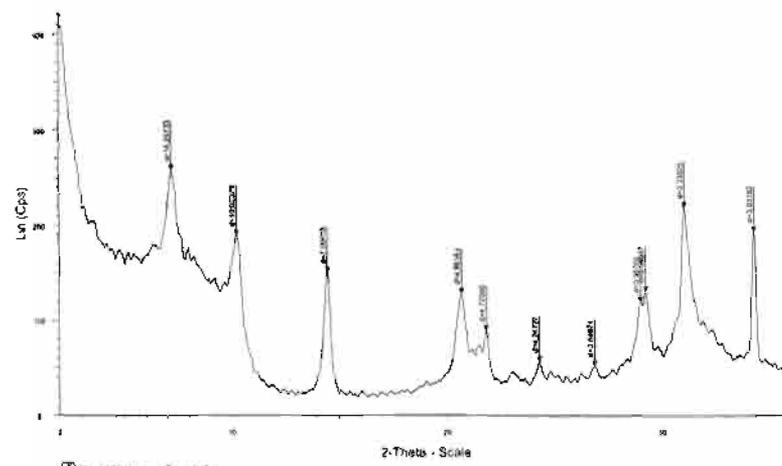
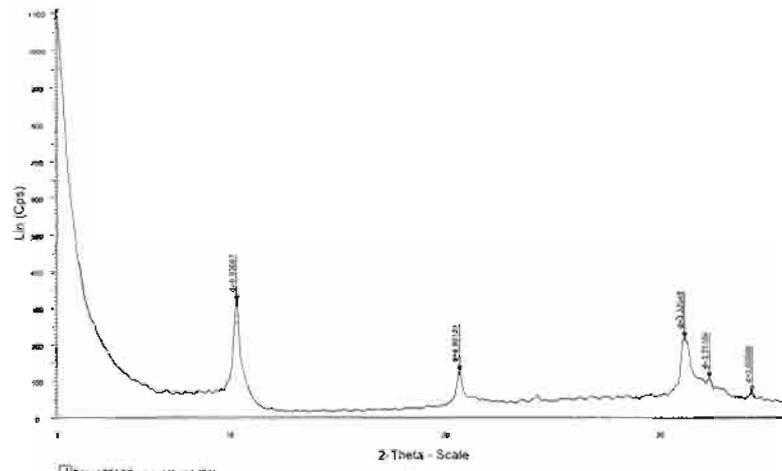
File: 185120.raw - S1y2-1 (1)

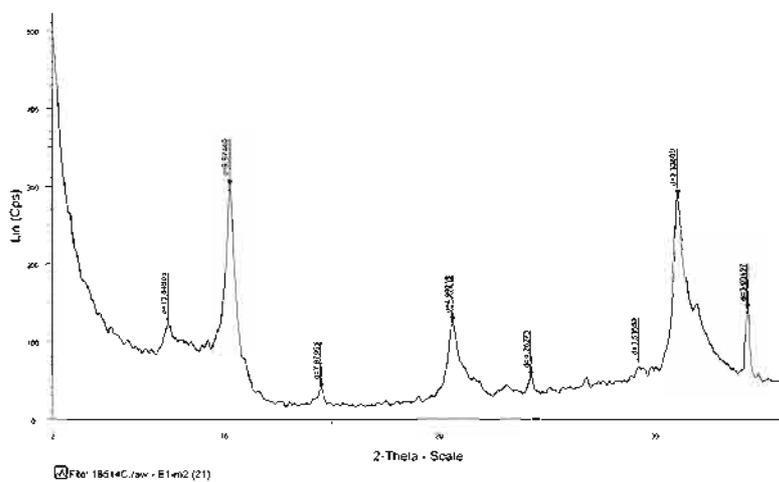
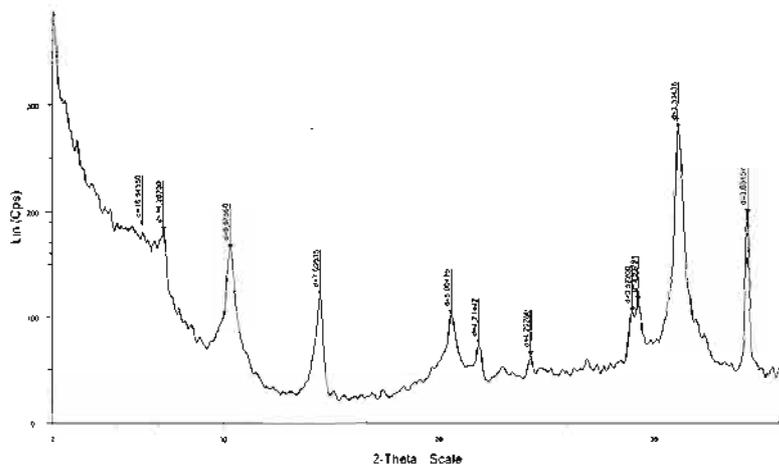
Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône



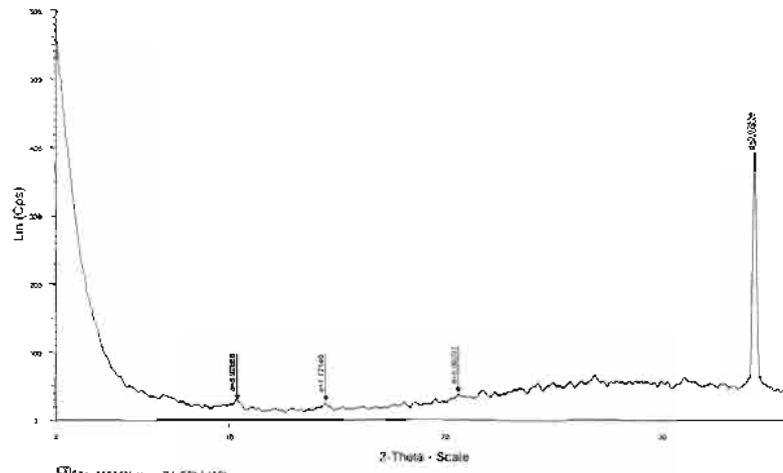


Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône

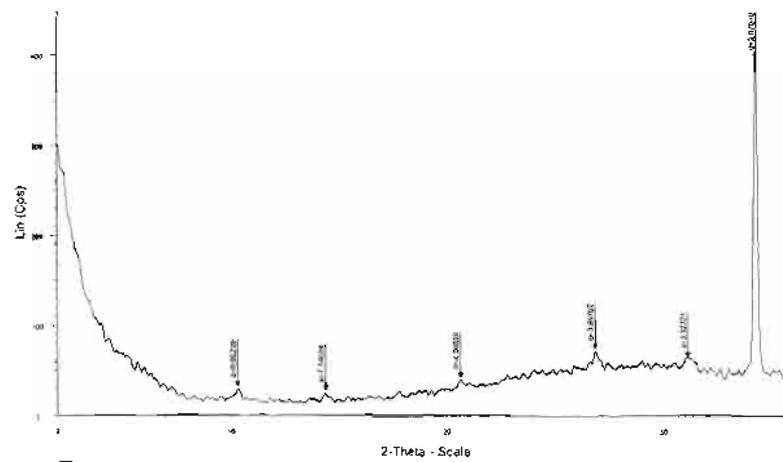




Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône

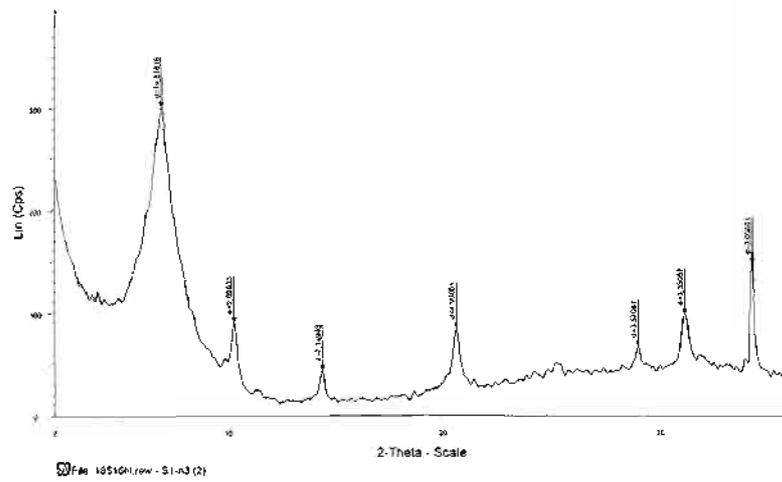
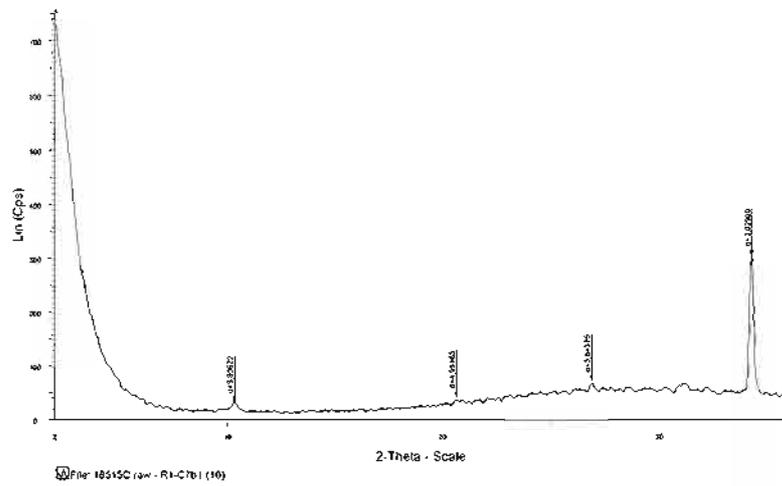


File 18315N_low - RI-C761 (10)

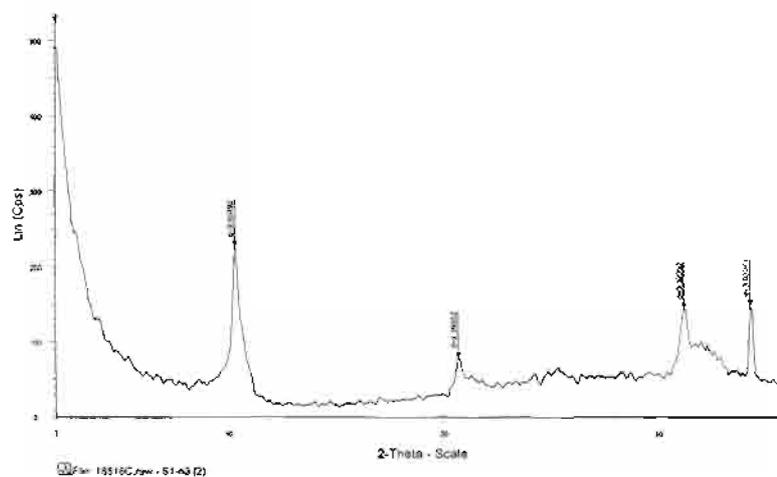
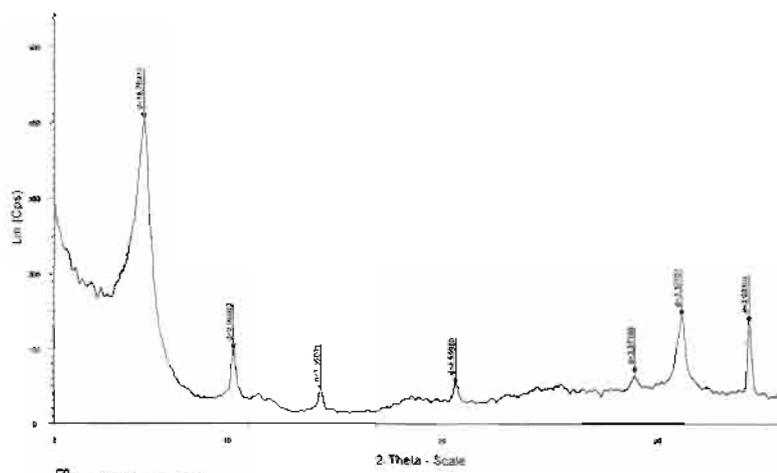


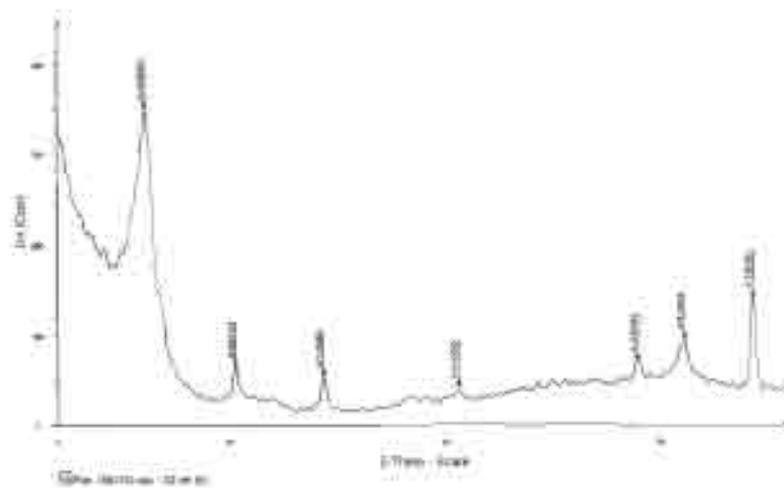
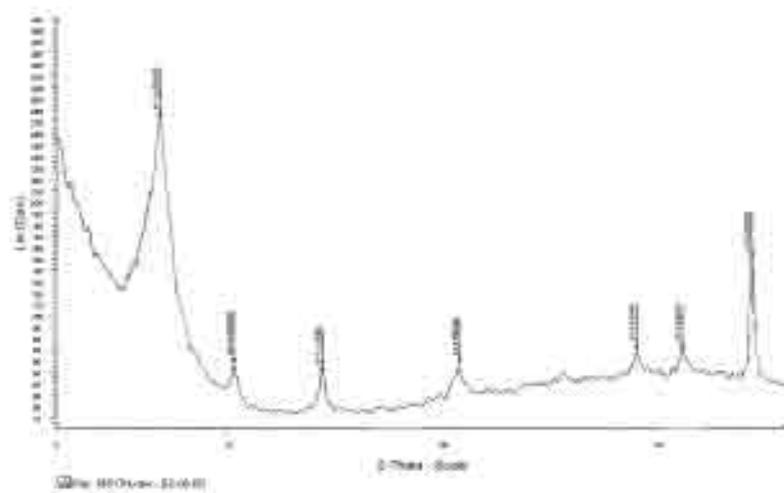
File 18315C_low - RI-C761 (10)

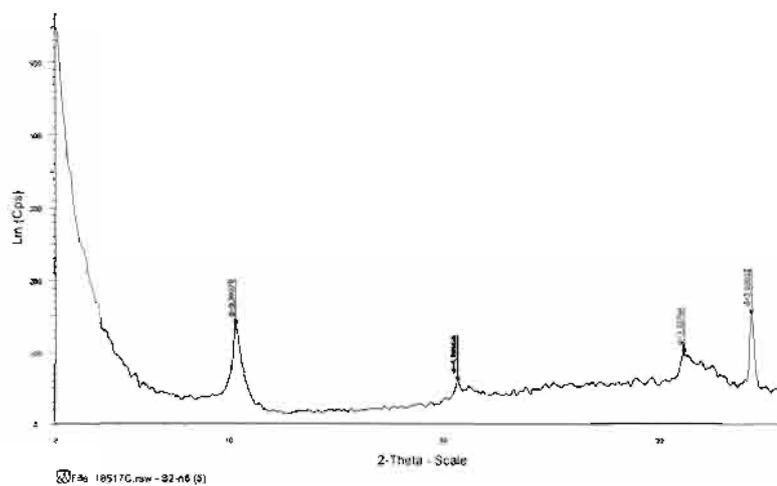
Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône

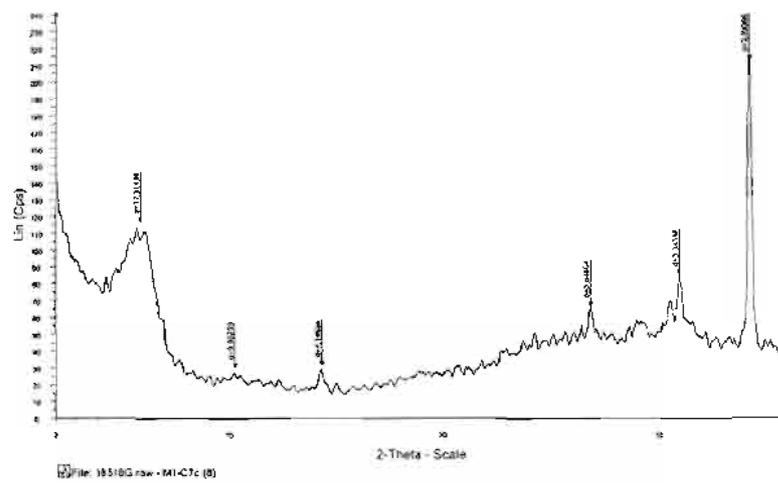
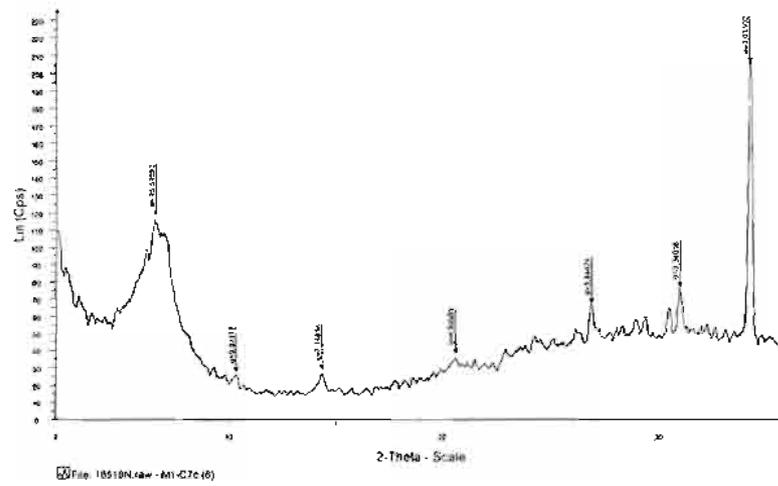


Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône

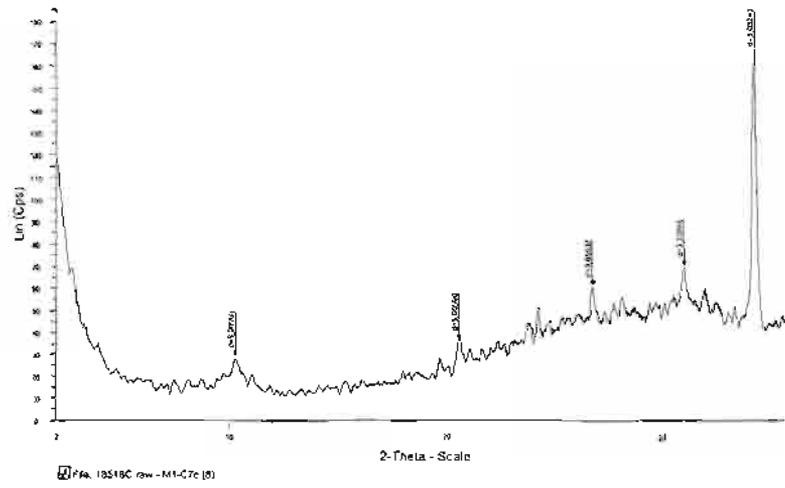








Cartographie de l'aféa retrait-gonflement des argiles dans le département des Bouches-du-Rhône



Annexe 7 : Résultats des analyses géotechniques réalisées au cours de cette étude

Rapport d'essais 04-6-010-A

Retrait-Gonflement Bouches-du-Rhône

V/Réf : Dem du 17/03/04

Informations sur le(s) échantillon(s) :

- Date de réception : 23/03/2004
- Date début analyse 26/03/2004
- Nombre : 11
- Nature : Sols
- Auteur prélèvement : Marçot Nathalie

Nom du laboratoire	Responsable du laboratoire
Laboratoire de préparation et essais physico-chimiques sur roches et minéraux	H. Haas

Résultats validés par Gérard HUGUES

qualifié(es) pour l'essai

Visé le 04-MAI-2004 par David DESSANDIER

Responsable de l'Unité Caractérisation Minérale

Origine des échantillons : Retrait-Gonflement / Bouches-du-Rhône

Identification des échantillons :

1_n° T1-e1 (20)	5_n° S1-j2-1 (4)	9_n° S2-n6 (10)
2_n° T2-e2 (21)	6_n° V1-m4 (34)	10_n° M1-C7c (15)
3_n° T3-e2 (21)	7_n° R1-C7b1 (17)	11_n° C1-m2aA(32)
4_n° A1-l4 (3)	8_n° S1-n3 (8)	

Nature des Essais et documents de référence :

- Détermination de la valeur de bleu de méthylène d'un sol par essai à la tache (norme NF P 94-068)
 - Bilan granulométrique à 80µm (tamisage en voie humide)
-

Observations :

Le bilan granulométrique à 80 µm par simple tamisage en voie humide n'a pas pu être réalisé sur les échantillons A1-l4 (3), S1-j2 (4), R1-C7b1 (17) et S1-n3 (8), en raison de leur caractère solide et massif.

Ces 4 échantillons ont donc été traités par une méthode différente, permettant d'obtenir un bilan global complet :

- Dissolution des carbonates par attaque ménagée à l'acide chlorhydrique et détermination de la teneur en carbonates totaux (calcite + dolomite),
- Séparation granulométrique à 80 µm du résidu insoluble,

Analyse micro-granulométrique par diffractométrie laser de la fraction inférieure à 80µm.

RESULTATS DES ANALYSES

1- Détermination de la valeur de Bleu de méthylène

Préparation des échantillons

Avant l'essai d'adsorption, l'échantillon est démotté et dispersé dans de l'eau additionnée de 10 % d'eau oxygénée, puis laissé au repos au moins 12 heures.

Référence échantillons	VBS en g de bleu /100g de matériau	Référence échantillons	VBS en g de bleu /100g de matériau
T1-e1 (20)	2,7	R1-C7b1 (17)	0,4
T2-e2 (21)	2,4	M1-C7c (8)	4,8
T3-e2 (21)	0,3	S2-n6 (10)	1,6
A1-l4 (3)	0,9	S1-n3 (15)	5,8
S1-j2 (4)	3,0	C1-m2aA (32)	1,9
V1-m4 (34)	3,3		

2- Bilan granulométrique à 80µm

Pour la réalisation de cette opération, une prise de l'échantillon brut sec d'environ 200g est effectué. Ce prélèvement est mis en suspension, puis lavé sur un tamis de 80µm. La fraction supérieure à 80µm est séchée et pesée.

Le bilan des séparations par tamisage en voie humide à 80µm est présenté dans le tableau ci-dessous :

Références de l'échantillon	fraction > 80 µm %	fraction < 80 µm %
T1-e1 (13)	16,90	83,10
T2-e2 (14)	31,47	68,53
T3-e2 (14)	37,68	62,32
V1-m4 (24)	13,84	86,16
M1-C7c (8)	25,21	74,79
S2-n6 (5)	7,27	92,73
C1-m2aA (32)	41,81	58,19



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

**PREFECTURE DE LA REGION PROVENCE – ALPES - COTE D'AZUR
PREFECTURE DES BOUCHES DU RHONE**

**DIRECTION DES COLLECTIVITES LOCALES
ET DU CADRE DE VIE**

**ARRETE APPROUVANT L'ETABLISSEMENT D'UN
PLAN DE PREVENTION DES RISQUES NATURELS PREVISIBLES
SUR LE TERRITOIRE DE LA COMMUNE DE MEYREUIL
(Retrait-gonflement des argiles)**

**Le Préfet de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur
Préfet des Bouches-du-Rhône
Chevalier de la Légion d'Honneur
Officier de l'Ordre National du Mérite**

VU le code de l'environnement, notamment ses articles L.562-1 et suivants ;

VU la loi n° 82.600 du 13 juillet 1982, relative à l'indemnisation des victimes de catastrophes naturelles ;

VU le décret n° 95-1089 du 5 octobre 1995 modifié relatif aux plans de prévention des risques naturels prévisibles ;

VU l'arrêté préfectoral en date du 06 juillet 2005, prescrivant le plan de prévention des risques naturels prévisibles sur le territoire de la Commune de Meyreuil ;

VU l'arrêté préfectoral en date du 8 novembre 2006 par lequel a été prescrite l'ouverture d'une enquête publique sur le plan de prévention des risques naturels prévisibles de la Commune de Meyreuil ;

VU la délibération du conseil municipal de MEYREUIL en date du 25 novembre 2005 ;

VU les observations présentées au cours de l'enquête ;

VU l'avis de la commission d'enquête en date du 21 février 2007 ;

CONSIDERANT que le dossier établi par la Direction Départementale de l'Équipement peut, en l'état de la procédure, être approuvé ;

SUR proposition du Secrétaire Général de la Préfecture des Bouches du Rhône ;

ARRETE

ARTICLE 1er : Le plan de prévention des risques naturels prévisibles de la commune de Meyreuil "retrait gonflement des argiles", tel qu'il est annexé au présent arrêté, est approuvé.

Ce document comprend :

- un rapport de présentation,
- un plan de zonage à l'échelle du 1/10 000°,
- un règlement,
- des annexes

ARTICLE 2 : Ce plan de prévention des risques naturels prévisibles est tenu à la disposition du public, aux heures d'ouvertures des bureaux :

- à la Mairie de Meyreuil,
- à la Préfecture des Bouches du Rhône, Boulevard Paul Peytral - 13282 Marseille Cedex 20,
- à la Direction Départementale de l'Équipement, Service Aménagement, 9, avenue Général Leclerc - 13332 Marseille Cedex 3.
- à la Sous-Préfecture d'Aix-en-Provence, 24 rue Mignet - 13617 Aix-en-Provence cedex 01.

ARTICLE 3 : Le présent arrêté sera publié au recueil des actes administratifs de la Préfecture et mention en sera faite en caractères apparents dans un journal diffusé dans le département.

Cet avis sera affiché pendant un mois en mairie de Meyreuil et un certificat du Maire justifiera l'accomplissement de cette mesure de publicité.

ARTICLE 4 : Des copies conformes du présent arrêté seront adressées :

- au Maire de Meyreuil,
- au Directeur Départemental de l'Équipement,
- au Directeur de la Prévention des Pollutions et des Risques.
- au Sous-Préfet d'Aix-en-Provence.

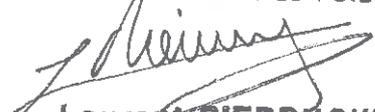
ARTICLE 5 : - Le Secrétaire Général de la Préfecture des Bouches du Rhône,
- Le Sous-Préfet d'Aix-en-Provence,
- Le Maire de la Commune de Meyreuil ,
- Le Directeur Départemental de l'Équipement des Bouches du Rhône,
sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté.

Fait à Marseille, le 26 JUIL. 2007

Pour le Préfet
Le Secrétaire Général

Didier MARTIN

Pour copie conforme
Le Chef de Bureau de l'Urbanisme


Laurent PIERRIGUES