

préfecture de Lot-et-Garonne



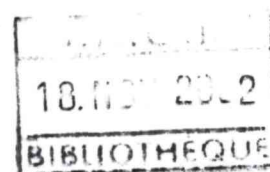
Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE



direction
départementale
de l'Équipement
Lot-et-Garonne

service Aménagement-Prévention
1722, avenue de Colmar
47916 Agen cedex 9



Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département de Lot-et-Garonne

Etude réalisée dans le cadre des opérations de Service public du BRGM 01-RIS-337

Auteurs

JP. PLATEL, S. GUÉRINEAU, M. VINCENT

juin 2002

BRGM/RP-51752-FR



Mots clés : Aquitaine, Lot-et-Garonne, cartographie, risque naturel, géotechnique, méthodologie, argiles gonflantes, aléa retrait-gonflement, sinistre sécheresse, molasses, altérites, smectites

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

PLATEL J.P., GUÉRINEAU S., VINCENT M. (2002) - Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département de Lot-et-Garonne.

Rapport BRGM/RP-51752-FR, 86 p., 36 fig., 16 tab., 8 Annexes, 3 cartes hors-texte

© BRGM, 2002, 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 affleurantes provoquent des tassements différentiels qui se manifestent par des désordres affectant principalement le bâti individuel. Sur le territoire métropolitain, 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.

Le département de Lot-et-Garonne, fait partie des départements français très touchés par le phénomène, puisqu'il y a été recensé **près de 2 800 sinistres** déclarés liés à la sécheresse, principalement localisés dans ses parties sud-orientale et nord-occidentale autour des grandes agglomérations d'Agen et Villeneuve/Lot. Dans ce département de 5 360 km² de superficie, **128 communes** sur 318 au total ont été reconnues **en état de catastrophe naturelle**, pour des périodes comprises entre 1989 et 1998, *soit* un taux de sinistralité de 40 %, et la reconnaissance des différentes périodes de sinistres a fait l'objet de **plus de 175 arrêtés** de catastrophe naturelle sécheresse publiés au Journal Officiel à la date de mars 2002.

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'Aménagement du Territoire et de l'Environnement de réaliser une cartographie de cet aléa à l'échelle de toute le Lot-et-Garonne dans le but de définir les zones les plus exposées au phénomène de retrait-gonflement. Réalisée par le BRGM 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 Aquitaine* avec l'appui du *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 entre le **BRGM** et la **Direction Départementale de l'Équipement de Lot-et-Garonne, Service Aménagement et Prévention**.

La démarche de l'étude a d'abord consisté en l'établissement d'une cartographie départementale interprétée 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 sont au nombre de 13. Elles ont ensuite fait l'objet d'une hiérarchisation quant à leur susceptibilité supposée vis-à-vis des phénomènes 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 le comportement géotechnique des terrains, ce qui a conduit à l'établissement d'une carte départementale de susceptibilité vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement.

La **carte d'aléa** a été établie à partir de la carte synthétique des formations argileuses ou marneuses, après hiérarchisation de celles-ci en tenant compte non seulement de la *susceptibilité* des formations identifiées, mais aussi de 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 afin de permettre des comparaisons fiables entre les formations. Au total, 2 517 sites de sinistres ont ainsi été localisés dans le département,

répartis dans 145 communes, dont 121 des 128 reconnues en état de catastrophe naturelle au titre des mouvements de terrain par retrait et réhydratation des sols, entre 1989 et 1998, auxquelles s'ajoutent 23 communes sur lesquelles ont été enregistré des sinistres, actuellement en attente de reconnaissance ou en dehors de toute demande.

Sur cette carte d'aléa sont distinguées **deux classes d'aléa** (moyen et faible) parmi les zones argileuses ou marneuses. Il faut souligner qu'il n'y a *pas de secteur classé en aléa fort* par comparaison avec la hiérarchie établie au plan national. Sur l'ensemble du département,

- *près de 51 % de la surface sont en zone d'aléa moyen (répartie dans presque tout le département);*
- *plus de 21 % de la surface sont en zone d'aléa faible (principalement dans les vallées);*
- *28 % de la surface sont en zone d'aléa a priori négligeable (formations non argileuses dans le Nord-Est et dans le Sud-Ouest du département).*

Dans cette dernière zone il n'est cependant pas totalement exclu qu'affleurent localement des *argiles altéritiques* en particulier, susceptibles de provoquer des sinistres.

En nombre de communes, la **zone d'aléa moyen** concerne la majorité du territoire de **213 communes** réparties de façon homogène sur tout le département à l'exclusion des secteurs nord-est et sud-ouest.

Présentée à l'échelle 1/150 000, la carte d'aléa retrait-gonflement des sols argileux du département de Lot-et-Garonne, dont l'échelle réelle de validité est le 1/50 000, pourra servir de base à des actions d'information préventive dans les communes les plus touchées par le phénomène. Elle doit constituer le point de départ pour l'élaboration des Plans de Prévention des Risques naturels prévisibles (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. Il conviendra en particulier d'insister sur l'importance d'une étude géotechnique de sol à la parcelle comme préalable à toute construction nouvelle dans les secteurs concernés par toutes les formations à aléa moyen et, notamment là où affleurent les *Molasses de l'Agenais et de l'Armagnac* qui entourent les villes d'Agen et de Villeneuve/Lot, dans des secteurs où la densité de construction est particulièrement forte.

Sommaire

1. INTRODUCTION.....	1
2. MÉTHODOLOGIE	3
2.1. FACTEURS INTERVENANT DANS LE RETRAIT-GONFLEMENT	3
2.1.1. Facteurs de prédisposition.....	3
2.1.2. Facteurs de déclenchement.....	6
2.2. APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE.....	7
2.2.1. Cartographie des formations argileuses et marneuses.....	7
2.2.2. Caractérisation minéralogique et géotechnique des formations	8
2.2.3. Examen des autres facteurs de prédisposition et de déclenchement.....	8
2.2.4. Carte de susceptibilité	9
2.2.5. Recensement et localisation géographique des sinistres	9
2.2.6. Détermination des densités de sinistres.....	9
2.2.7. Carte d'aléa	10
3. CARACTÉRISTIQUES DU DÉPARTEMENT DE LOT-ET-GARONNE.....	11
3.1. CONTEXTE GÉOGRAPHIQUE ET GÉOMORPHOLOGIQUE	12
3.2. CONTEXTE HYDROLOGIQUE	13
3.3. CONTEXTE CLIMATIQUE	13
3.3.1. Pluviométrie.....	14
3.3.2. Températures	15
3.3.3. Insolation.....	16
3.4. URBANISATION DU DEPARTEMENT	16
4. IDENTIFICATION ET CARTOGRAPHIE DES FORMATIONS GÉOLOGIQUES ARGILEUSES ET MARNEUSES.....	18
4.1. OBJECTIFS, DOCUMENTS UTILISÉS ET PROCÉDURES DE RÉALISATION.....	18
4.2. CADRE GÉOLOGIQUE DÉPARTEMENTAL	21
4.3. CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE	24
4.3.1. Nappes superficielles	24
4.3.2. Nappes profondes	24
4.4. LITHOSTRATIGRAPHIE DES FORMATIONS ARGILEUSES ET MARNEUSES	25
4.4.1. Formation des Marnes du Kimméridgien.....	25
4.4.2. Altérites du Périgord Noir	25
4.4.3. Formation du Brétou	25
4.4.4. Formation des Argiles à Palaeotherium.....	25
4.4.5. Formation des Ondes.....	27
4.4.6. Formation des Molasses du Fronsadais	27
4.4.7. Formation des Molasses de l'Agenais.....	28
4.4.8. Formation des Marnes à huîtres de l'Agenais	31
4.4.9. Formation des Molasses de l'Armagnac	31
4.4.10. Hautes terrasses quaternaires	32
4.4.11. Moyennes terrasses quaternaires	32
4.4.12. Basses et très basses terrasses quaternaires.....	32
5. CARACTÉRISATION MINÉRALOGIQUE ET GÉOTECHNIQUE DES FORMATIONS ARGILEUSES ET MARNEUSES.....	33
5.1. MINÉRALOGIE DES FORMATIONS	33
5.1.1. Source des données.....	33
5.1.2. Caractérisation minéralogique.....	33
5.2. CARACTÉRISTIQUES GÉOTECHNIQUES DES PRINCIPALES FORMATIONS	38
5.2.1. Source des données.....	38
5.2.2. Indice de plasticité (Ip)	38
5.2.3. Essais au Bleu de méthylène (Vb).....	39
5.2.4. Teneur en eau (Wn)	39
5.2.5. Essais oedométriques (Cg)	40
5.2.6. Retrait linéaire (Rl).....	40

5.2.7. Synthèse des données.....	41
6. ÉLABORATION DE LA CARTE DE SUSCEPTIBILITÉ	54
6.1. CRITÈRES RETENUS	54
6.2. MÉTHODE DE CLASSIFICATION.....	54
6.2.1. Critère lithologique	55
6.2.2. Critère minéralogique	56
6.2.3. Critère géotechnique	58
6.3. DÉTERMINATION DU DEGRÉ DE SUSCEPTIBILITÉ.....	58
6.4. CARTE DE SUSCEPTIBILITÉ.....	60
6.5. SYNTHÈSE DE LA SUSCEPTIBILITÉ DES TERRAINS EN LOT-ET-GARONNE	60
7. INVENTAIRE DES COMMUNES SINISTRÉES ET DES SINISTRES SÈCHERESSE	62
7.1. PROCÉDURE DE DÉCLARATION DE L'ÉTAT DE CATASTROPHE NATURELLE	62
7.2. IDENTIFICATION DES COMMUNES SINISTRÉES.....	63
7.2.1. Localisation des communes sinistrées	63
7.2.2. Analyse des périodes déclarées de sinistres	65
7.3. ORIGINE DES RENSEIGNEMENTS SUR LES SINISTRES COLLECTÉS ET PROCÉDURE DE LOCALISATION.....	67
7.4. RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE DES SINISTRES.....	68
7.5. RÉPARTITION DES SINISTRES PAR FORMATION GÉOLOGIQUE.....	70
7.5.1. Répartition des sinistres sur les formations argileuses ou marneuses sélectionnées	71
7.5.2. Répartition des sinistres sur les principales formations non sélectionnées.....	72
7.6. FRÉQUENCE D'OCCURRENCE DES SINISTRES PAR FORMATION RETENUE	73
7.7. FRÉQUENCE D'OCCURRENCE RAPPORTÉE A LA SURFACE URBANISÉE	75
8. ELABORATION DE LA CARTE D'ALÉA.....	77
8.1. MÉTHODE DE CLASSIFICATION.....	77
8.2. DÉTERMINATION DU DEGRÉ D'ALÉA.....	78
8.3. CARTE D'ALÉA.....	78
9. CONCLUSIONS	82
BIBLIOGRAPHIE.....	84
ANNEXES.....	87

Liste des illustrations

FIGURES

- Fig. 1 - Carte géographique du département de Lot-et-Garonne
- Fig. 2 - Géomorphologie du département de Lot-et-Garonne (d'après le Modèle Numérique de Terrain de l'IGN)
- Fig. 3 - Carte du réseau hydrographique du département de Lot-et-Garonne
- Fig. 4 - Carte des hauteurs de pluie sur le département de Lot-et-Garonne (d'après les données de Météo-France)
- Fig. 5 – Diagramme pluies-températures sur le département de Lot-et-Garonne (d'après les données de Météo-France)
- Fig. 6 – Temps d'insolation cumulée sur le département de Lot-et-Garonne (d'après les données de Météo-France)
- Fig. 7 – Carte des zones urbanisées et de l'habitat dispersé du département de Lot-et-Garonne
- Fig. 8 - Assemblage des cartes géologiques à 1/50 000 de Lot-et-Garonne
- Fig. 9 - Carte géologique synthétique de Lot-et-Garonne
- Fig. 10 – Organisation structurale des terrains et des formations géologiques du département de Lot-et-Garonne
- Fig. 11 – Carte géologique des formations argileuses et marneuses dans le département de Lot-et-Garonne
- Fig. 12 – Position stratigraphique des formations argileuses dans le secteur nord-oriental du Lot-et-Garonne
- Fig. 13 – Position stratigraphique des formations argileuses de la série des Molasses tertiaires en Lot-et-Garonne
- Fig. 14 - Analyses diffractométriques sur la Formation du Brétou
- Fig. 15 - Analyses diffractométriques sur les argiles à *Paleotherium*
- Fig. 16 - Analyses diffractométriques des Molasses du Fronsadais
- Fig. 17 - Analyses diffractométriques sur les Molasses de l'Agenais
- Fig. 18 - Analyses diffractométriques sur les Marnes à huîtres de l'Agenais
- Fig. 19 - Analyses diffractométriques sur les Molasses de l'Armagnac
- Fig. 20 – Localisation des principaux prélèvements réalisés pour essais géotechniques dans les Marnes du Kimméridgien
- Fig. 21 - Localisation des principaux prélèvements réalisés pour les essais géotechniques sur les argiles à *Palaeotherium*

Fig. 22 - Localisation des principaux prélèvements réalisés pour les essais géotechniques dans la Formation des Ondes

Fig. 23 - Localisation des principaux prélèvements réalisés pour les essais géotechniques dans les Molasses du Fronsadais

Fig. 24 - Localisation des prélèvements réalisés pour les essais géotechniques dans la Formation des Molasses de l'Agenais

Fig. 25 - Localisation des prélèvements réalisés pour les essais géotechniques dans les Marnes à Huîtres

Fig. 26 - Localisation des prélèvements réalisés pour les essais géotechniques dans la Formation des Molasses de l'Armagnac

Fig. 27 - Localisation des prélèvements réalisés pour les essais géotechniques dans les hautes terrasses

Fig. 28 - Localisation des prélèvements réalisés pour les essais géotechniques dans les moyennes terrasses de la Garonne

Fig. 29 - Localisation des prélèvements réalisés pour les essais géotechniques dans les basses terrasses

Fig. 30 - Localisation des prélèvements réalisés pour les essais géotechniques dans les très basses terrasses

Fig. 31 – Superficie comparée des terrains en fonction de leur susceptibilité vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement en Lot-et-Garonne

Fig. 32 – Carte de susceptibilité au retrait-gonflement des formations géologiques du département de Lot-et-Garonne

Fig. 33 - Répartition des communes reconnues sinistrées en Lot-et-Garonne avec leur réponse à l'enquête

Fig. 34 - Répartition des sinistres localisés liés au phénomène de retrait-gonflement en Lot-et-Garonne

Fig. 35 - Superficie comparée des terrains du département de Lot-et-Garonne en fonction de leur degré d'aléa vis-à-vis du retrait-gonflement des sols

Fig. 36 - Carte d'aléa vis-à-vis du retrait-gonflement pour le département de Lot-et-Garonne

TABLEAUX

Tab. 1 – Synthèse des données caractérisant le comportement géotechnique des formations supportant des sinistres dans le Lot-et-Garonne.

Tab. 2 - Barème d'évaluation de la susceptibilité au retrait-gonflement en fonction de la nature lithologique de la formation géologique

Tab. 3 - Susceptibilité relative des formations géologique vis à vis du phénomène de retrait-gonflement en fonction de la nature lithologique.

Tab. 4 - Barème d'évaluation de la susceptibilité au retrait-gonflement en fonction de la minéralogie de la phase argileuse de la formation géologique

Tab. 5 - Susceptibilité relative des formations géologiques vis à vis du phénomène de retrait-gonflement en fonction de la minéralogie de la phase argileuse.

Tab. 6 - Barème d'évaluation de la susceptibilité au retrait-gonflement en fonction de l'indice de plasticité de la formation géologique

Tab. 7 - Barème d'évaluation de la susceptibilité globale d'une formation argileuse

Tab. 8 - Classement relatif de susceptibilité des formations géologiques sélectionnées vis à vis du phénomène de retrait-gonflement en Lot-et-Garonne.

Tab. 9 – Evolutions du nombre de communes reconnues sinistrées d'après les arrêtés préfectoraux

Tab. 10 - Nombre de communes concernées en fonction des sinistres recensés

Tab. 11 - Liste des 20 communes les plus sinistrées de Lot-et-Garonne

Tab. 12 - Liste des principales formations géologiques supportant des sinistres dans le département de Lot-et-Garonne avec leur nombre de sinistres associés

Tab. 13 - Liste des formations géologiques supportant des sinistres mais non retenues pour la cartographie de l'aléa

Tab. 14 – Formations argileuses ou marneuses sélectionnées classées par surface

Tab. 15 - Formations argileuses ou marneuses sélectionnées classées par densité de sinistres (rapportée à 100 km² de surface urbanisée)

Tab. 16 - Classement relatif final des formations géologiques sélectionnées vis-à-vis de l'aléa retrait-gonflement en Lot-et-Garonne

Liste des annexes

- Annexe 1 - Rappels sur le mécanisme de retrait-gonflement des argiles
- Annexe 2 - Liste des formations argileuses ou marneuses sélectionnées dans le département de Lot-et-Garonne et noms fichiers Mapinfo associés
- Annexe 3 - Liste des 128 communes reconnues en état de catastrophe naturelle pour cause de retrait-gonflement des argiles en Lot-et-Garonne à la date de mars 2002, associées aux 177 arrêtés de reconnaissance publiés au Journal Officiel.
- Annexe 4 - Liste des 128 communes reconnues sinistrées du département de Lot-et-Garonne avec analyse de l'occurrence des sinistres pendant la période 1989-1998.
- Annexe 5 - Liste des 145 communes présentant des sinistres dans le département de Lot-et-Garonne avec le nombre de sinistres ayant pu être localisés
- Annexe 6 - Extraits du fichier des 2 517 sinistres-sécheresse localisés pris en compte dans 145 communes du département de Lot-et-Garonne pour la période 1988-1999
- Annexe 7 - Liste des 17 formations ou groupes de formations géologiques du département de Lot-et-Garonne ayant supporté au moins un sinistre attribué au phénomène de retrait-gonflement.
- Annexe 8 - Liste des communes du département de Lot-et-Garonne dont la majorité du territoire est comprise dans des zones d'aléa moyen vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement.

Liste des cartes hors-texte

- Carte n° 1 - Carte géologique d'interprétation des formations argileuses et marneuses du département de Lot-et-Garonne (à l'échelle 1/125 000)
- Carte n° 2 - Carte de susceptibilité au phénomène de retrait-gonflement des formations argileuses et marneuses du département de Lot-et-Garonne (à l'échelle 1/125 000)
- Carte n° 3 - Carte d'aléa vis-à-vis du retrait-gonflement pour le département de Lot-et-Garonne (à l'échelle 1/125 000)

1. Introduction

Les phénomènes de retrait-gonflement de certains sols argileux et des formations géologiques argileuses affleurantes provoquent des **tassements différentiels** qui se manifestent par des **désordres affectant principalement le bâti individuel**. Sur le territoire métropolitain, 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.

Selon des critères mécaniques, 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 prolongée provoque l'apparition de pressions interstitielles négatives dans la tranche superficielle du sol soumis 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***), beaucoup de communes françaises ont été déclarées sinistrées à ce titre (9 692 reconnaissances de l'état de catastrophe naturelle sur **4 594 communes**, réparties sur **75 départements**, à la date de novembre 2000 - source CCR). A ce jour, le coût des sinistres dus à la sécheresse indemnifiés en France, en application de la loi de 1982, est évalué à **3 milliards d'euros**.

La **région Aquitaine** a été particulièrement affectée par ce phénomène puisque qu'elle renferme **trois des 25 départements présentant le plus fort taux de sinistralité** à l'échelle nationale, la Dordogne, la Gironde et le Lot-et-Garonne.

Le département de Lot-et-Garonne, classé en seizième position pour le taux de sinistralité (hors région parisienne) dans le rapport de l'Assemblée Nationale, fait partie des départements français les plus touchés par le phénomène, puisqu'il y a été recensé **près de 2 800 déclarations de sinistres** liées à la sécheresse, localisés principalement dans sa partie centrale et le long des grandes vallées assez urbanisées (chiffre résultant de l'enquête menée auprès des municipalités pour réaliser la présente étude). Ce département de **5 360 km² de superficie** renfermait en 1999 une population de plus de **318 000 habitants**. Au total, **128 communes sur 318** y ont été reconnues en état de catastrophe naturelle à la date de **mars 2002**, pour des

périodes comprises entre **1989 et 1998**, soit un taux de sinistralité de **40 %**. A cette date, le nombre d'arrêtés de reconnaissance publiés au Journal Officiel s'élevait à **plus de 175**.

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, il a été demandé par le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable de réaliser une **cartographie de l'aléa** dans le but de définir les zones les plus exposées au phénomène de retrait-gonflement. 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 à l'échelle départementale et communale. 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 ;
- élaboration d'un document de prévention, en matière d'aménagement du territoire, destiné à la fois aux communes (pour l'établissement de PPR prenant en compte l'aléa retrait-gonflement), aux assureurs (pour bien discriminer les zones sensibles) et aux maîtres d'ouvrage désireux de construire en zone sensible afin qu'ils prennent, en connaissance de causes, 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 Aquitaine avec l'appui du 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 entre le **BRGM** et la **Direction Départementale de l'Équipement de Lot-et-Garonne, Service Aménagement et Prévention**.

Cette étude, confiée au **BRGM** le 1^{er} juin 2001, a été réalisée dans le cadre de sa **mission de service public sur les risques naturels** et s'intègre dans un 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.

2. Méthodologie

2.1. FACTEURS INTERVENANT DANS LE RETRAIT-GONFLEMENT

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**. Ces variations de volume se traduisent par des mouvements différentiels de sols, susceptibles de provoquer des désordres au niveau du bâti. 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 intervenant dans la réalisation de ce phénomène, 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 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 déclenchants 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 lithologique du sol constitue un **facteur de prédisposition prédominant** dans le mécanisme de retrait-gonflement.

La procédure d'étude de la nature lithologique du sol, basée sur l'exploitation des cartes géologiques à l'échelle 1/50 000 élaborées par le BRGM, comporte un **inventaire des formations affleurantes à sub-affleurantes, puis leur cartographie**. Dans le cas du département de Lot-et-Garonne, l'analyse du facteur lithologique est délicate car près de **50 % de la couverture lithologique départementale** est représentée à l'affleurement par des **molasses argilo-sableuses d'âge tertiaire**.

Notons d'autre part que nous fournissons une carte basée sur des **critères géologiques et non pas pédologiques** (sols) dont l'information à l'échelle du 1/50 000 n'est d'ailleurs pas disponible localement. De ce fait, les formations pédologiques les plus superficielles ne sont pas prises en compte. Elles sont incluses dans les formations géologiques dites superficielles comprenant, en particulier, les altérites, les éboulis et colluvions. **Il est fait abstraction des éventuels remblais qui peuvent exister comme soubassement des bâtis sinistrés.**

La majorité des dossiers consultés montre que "l'origine géologique" des sinistres est toujours représentée par une formation géologique argileuse ou marneuse bien définie, ce qui conforte le concept adopté. Cependant, il semble 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.

Or, 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 μ m, dans sa composition).

En moindre proportion mais non négligeable, la **géométrie** de la formation argileuse influe sur la susceptibilité au retrait-gonflement. En effet, une formation sera d'autant plus sujette à ce phénomène qu'elle sera en position superficielle et de géométrie épaisse et continue.

Cela dit, le facteur prédominant, qui détermine le degré de susceptibilité d'une formation argileuse au phénomène de retrait-gonflement, est lié à 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 (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, la connaissance de la composition minéralogique d'une formation argileuse s'opère directement par des analyses de **caractérisation des minéraux argileux en laboratoire** selon la méthode de **diffraction 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 très 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 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). Ces variations hydriques des sols se traduisent, pour des formations argileuses susceptibles, par des variations de leurs caractéristiques mécaniques.

La présence d'une nappe permanente à faible profondeur permet généralement d'éviter la dessiccation de la tranche de sol superficielle. 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 de surface 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 et marneuses 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'additionner 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 en 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 subiront des mouvements plus importants de la part du sol qui, étant en position plus superficielle est souvent plus altéré et donc davantage sensible aux variations de teneur en eau.

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 (argiles d'altération d'âge quaternaire ancien) sujettes au phénomène de retrait-gonflement.

2.1.1.4. Végétation

Il est désormais 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 une dépression locale autour du système racinaire.

Ce phénomène de succion peut donc provoquer 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 et demi sa hauteur**.

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 ont 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 et les cèdres**. Des massifs de buissons ou d'arbustes situés près des façades peuvent 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 une **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 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 nombreux dossiers d'expertises réalisées dans le département de Lot-et-Garonne confirme qu'une forte proportion des maisons déclarées sinistrées présente des **défauts de conception ou de réalisation des fondations** (souvent trop superficielles, hétérogènes ou fondées dans des niveaux différents). Il n'est pas exclu que des phénomènes de retrait-gonflement aient pu se produire dans le sol d'assise et contribuer à l'apparition des désordres constatés. Toutefois, 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.

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 quelques stations météorologiques mais sa répartition spatiale n'est pas connue 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 évapotranspiration 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.

2.1.2.2. Facteurs anthropiques

Il s'agit d'autres **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** peut entraîner un mouvement consécutif à un gonflement des argiles de l'encaissant.

Par ailleurs, la présence de **sources de chaleur en sous-sol** (four ou chaudière) près d'un mur 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 et marneuses

La cartographie des formations argileuses et marneuses du département a été réalisée à partir des **cartes géologiques du BRGM** et des coupes de forage de la **Banque de données du Sous-Sol (BSS)** complétées et actualisées par quelques données ponctuelles 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 à l'échelle 1/125 000.

Dans une première étape, ont été **cartographiées toutes les formations argileuses et 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 et marneuses, et en particulier de répertorier la présence **d'argiles gonflantes**. Ces données ont été complétées par une **revue bibliographique** et surtout par le recensement des données minéralogiques archivées dans le SIG **ROMIAQ Aquitaine**, obtenues dans le cadre de programmes de recherche de matériaux. 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 et marneuses du département a été essentiellement établie sur la base du **dépouillement et la synthèse de nombreux rapports d'expertise**, obtenus auprès de bureaux d'étude (SORES, GEOTEC, GTA, EGS), de certaines mutuelles d'assurance (Groupama, MAIF, MAAF) ou directement auprès des communes concernées. Ces données ont été complétées par de rares données bibliographiques.

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 des critères 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 la répartition spatiale des déficits pluviométriques n'est pas apparue comme un élément discriminant à l'échelle d'un département comme le Lot-et-Garonne. 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 aussi 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 et 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 produits.

Pour ce faire, un recensement des sinistres sécheresse a été effectué auprès des **128 communes** du département (lequel en compte au total 318) qui ont bénéficié, à la date de mars 2002 et pour des périodes comprises entre 1989 et 1998, 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 **40 % des communes** du département).

Ces données ont été complétées par celles recueillies directement auprès de la **Caisse Centrale de Réassurance (CCR)**, des **bureaux d'études**, des **mutuelles d'assurance** et de quelques **associations de sinistres**. Après élimination des doublons (sinistres récurrents sur un même site ou données identiques issues de sources différentes), ce sont **2 780 sites de sinistres** qui ont été recensés, parmi lesquels **2 517 ont pu être localisés** sur cartes topographiques de l'IGN à l'échelle 1/25 000. Ils sont répartis dans **145 communes** (soit 121 des 128 communes reconnues sinistrées, 5 en attente de l'être et 19 autres actuellement sans procédure de demande). L'échantillon peut donc être considéré comme **représentatif de l'occurrence spatiale du phénomène** dans le département de Lot-et-Garonne.

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 et marneuses du département). Ceci a permis de déterminer le **nombre de sinistres recensés pour chacune des formations géologiques susceptibles** 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**. Ce taux a été calculé après numérisation du contour des zones urbanisées du département (à partir des cartes topographiques de l'IGN à l'échelle 1/25 000, ce qui ne représente qu'une approximation de la réalité).

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 et 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, ramenée à 100 km² de surface d'affleurement réellement urbanisée. Cette carte est également numérisée et a été présentée à l'échelle 1/125 000 (mais son échelle de validité est le 1/50 000).

3. Caractéristiques du département de Lot-et-Garonne

Ce département est l'un des plus orientaux des cinq départements de la Région Aquitaine, également formée de la Gironde, de la Dordogne, des Landes et des Pyrénées-Atlantiques. Il a pour préfecture **Agen** et pour sous-préfectures **Marmande**, **Villeneuve/Lot** et **Nérac** (fig. 1).



Fig. 1 - Carte géographique du département de Lot-et-Garonne

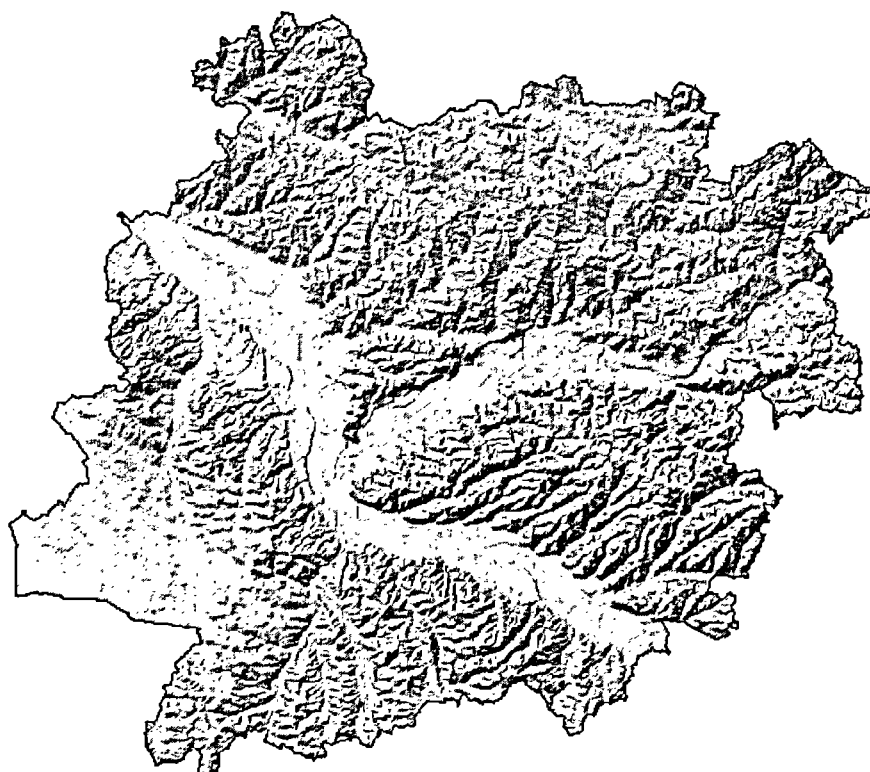
3.1. CONTEXTE GÉOGRAPHIQUE ET GÉOMORPHOLOGIQUE

Le territoire du Lot-et-Garonne, constitué de 318 communes, s'étend sur 5 360 km² et comptait en 1999 plus de 318 000 habitants. Il se présente comme une mosaïque de petits pays au relief très vallonné.

Le relief, accusé à l'Est (fig. 2), décroît du Nord-Est vers le Sud-Ouest, évoluant de paysages relativement élevés du Fumelois vers les plaines sableuses des Landes et la vallée de la Garonne.

Limité à l'Est par les terrains calcaires des Causses du Quercy, et au Nord par ceux du Périgord Noir et du Bergeracois, le département comprend au centre et au Sud, les collines molassiques très vallonnées de l'Agenais (*serres*), traversées par les deux grandes vallées de la Garonne et du Lot, dont la confluence se trouve à peu près au centre.

La partie sud-ouest est constituée par les étendues sableuses et forestières des Landes sans relief marqué, relayées à l'Ouest par les bases plaines de la vallée de la Garonne aux confins du Langonnais.



**Fig. 2 - Géomorphologie du département de Lot-et-Garonne
(d'après le Modèle Numérique de Terrain de l'IGN)**

3.2. CONTEXTE HYDROLOGIQUE

Constitué par les contreforts sud-ouest du plateau central, l'Agenais est parcouru par un réseau de rivières en éventail convergeant vers le secteur de Marmande. D'une manière générale, ce réseau s'écoule du NE vers le SW. Les principaux cours d'eau sont la Garonne et le Lot, mais quelques affluents du premier ont aussi une certaine importance : au Nord le Dropt et au Sud la Baïse (fig. 3).



Fig. 3 - Carte du réseau hydrographique du département de Lot-et-Garonne

3.3. CONTEXTE CLIMATIQUE

Le climat du Lot-et-Garonne est une transition entre le climat océanique aquitain, avec de belles arrières saisons et le climat plus continental du Midi-Toulousain.

La douceur de l'hiver et des températures estivales moyennement élevées caractérisent un climat tempéré pour l'ensemble de l'Agenais. Le Lot-et-Garonne est assez arrosé avec une hauteur moyenne annuelle de pluie de 750 mm représentative d'un climat sans excès, se situant nettement au dessus des zones françaises les plus sèches, mais bien en dessous des zones de montagne. La disposition des vallées, le moutonnement des collines, le profil et l'exposition des coteaux, les forêts, les étangs créent une gamme variée de zones spécifiques.

3.3.1. Pluviométrie

La répartition des précipitations est loin d'être uniforme sur le département. Le caractère général qui se dégage des précipitations annuelles moyennes est la nette diminution de la pluviométrie selon un axe NE-SW en relation avec la vallée de la Garonne (fig. 4). La différence est marquée et les moyennes annuelles sont assez fortes entre la moyenne vallée de la Garonne (740 mm à Agen - *La Garenne*) et les points les plus élevés du Fumelois.

La distribution des précipitations est assez bien réparties tout au long de l'année (60 mm par mois) avec cependant une période à 80 mm au mois de mai. Les pluies présentent aussi une forte similitude avec l'allure générale du relief. En été, les précipitations sont croissantes d'ouest en est avec des maxima sur les points hauts du Fumelois, du fait des orages.

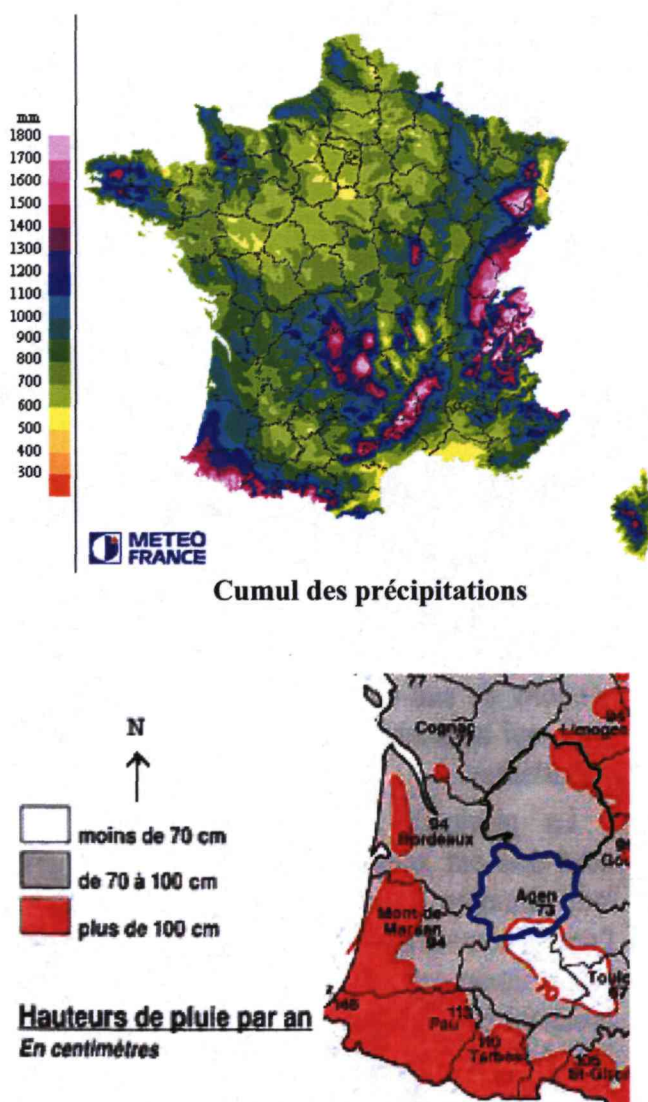


Fig. 4 - Carte des hauteurs de pluie sur le département de Lot-et-Garonne (d'après les données de Météo-France)

La moindre pluviosité de la moyenne Garonne se marque par un nombre de jours de pluie voisin de 139 pour Agen, plus proche de celui de Toulouse (137) que de celui de Bordeaux (162). Certaines quantités d'eau recueillies sous orage sont parfois très importantes comme les 74 mm enregistrés le 12 février 1990 à la station d'Agen (fig. 5).

Au total, il n'y a aucun mois sec, mais la tendance à la sécheresse peut être nette l'été. Les pluies tombent en toutes saisons, mais à Agen le printemps, avec 181 mm, est plus arrosé que l'automne (168 mm) ou que l'été (171 mm). Dans l'Agenais les jours d'orage sont en moyenne de 24; toutefois dans la moyenne Garonne, les chutes de grêle peuvent avoir une grande violence.

3.3.2. Températures

La température moyenne annuelle est plus élevée au Sud-Ouest du département qu'au Nord-Est ; elle est de 12,5°C à Agen.

Les régions de la moyenne vallée de la Garonne sont les plus chaudes. Mais l'amplitude annuelle est dans l'ensemble modérée : elle est de 15,8°C à Agen entre le mois le plus chaud (Août) et celui le plus frais (Janvier). L'amplitude thermique journalière est plus importante dans les vallées.

Les températures maximales sont plus élevées dans les vallées. La moyenne annuelle des maxima croît dans l'ensemble du Nord-Est au Sud-Ouest, de 15°C en bordure du Quercy à plus de 19°C sur l'Ouest de la vallée de la Garonne.

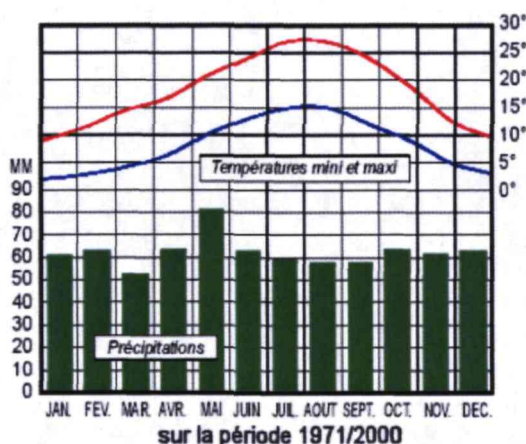
Le record de chaleur à Agen a été de 41°C le 1 août 1947. Plus récemment, le Nord du département a enregistré 40°C sous abri le 8 juillet 1982 (fig. 5).

Les températures minimales sont un peu plus élevées sur les plateaux. La température la plus froide des cinquante dernières années est pour Agen de -22°C le 15 février 1956. La diminution des températures hivernales s'accompagne évidemment d'un accroissement du nombre de jours de gelée et de leur étalement sur un plus grand nombre de mois. La durée moyenne de la période sans gelée est de 208 jours à Agen, les gelées blanches en particulier étant nettement plus fréquentes au niveau du sol. Les conditions locales jouent également un très grand rôle, en particulier lors des gelées tardives de printemps : les fonds de vallée sont beaucoup plus affectés par les gelées que les pentes.

LE CLIMAT DANS LE LOT-ET-GARONNE



Normales de températures et de précipitations à Agen-La-Garenne



Quelques records depuis 1941 à Agen-La-Garenne

Température la plus basse	-21,9 °C
Jour le plus froid	15/02/1956
Année la plus froide	1956
Température la plus élevée	41 °C
Jour le plus chaud	01/08/1947
Année la plus chaude	1997
Hauteur maximale de pluie en 24h	73,6 mm
Jour le plus pluvieux	12/02/1990
Année la plus sèche	1942
Année la plus pluvieuse	1959

fermer

Fig. 5 – Diagramme pluies-températures sur le département de Lot-et-Garonne (d'après les données de Météo-France)

3.3.3. Insolation

L'insolation est située dans une plage de 1 900 à 2 100 heures annuelles du Sud-Ouest au Nord-Est du Lot-et-Garonne (fig. 6). En hiver l'ensoleillement est plus important sur le Fumelois que sur l'Agenais, en raison du relief et d'une influence légèrement continentale sur l'Est, alors que plus à l'Ouest, l'influence océanique et la plaine de la Garonne apportent de la douceur mais aussi des brouillards ou des nuages bas. Au printemps, en été et en automne la durée d'insolation est plus forte sur le Sud-Ouest du département qu'ailleurs.

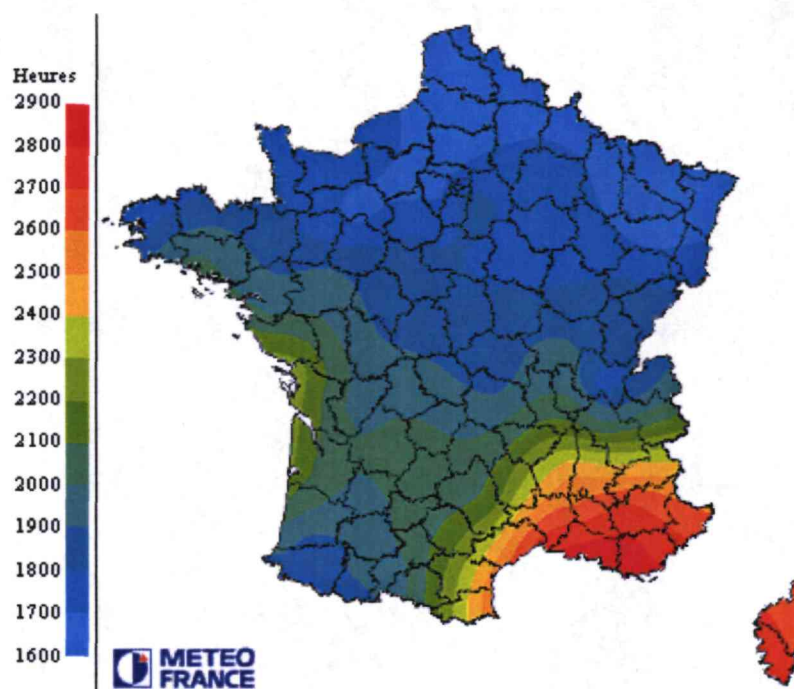


Fig. 6 – Temps d'insolation cumulée sur le département de Lot-et-Garonne (d'après les données de Météo-France)

3.4. URBANISATION DU DEPARTEMENT

La **densité de population** sur le département est de **57,1 hab/km²**. Cependant, le Lot-et-Garonne présente de vastes zones peu peuplées surtout dans les extrêmes Nord-Est et Sud-Ouest. La majorité des habitants se sont regroupés dans les vallées de la Garonne, du Lot et du Dropt, où on assiste à un phénomène d'urbanisation accrue en contraste avec des campagnes moyennement peuplées (fig. 7). Les limites approximatives des zones urbanisées du département ont été numérisées à partir des cartes topographiques IGN à l'échelle 1/25 000 (sur fond scanné, édition 1999). Il n'est pas exclu cependant que des quartiers urbanisés récemment ne figurent pas sur cette carte, ainsi que certaines maisons isolées.

Dans le département, la majorité des habitations est concentrée dans les agglomérations d'Agen, de Villeneuve et de Marmande. En 1999, la préfecture de Lot-et-Garonne, située en bordure de la vallée de la Garonne avait une densité de 2 626 hab/km².

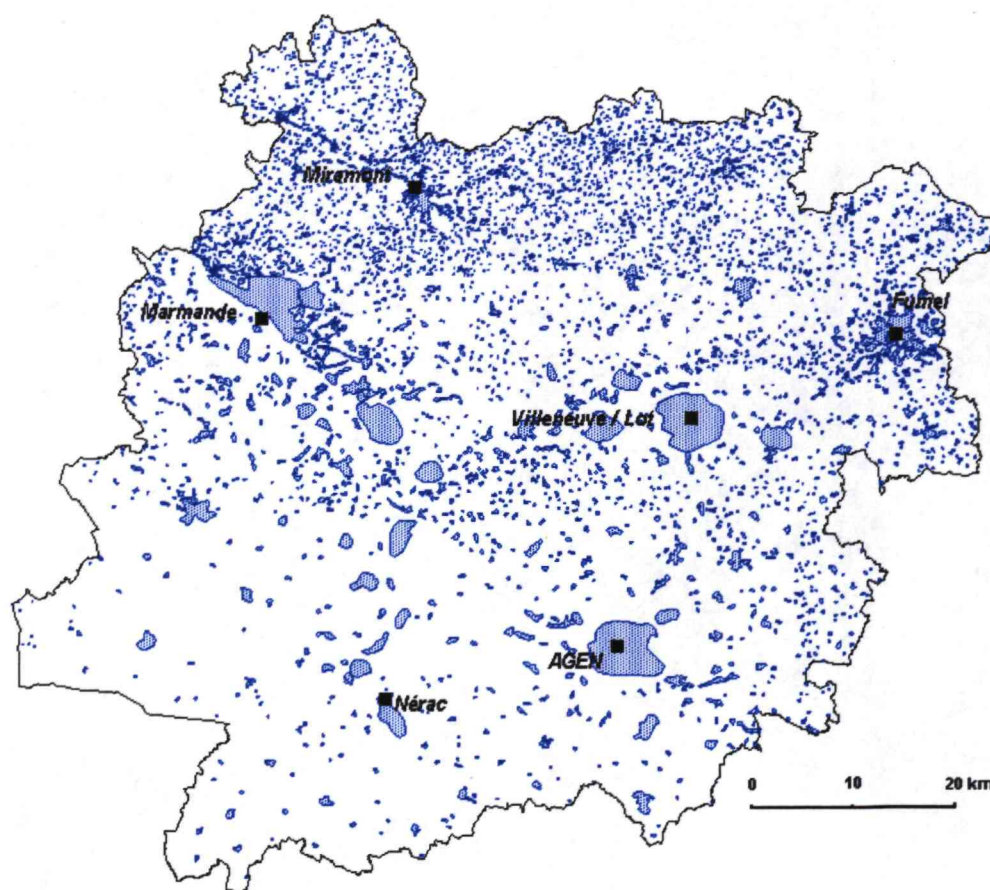


Fig. 7 – Carte des zones urbanisées et de l'habitat dispersé du département de Lot-et-Garonne

4. Identification et cartographie des formations géologiques argileuses et marneuses

4.1. OBJECTIFS, DOCUMENTS UTILISÉS ET PROCÉDURES DE RÉALISATION

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

Dans un premier temps, a été réalisée une **carte géologique de synthèse**, afin d'homogénéiser et raccorder les 16* cartes géologiques à l'échelle 1/50 000 couvrant l'ensemble du département (* non comprises les cartes qui correspondent à de minuscules secteurs). Pour ce faire il a été nécessaire de procéder à de nouvelles interprétations pour préciser certains **raccords de contours géologiques** entre les différentes cartes, ainsi que pour les correspondances lithostratigraphiques, car les cartes géologiques, réalisées à des époques différentes, ne se raccordent pas toutes et ont été parfois réalisées avec une nomenclature lithostratigraphique qui peut différer sensiblement d'une carte à l'autre.

En effet, comme partout en France, le programme des levés cartographiques géologiques à 1/50 000 s'est étalé sur de nombreuses années, les premières cartes (*Agen, Condom, St-Nicolas de la Grave*) ayant été réalisées au début des années 60 et 4 autres cartes ayant été imprimées il y a plus de 10 ans. Plus de 6 géologues cartographes principaux ont permis l'établissement de cette cartographie sur cette période de 40 ans. Les feuilles les plus récentes (*Villeneuve/Lot, Penne-d'Agenais, Valence d'Agen*) viennent d'être publiées ces deux dernières années ; mais une carte n'est encore levée (*Montréal-du-Gers*) et les contours géologiques de ce secteur ont été reproduits à partir de l'ancienne carte à 1/80 000.

Sur le territoire du département la liste des cartes géologiques à 1/50 000 comportant tout ou partie des 16 coupures suivantes (indiquées par le nom de la carte suivi de son numéro de classement BRGM), est du Nord au Sud (fig. 8) :

<i>Duras</i> (829)	<i>Eymet</i> (830)
<i>Belvès</i> (831)	<i>Marmande</i> (853)
<i>Cancon</i> (854)	<i>Fumel</i> (855)
<i>Bazas</i> (876)	<i>Tonneins</i> (877)
<i>Villeneuve/Lot</i> (878)	<i>Penne-d'Agenais</i> (879)
<i>Losse</i> (900)	<i>Nérac</i> (901)
<i>Agen</i> (902)	<i>Valence-d'Agen</i> (903)
<i>Montréal</i> (927)	<i>Condom</i> (928)

Les notices et cartes géologiques à 1/50 000 couvrant le département constituent la partie prépondérante des données de base prises en compte pour la réalisation de cette synthèse cartographique.

La consultation de la Banque de données du Sous-Sol (BSS) du Service Géologique Régional Aquitaine a fourni une actualisation aux contours géologiques déjà existants et l'analyse des publications scientifiques portant sur la zone d'étude a amélioré l'approche de la lithologie et de la minéralogie des formations.

Sur la surface couverte par le département ont été dénombrées **plus de 50 formations géologiques** cartographiées à l'échelle du 1/50 000 et représentées de manière très synthétique sur la carte de la figure 9.

A partir de cette première carte de synthèse, a été réalisée une **deuxième carte d'interprétation**, compilée à l'échelle 1/125 000, dans laquelle **n'ont été prises en compte que les formations et unités argileuses et marneuses**, qui sont au nombre de 19, listées dans le tableau de l'annexe 3 et associées aux noms des fichiers-tables numériques correspondants dans l'application Mapinfo. Il a également été établie une légende lithologique sommaire décrivant ces types de formations en adoptant une **nomenclature lithostratigraphique** qui se rapproche le plus possible de celle adoptée pour la série sédimentaire du Nord du Bassin d'Aquitaine.

Dans un troisième temps, à partir de cette deuxième carte, a été réalisée une **dernière carte d'interprétation** à l'échelle 1/125 000, plus simple, 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 était supposé semblable. On aboutit alors à la carte des **formations géologiques identifiées comme susceptibles de contenir des minéraux argileux gonflants**. Il a ainsi été possible, par regroupements successifs, de ramener à 13 le nombre des **formations** (ou groupes de formations) **argileuses ou marneuses** prises en compte, listées dans le tableau de l'annexe 2 (carte 1 hors-texte).

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 simplifiée qui servira de support à l'élaboration des **cartes de susceptibilité et d'aléa** au retrait-gonflement (cartes 2 et 3 hors-texte).

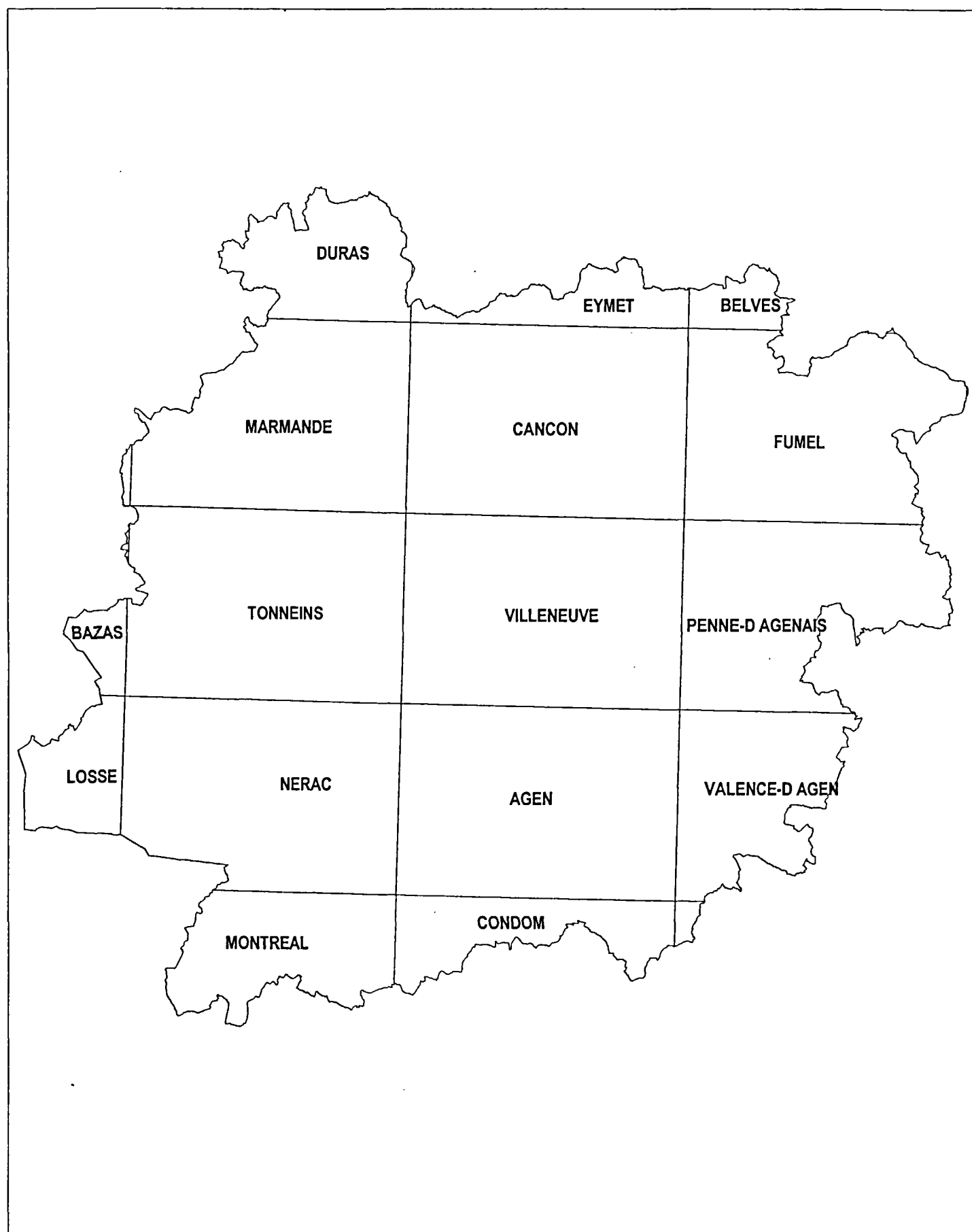


Fig. 8 - Assemblage des cartes géologiques à 1/50 000 dans le Lot-et-Garonne

4.2. CADRE GÉOLOGIQUE DÉPARTEMENTAL

Parmi les départements de la Région Aquitaine, celui de Lot-et-Garonne présente une géologie assez peu variée, du fait de sa situation en position sub-centrale du Bassin d'Aquitaine (fig. 9) :

- au Sud-Est, au centre et au Nord, développement des *formations sédimentaires* sablo-argileuses déposées à l'ère *tertiaire*, appelées *molasses*, constituant le véritable pays agenais.
- au Nord-Est, en Périgord Noir et aux limites du Quercy, affleurements des *formations sédimentaires* principalement *calcaires*, mais aussi *gréso-sableuses* du Crétacé supérieur et calcaires du Jurassique, recouvertes de leurs altérites
- au Sud-Ouest, dans les Landes, recouvrement des *formations sédimentaires plio-quaternaires à dominante sableuse*

Dans le détail cette **répartition** des formations géologiques se révèle **un peu plus complexe**, car les reliefs assez accusés de ce département traversé par les moyennes vallées de quatre grands cours d'eau (**Garonne, Lot, Dropt et Baïse**), permettent notamment de faire affleurer presque partout des formations de **calcaires lacustres** intercalées au sein des **puissantes séries de molasses argileuses du Tertiaire**.

Des coupes géologiques simplifiées du département de Lot-et-Garonne (fig. 10) montrent le pendage général des terrains vers le Sud-Ouest et donc la superposition en relais des formations calcaires jurassiques à l'Est (*en bleu*), puis crétacées (*en vert*), elles-mêmes recouvertes par les terrains argileux du Tertiaire (*en jaune*) formant le cœur de l'Agenais. Des coupes verticales détaillées précisent la place des terrains molassiques argileux et marneux au sein de la série sédimentaire dont l'épaisseur totale peut dépasser 1 500 mètres.

Cette grande diversité se retrouve dans la variété des paysages qui en découle naturellement :

- plateaux vallonnés couverts de profondes forêts de châtaigniers du Périgord Noir et du Fumélois, bordés par des falaises des calcaires crétacés des vallées de la Lémance et du Lot,
- hauts plateaux calcaires secs et pierreux des causses jurassiques en bordure du Quercy,
- plateaux calcaires tertiaires du secteur de Laroque-Timbaut, St-Antoine de Ficalba, St-Maurin, (Quercy Blanc),
- paysages ouverts de collines argilo-marneuses molassiques cultivées, entrecoupées de petites falaises calcaires, séparées par d'innombrables combes en Agenais, Marmandais et Néracais (paysage de *serres*), car structurées par un réseau hydrographique dense, tributaire de la Garonne ou du Lot,
- vastes forêts de pins plantées dans les terrains sableux de la bordure de la plaine landaise.

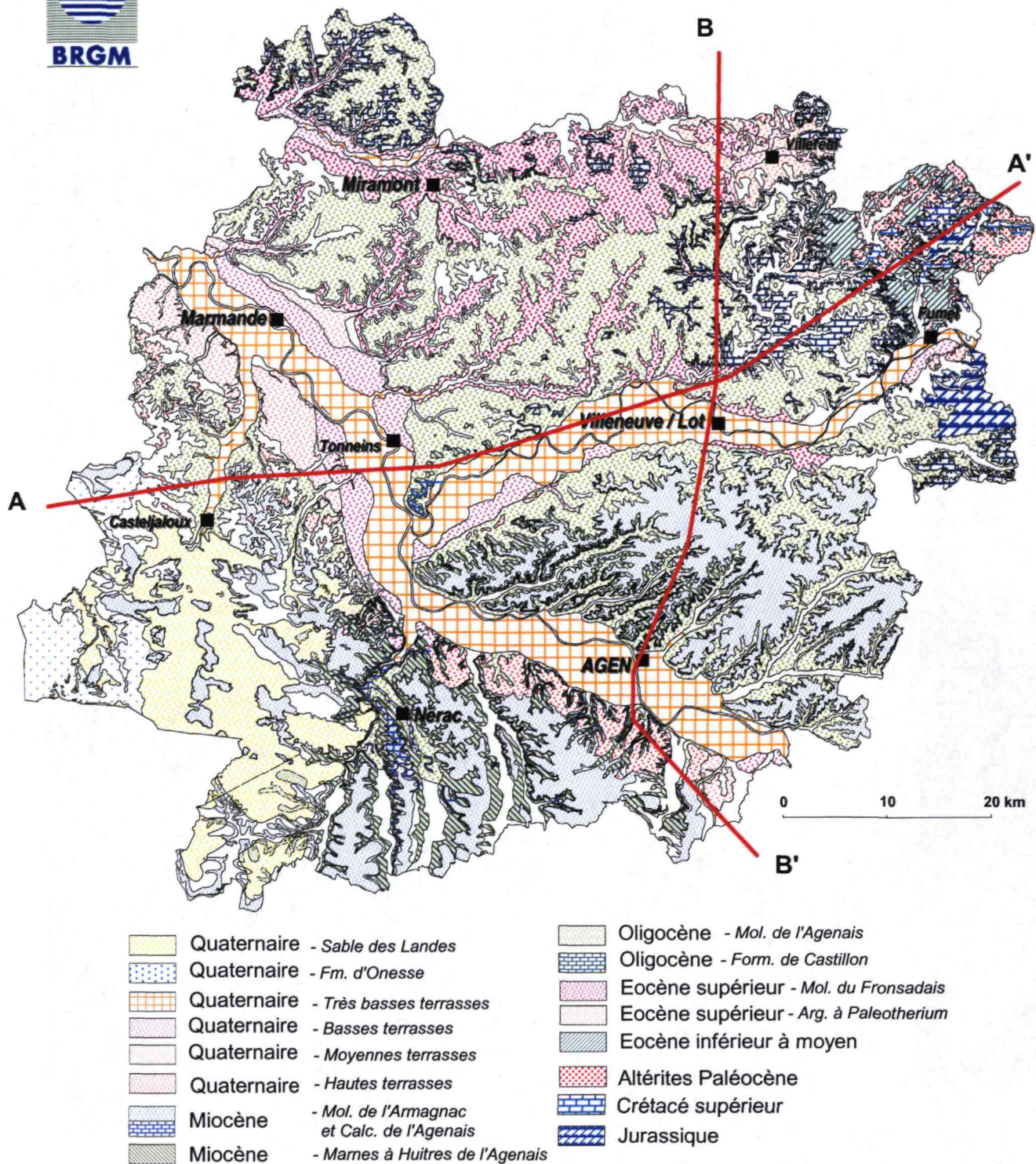
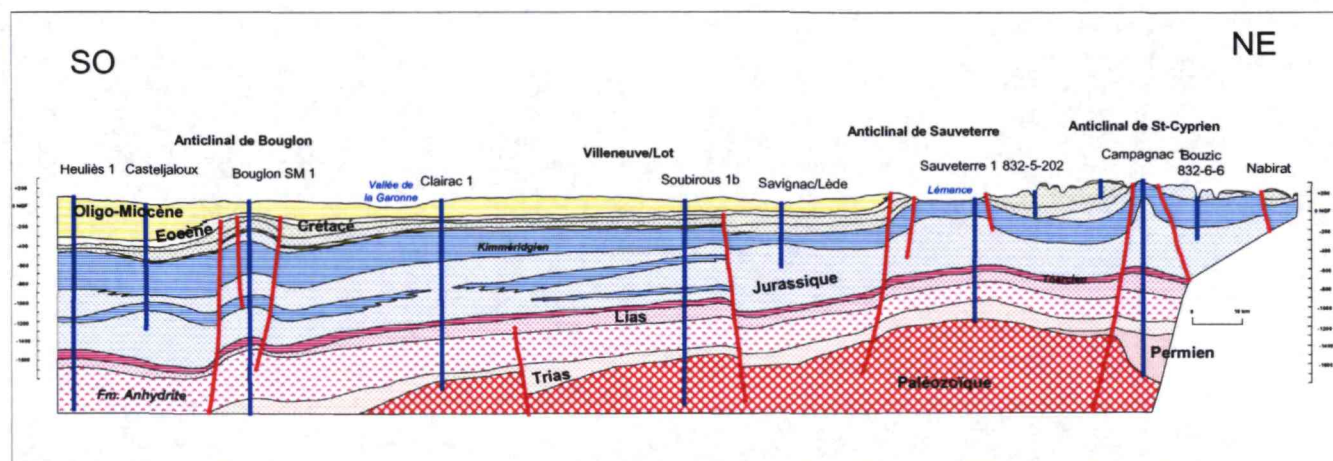
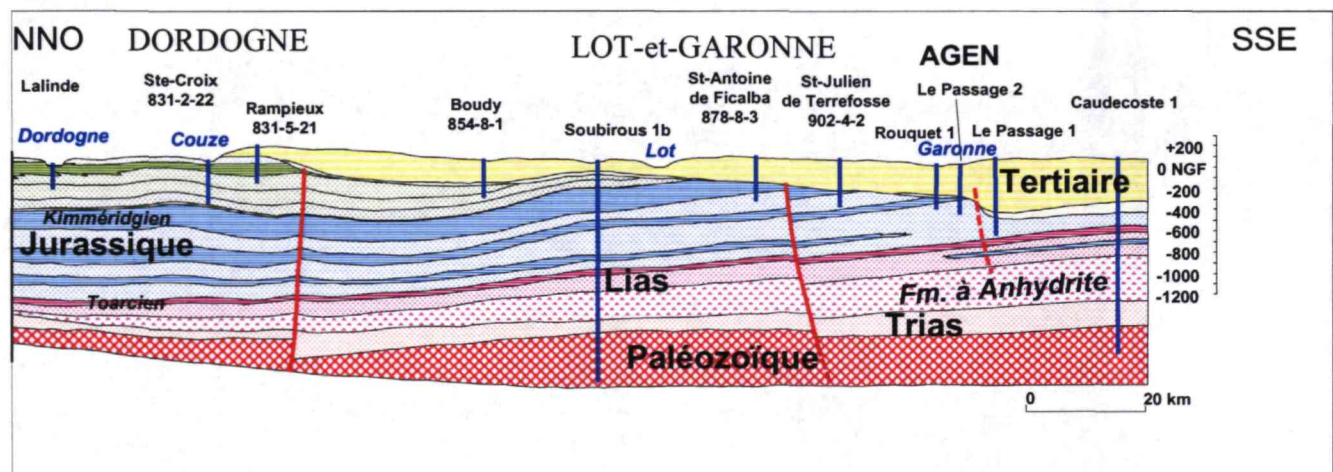


Fig. 9 - Carte géologique synthétique du Lot-et-Garonne



Coupe A-A'



Coupe B-B'

Fig. 10 – Organisation structurale des terrains et des formations géologiques du département de Lot-et-Garonne

4.3. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

Les données et commentaires ont été extraits des notices des cartes géologiques et de rapports du BRGM sur les potentialités et la protection des nappes d'eau souterraines du département de Lot-et-Garonne. Compte tenu des pendages des couches vers le Sud-Ouest, les nappes libres de la partie Nord-Est du département s'enfoncent progressivement vers le bassin et deviennent captives sous différentes formations imperméables.

4.3.1. Nappes superficielles

Il existe un nombre important d'aquifères superficiels ou nappes libres, que l'on peut classer des plus anciens aux plus récents :

- les calcaires du Jurassique très peu sollicités et affleurants à l'extrême Nord-Est ;
- les formations carbonatées du Crétacé supérieur ne couvrant qu'une petite partie au Nord-Est du département ;
- les sables plus ou moins argileux du Tertiaire, recouvrant généralement les formations crétacées et quelquefois le Jurassique au Sud de Villeneuve ;
- les niveaux grés-sableux disséminés un peu partout dans les formations molassiques, principalement dans le membre supérieur de *la Molasse du Fronsadais* ;
- les assises de calcaires lacustres qui sont partout interstratifiés dans la série molassique, principalement ceux de la *Formation de Castillon* et des formations du *Calcaire Blanc de l'Agenais* et du *Calcaire Gris de l'Agenais* ;
- la Formation du *Sable des Landes* qui n'existe qu'au Sud de la Garonne entre Nérac et Casteljaloux ;
- les alluvions du Quaternaire, qui bordent les grandes vallées.

4.3.2. Nappes profondes

Les principales nappes profondes, qui sont le prolongement des précédentes, sont souvent d'assez grande extension. On distingue, du bas vers le haut :

- les réservoirs aquifères calcaires plus ou moins karstiques du Jurassique, bien séparés ou non par des formations marneuses ou marno-calcaires. Ce sont, de bas en haut :
 - les calcaires et dolomies du Bajocien (100/150 m)
 - les calcaires du Bathonien supérieur / Callovien / Oxfordien (120/150 m)
 - les calcaires de l'Oxfordien / Kimméridgien basal (150/200 m)
- les aquifères karstiques crétacés, qui n'existent que dans la moitié nord et dans l'Ouest du département, sont surtout captés en Périgord Noir et jusque dans le Tonneinçais, car pas trop profonds (150 à 400 m), avec trois principaux aquifères :
 - les grès du Turonien supérieur (25/30 m de puissance)
 - les calcaires et grès du Coniacien-Santonien (90/200 m)
 - les calcaires et grès du Campanien supérieur (60 m)
- les aquifères de l'Eocène inférieur et moyen qui sont captés entre 200 et 300 mètres, essentiellement dans le Nord-Ouest du département (Marmande, Miramont) ;
- les niveaux gréseux intercalés dans la série molassique éocène et oligocène
- les formations calcaires peu profondes du Miocène au Sud de la Garonne entre Nérac et Casteljaloux.

Le pendage général vers le Sud-Ouest fait plonger le toit des terrains jurassiques de +220 NGF dans le secteur de Mauroux, jusqu'à - 550 NGF dans le Sud-Ouest du département après une zone assez plate autour de - 200 NGF sous la vallée du Lot (fig.10).

4.4. LITHOSTRATIGRAPHIE DES FORMATIONS ARGILEUSES ET MARNEUSES

Ce chapitre dresse un inventaire des 13 formations ou groupes de formations géologiques argileuses et marneuses sélectionnées dans le département de Lot-et-Garonne et caractérise leur nature lithologique. Les unités géologiques non sélectionnées ne seront pas décrites ici en détail (voir commentaires du tableau 11).

Les formations argileuses et marneuses sont décrites depuis les plus anciennes jusqu'aux plus récentes. Une carte géologique synthétique de ces formations est présentée en figure 11 et en carte hors-texte à l'échelle 1/125 000 (carte 1).

4.4.1. Formation des Marnes du Kimméridgien

Surtout rencontrée dans la partie Nord-Est du département (Sauveterre-la-Lémance et au Nord de Tournon d'Agenais). La majeure partie de cette formation jurassique est composée par une alternance de petits bancs de calcaire beige à grisâtre et de bancs marneux gris, admettant quelques passées dolomitiques. L'épaisseur des assises marneuses s'amplifie vers le sommet alors que le calcaire, autre composant de l'alternance, devient micritique.

Ces milieux de dépôt appartiennent à la plate-forme interne à tendance proximale. On note un renforcement de la bathymétrie vers l'Ouest.

4.4.2. Altérites du Périgord Noir

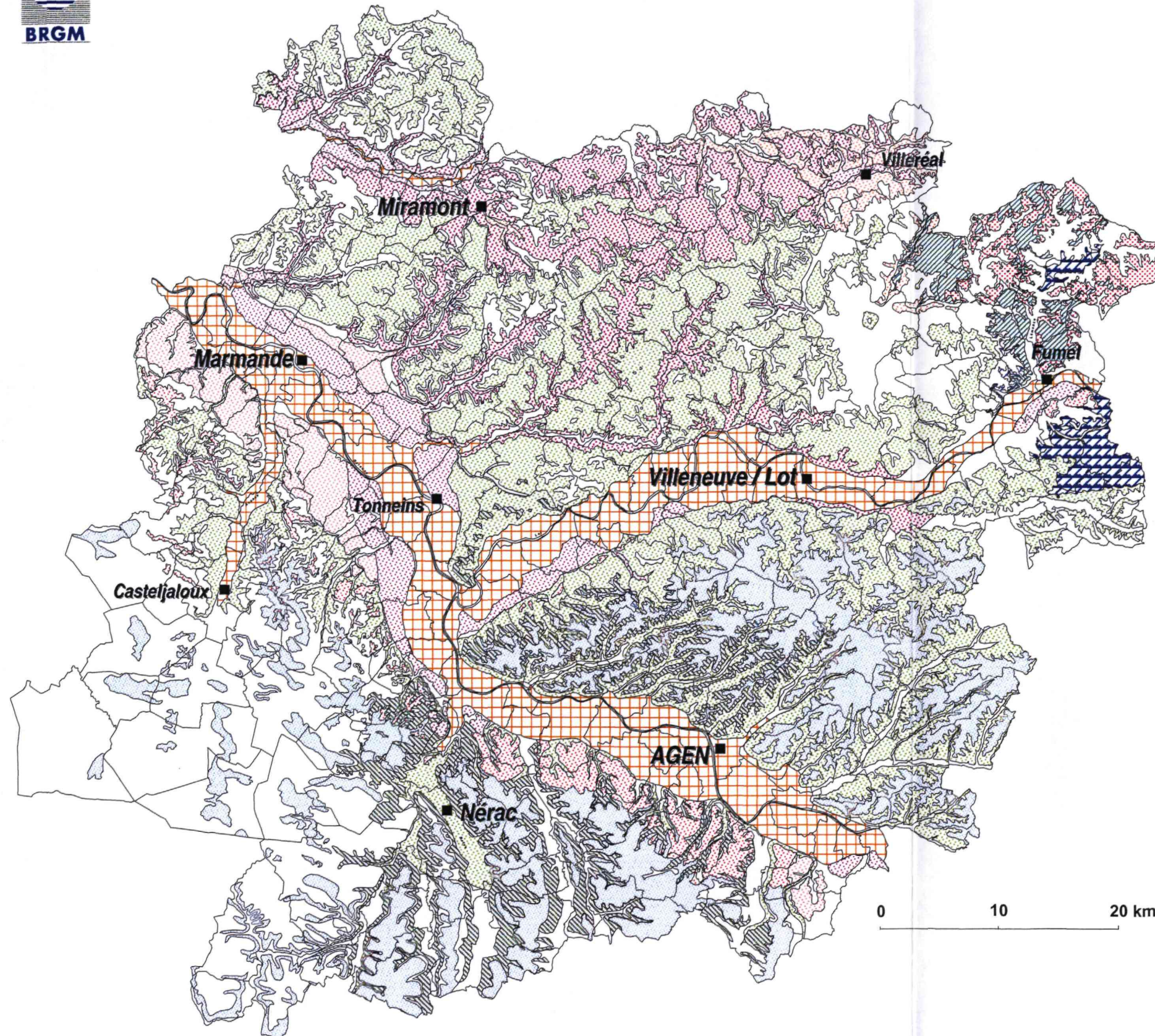
Ces altérites se situent au Nord-Est du département. Elles surmontent *les terrains crétacés calcaires du Santonien et du Coniacien* qui se distinguent des dépôts éocènes par leur nature argilo-silteuse et une faible abondance de débris silicifiés (fig. 12).

4.4.3. Formation du Brétou

Visibles dans la partie Nord-Est du département, il s'agit de sables grossiers argileux vert pâle à jaunâtre, feldspathiques et micacés à petits graviers roulés, déposés surtout pendant l'Eocène moyen. Les stratifications obliques, fréquentes dans cette assise, sont souvent perturbées par des phénomènes post-sédimentaires. Presque partout les circulations et précipitations d'oxyde de fer ont coloré ces sables gris vert de teintes très vives allant du jaune orangé au rouge violacé. Les petites couches d'argiles plastiques silteuses qui y sont interstratifiées sont également versicolores ; la kaolinite est toujours très largement dominante. Vers le haut de cette masse sableuse, des silicifications parfois très massives ont pris naissance à la suite de circulations paléohydrologiques. Ces grès siliceux (*grisons*) parfois très durs peuvent atteindre 3 à 6 mètres d'épaisseur mais sont le plus souvent démantelés et forment des chaos (Fumel).

4.4.4. Formation des Argiles à *Palaeotherium*

Au Nord-Est cette formation d'âge éocène supérieur affleure largement en Périgord Noir. De manière générale, il s'agit d'une série de séquences fluviales majeures dont l'épaisseur unitaire moyenne est de l'ordre de 40 m dans le secteur ouest. Ce sont surtout des argiles silteuses jaune-vert peu carbonatées. Les dépôts de base de faible puissance (7 à 10 m en moyenne) peuvent présenter un contact érosif, localement marqué par des décharges de sables, graviers et galets de taille variable, alors que le sommet de la séquence est terminé par 30 à 35 m d'argiles versicolores carbonatées (fig. 13). Cet ensemble complexe présente de nombreux arrêts de sédimentation soulignés par des horizons pédogénétisés rougeâtres ou des



LEGENDE DES FORMATIONS ARGILEUSES ET MARNEUSES

Quaternaire		Très basses terrasses
		Basses terrasses
		Moyennes terrasses
		Hautes terrasses
Miocène		Molasses de l'Armagnac
		Marnes à Huitres de l'Agenais
Oligocène		Molasses de l'Agenais
		Molasses du Fronsadais
Eocène		Formation des Ondes
		Argiles à Palaeotherium
		Formation du Brétou
Pal.		Altérites du Périgord Noir
Jurassique		Marnes du Kimméridgien
		Formations non argileuses ou non marneuses

Remarque : Les zones d'affleurement des formations calcaires de la série molassique tertiaire n'ont pas été représentées quand ces terrains forment des falaises (Calcaire de Castillon, Calcaires de l'Agenais, par ex.). Les formations de molasses apparaissent donc en continuité sur cette carte.

**Fig. 11 - Carte géologique
des formations argileuses et marneuses sélectionnées
dans le département de Lot-et-Garonne**

dépôts à caractère chimique : argiles de milieux péri-évaporitiques (présence de sépiolite, attapulgite), calcaires lacustres et accumulations secondaires de type calcrète.

La teneur en carbonates est variable, mais le plus souvent inférieure à 20 % ; ils sont disséminés dans la matrice argileuse ou quelquefois concentrés en nodules (poupées carbonatées) suivant certains niveaux. Du gypse en petits cristaux et des silts quartzeux existent localement.

4.4.5. Formation des Ondes

Egalement située dans la partie Nord-Est du département à l'Ouest de Fumel, il s'agit de calcaires blancs légèrement crayeux par endroits qui se chargent de gros grains de quartz en s'approchant de la vallée du Lot, constituant la formation du Calcaire des Ondes (Eocène supérieur).

Juste à l'Est de Salles, là où la flexure post-éocène moyen est la mieux marquée, les éléments contenus et les différences altimétriques entre ce calcaire et le substrat crétacé tout proche attestent de l'existence d'un important paléorelief contre lequel venait buter la sédimentation molassique.

En fait ce sont essentiellement des altérites de ces calcaires qui ont été retenues dans la sélection des formations sensibles, car elles peuvent présenter des épaisseurs notables (métrique).

4.4.6. Formation des Molasses du Fronsadais

Les Molasses du Fronsadais qui se sont déposées depuis la fin de l'Eocène (Priabonien) jusqu'à l'Oligocène basal, existent dans une vaste région entre la vallée du Dropt et celle du Lot, dans les petites vallées affluentes de ce dernier. La puissance des Molasses du Fronsadais varie entre 30 et 50 m.

Trois membres sont généralement individualisés dans cette formation, dont les caractères peuvent être assez différents d'un secteur à l'autre. Quand les cartes géologiques, qui ont servi de données de base, sont suffisamment détaillées et récentes, l'emprise cartographique représentée sur la carte synthétique en annexe correspond aux seuls termes argileux. A défaut, toute la formation molassique a été prise en compte.

La cartographie détaillée a permis de distinguer (fig. 13) :

- à la base, un premier membre où dominant des argiles carbonatées plus ou moins grumeleuses, vert-jaune, de plaine d'inondation, interstratifiées par des chenaux sablo-graveleux carbonatés (12 m environ) ;
- un membre moyen constitué principalement par des argiles carbonatées blanches à beiges à chenaux sableux, mais débutant quelquefois par un petit niveau de calcaire lacustre équivalent du Calcaire d'Issigeac (15 m environ). Des horizons contenant du gypse en petits cristaux sont présents dans le Sud-Ouest. Ils seraient équivalents du niveau à gypse de Sainte-Sabine en Dordogne.
- un membre supérieur caractérisé par d'importants chenaux sableux, principalement à la base, et terminé quelquefois par des argiles jaune-ocre à jaune-vert silteuses (5 à 12 m).

A la base ou dans la partie inférieure du *membre moyen* peuvent exister des sables grossiers à moyens vert kaki, souvent cimentés en grès mi-dur. L'épaisseur de ces dépôts, typiques d'environnements de chenal en base de séquence, peut atteindre 5 m. Ils y sont surmontés par 3 m de silts argileux micacés qui passent peu à peu aux argiles carbonatées du sommet de la séquence.

Le sommet du *membre moyen* (5 à 7 m) est toujours nettement argileux et la plupart des tuileries artisanales de toute cette région extrayaient leur matière première de ce niveau. Dans les derniers mètres, l'assise argileuse est toujours altérée par de très nombreuses marbrures ocre qui donnent, dans la vallée du Dropt, une couleur généralement brune à la masse, ressemblant ainsi à la Formation des Argiles à *Palaeotherium*.

Localement, au Nord du Lot-et-Garonne (Duras, Auriac, La Sauvetat/Dropt), sur une épaisseur de 5 à 10 m en moyenne, la *partie supérieure* des dépôts attribuable aux Molasses du Fronsadais, est constituée par des argiles carbonatées, le plus souvent jaunâtres, alors que généralement le premier ensemble correspond principalement à des sables argilo-feldspathiques grisâtres présentant localement des traînées blanchâtres plus carbonatées. Ces différences sur la bordure nord du bassin molassique peuvent s'expliquer par une plus grande proximité des apports silicoclastiques grossiers venant du Massif Central.

4.4.7. Formation des Molasses de l'Agenais

C'est la formation la plus étendue à l'affleurement des molasses du Lot-et-Garonne, qui constitue l'essentiel des terrains sur les coteaux entre la vallée de la Garonne et celle du Lot, ainsi que les plateaux ondulés au Nord du département. Au sein de cette formation d'âge oligocène, d'une puissance totale de 50 à 60 m, se distinguent deux membres d'épaisseur approximativement égale, qui ont été analysés dans un premier temps de manière séparée. C'est le calcaire de Monbazillac, qui sépare le membre inférieur du membre supérieur de cette formation molassique.

Les Molasses de l'Agenais, ont une composition moyenne légèrement différente de celle des Argiles à *Palaeotherium* avec une teneur en silts quartzeux et micacés plus importante et un pourcentage de calcite assez semblable.

Partie inférieure (15 à 30 m)

Les dépôts fluvio-lacustres qui constituent la Molasse de l'Agenais s'ordonnent en plusieurs faciès, déposés en séquences positives répétitives. La base est constituée par des grès carbonatés et micacés, tendres, gris clair. Les éléments solides sont en majorité quartzeux, de taille moyenne à grossière, subarrondis, de couleur gris clair. Ces corps gréseux sont déposés sous des conditions hydrodynamiques capables de raviner le substratum et de construire des stratifications obliques ou entrecroisées. La capacité de transport baissant, la sédimentation devient silteuse, carbonatée et micacée. La couleur évolue vers des teintes jaune pâle à marbrures bleu clair et taches ocre. Des phénomènes de diagenèse calcitique tardive peuvent modifier une partie de ces dépôts et les indurer. La partie sommitale est représentée par des argiles carbonatées parfois silteuses jaunâtres à taches bleu et ocre.

Cette évolution sédimentaire s'inscrit dans un modèle de dépôt de milieux fluvio-lacustres, reflétant une décroissance de l'énergie hydrodynamique du bas vers le haut.

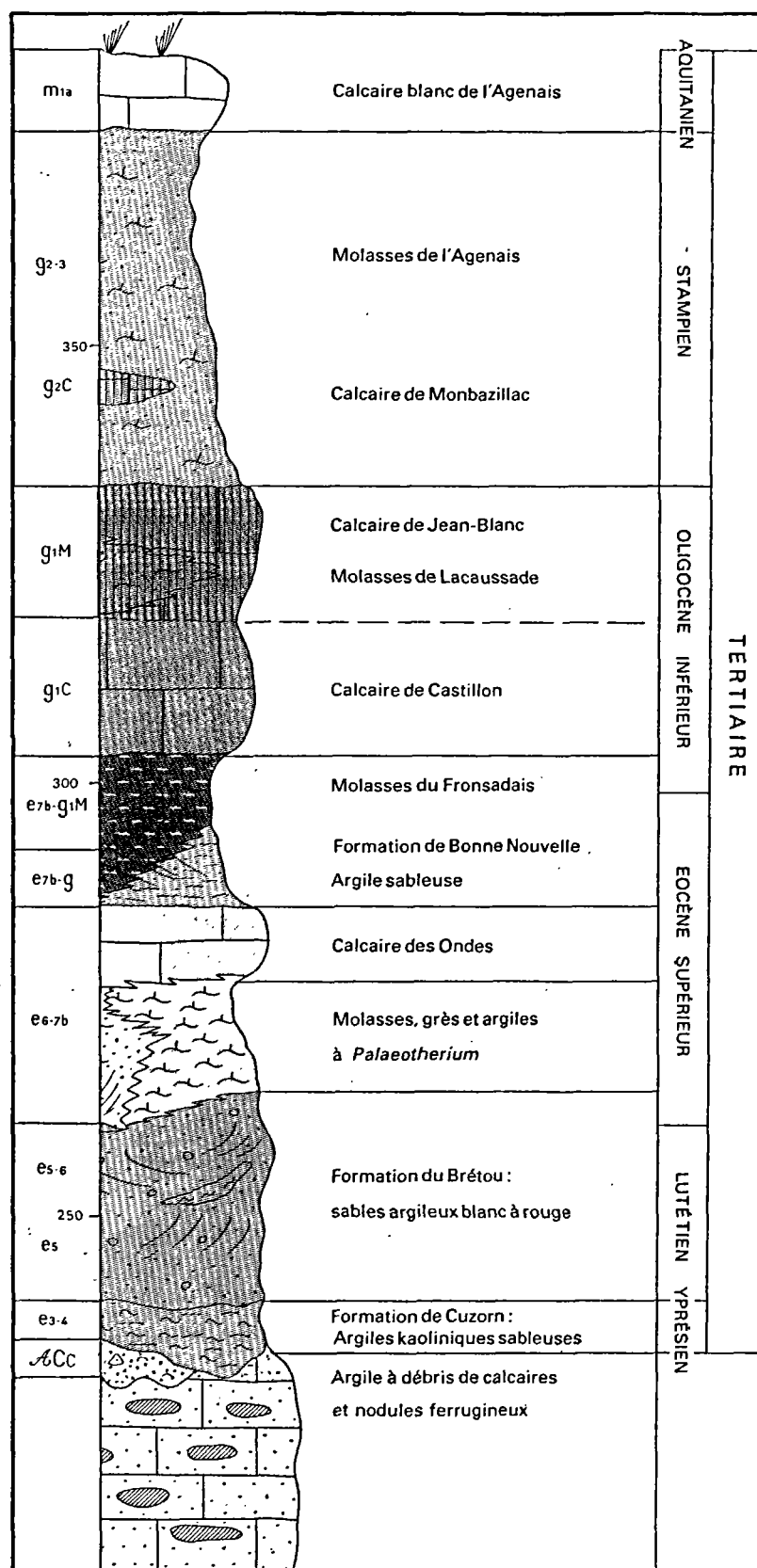


Fig. 12 – Position stratigraphique des formations argileuses dans le secteur nord-oriental du Lot-et-Garonne

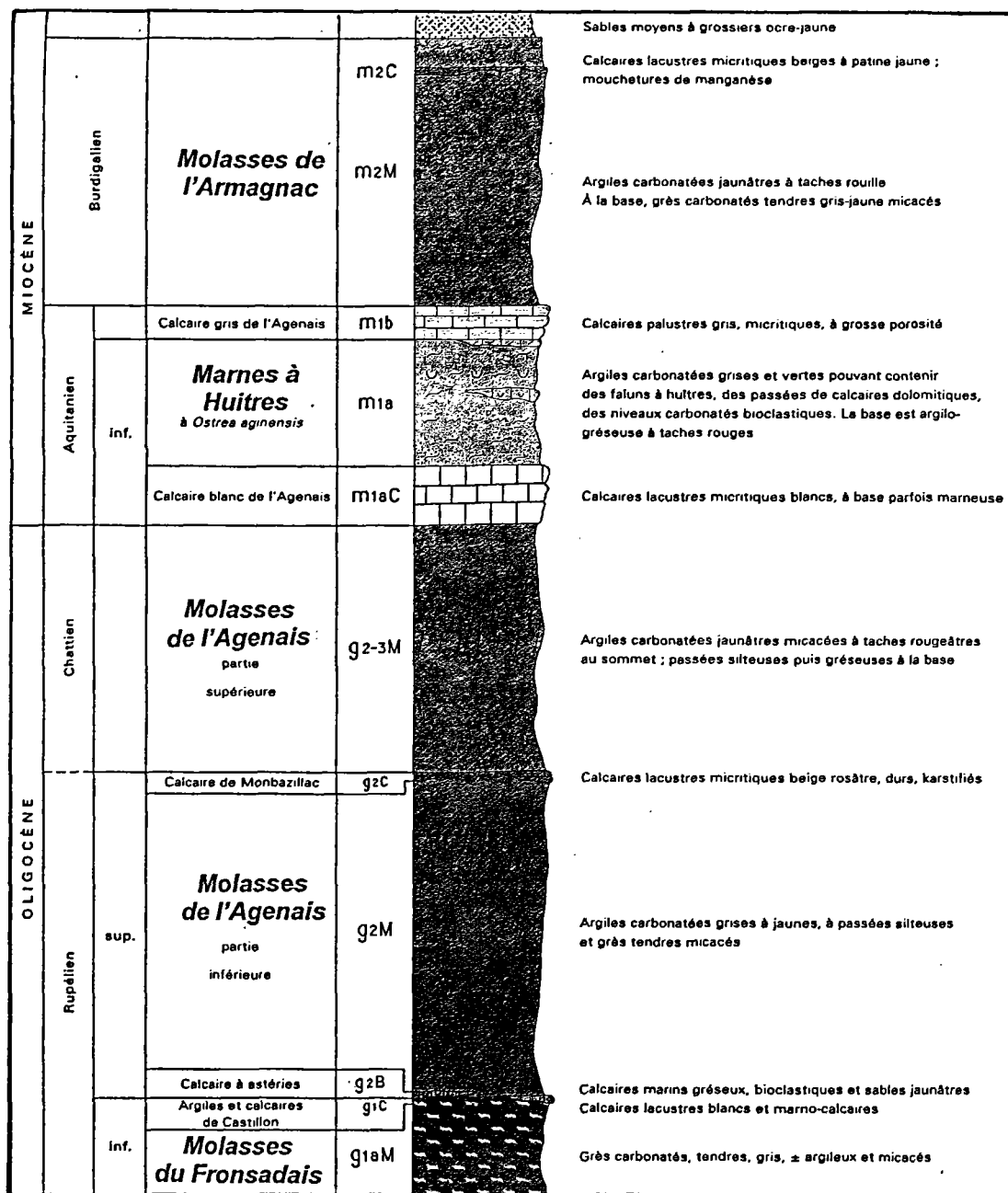


Fig. 13 – Position stratigraphique des formations argileuses de la série des Molasses tertiaires du Lot-et-Garonne

Partie supérieure (20 à 40 m)

A la base se trouvent des grès carbonatés gris clair peu indurés, micacés, comportant des éléments grossiers de quartz, quartzites et lydiennes, aux formes arrondies et à l'enveloppe corrodée. Des stratifications obliques ou entrecroisées y existent.

Les dépôts se poursuivent vers le haut par des silts gris à jaunes, carbonatés, micacés, légèrement indurés pouvant comporter des traces pédogénétiques colorés et des nodules carbonatés centimétriques. Puis il y a passage graduel vers des argiles carbonatées jaunes et bleues pouvant contenir des nodules carbonatés blanchâtres plus ou moins friables. La partie terminale est constituée par des marno-calcaires blancs pulvérulents parfois grumeleux où se produisent des altérations ocre subverticales.

La superposition sédimentaire reflète une dynamique de dépôts fluvio-lacustres faisant se succéder aux chenaux d'apports détritiques grossiers, des faciès plus calmes et fins de plaine d'inondation, sous climat chaud.

4.4.8. Formation des Marnes à huîtres de l'Agenais

Dans le secteur de Agen - Aiguillon - Nérac, à mi pente des coteaux qui entourent la vallée de la Garonne, affleure la formation des marnes à huîtres d'âge miocène inférieur. Leur puissance est généralement comprise entre 10 et 25 m. Elles se biseautent pour disparaître complètement à l'Est. Sur la carte hors-texte elles ont été représentées en continuité apparente avec les Molasses de l'Agenais, car la Formation du Calcaire blanc de l'Agenais qui les sépare, correspondant toujours à une falaise, n'a pas été représentée à cette échelle de synthèse.

Partout où il est individualisé, ce niveau qui surmonte la Formation du Calcaire blanc de l'Agenais et qui supporte le Calcaire gris de l'Agenais (fig. 13), est constitué par des marnes vertes, plus ou moins silteuses (grains anguleux à subanguleux) à petits débris de mollusques et d'échinides. Localement existent des lumachelles à grosses huîtres abondantes (*O. aginensis*).

4.4.9. Formation des Molasses de l'Armagnac

Elles existent surtout au Sud de la Garonne entre Nérac et Marmande où leur puissance est comprise entre 40 et 60 m. Plusieurs unités argileuses sont distinguables dans cette série d'âge miocène inférieur à moyen, séparées par des assises calcaires (*Calcaire de Gondrin*, *Calcaire de Herret*, *Calcaire de Lectoure*):

A la base, des argiles carbonatées jaunâtres à taches ocres et vertes, qui se termine par un niveau argileux carbonaté gris clair à taches jaunes et blanches carbonatées et pulvérulentes.

La deuxième unité débute par un épisode détritique de grès fins à silteux, carbonaté, gris clair, micacé, à laminites subhorizontales. Vient ensuite la majeure partie de l'unité constituée par des argiles carbonatées marron clair grumeleuses admettant des dépôts de silts carbonatés, micacés, gris clair à taches ocres et jaunes.

L'unité suivante est constituée de sédiments argilo-silteux carbonatés marron jaunâtre à taches bleues. Ces différents faciès s'inscrivent dans un contexte fluvio-lacustre de plaine d'inondation soumis à un climat chaud.

Molasses résiduelles

Sur la majeure partie du sommet des plateaux ondulés entre Agen et Villeneuve, les molasses de l'Armagnac sont résiduelles au-dessus du Calcaire gris de l'Agenais (épaisseur de l'ordre de 2 à 5 m). Comme il est très difficile de connaître l'extension exacte des zones argileuses de molasses résiduelles et/ou des argiles de décarbonatation piégées dans les dépressions karstiques, *généralement minimisées sur les cartes géologiques par rapport à la réalité*, c'est l'emprise cartographique du Calcaire Gris de l'Agenais qui a été représentée par principe de précaution. Les traitements des données géotechniques de ces molasses résiduelles ont cependant été d'abord effectués séparément dans la base de données, avant de les rassembler avec les valeurs de la Molasse elle-même.

4.4.10. Hautes terrasses quaternaires

Ces dépôts peu épais, qui sont affleurants le long de la vallée de la Garonne (rive gauche), sont constitués par des graviers et petits galets dans une matrice argilo-sableuse. Ils ont subi de très fortes pédogenèses qui se sont traduites, en particulier, par une altération poussée des galets de roches métamorphiques, par un enrichissement en argile et par une importante et profonde rubéfaction.

4.4.11. Moyennes terrasses quaternaires

L'épaisseur de ces alluvions est le plus souvent comprise entre 1 et 3 m. Elles sont constituées de sables argileux, graviers et galets de roches variées. Elles existent entre Tonneins et la limite nord-occidentale du département, de part et d'autre de la vallée de la Garonne.

4.4.12. Basses terrasses quaternaires

Ces différentes terrasses fluviatiles constituent l'essentiel des dépôts affleurant de part et d'autre des cours de la Garonne et de la basse vallée du Lot. L'épaisseur de ces terrains est comprise entre 1 et 5 m. Ces terrasses sont constituées surtout de sables, graviers et galets de roches variées, voire de lentilles de sables argileux.

4.4.13. Très basses terrasses quaternaires

Ces différentes terrasses fluviatiles constituent l'essentiel des dépôts affleurant dans le lit majeur de part et d'autre des cours de la Garonne, du Lot, du Dropt et de l'Avance. L'épaisseur de ces terrains est comprise entre 1 et 5 m. Ces alluvions sont surtout limoneuses en surface au-dessus de sables et de graviers qui constituent la terrasse würmienne.

5. Caractérisation minéralogique et géotechnique des formations argileuses et marneuses

5.1. MINÉRALOGIE DES FORMATIONS

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 smectites/illite (S/I) ou illite/smectites (I/S). La caractérisation minéralogique des argiles se détermine par des analyses physiques par diffractométrie de rayons X.

5.1.1 Source des données

De manière générale les dossiers de demande de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle, fournis par les communes, ne présentent aucune caractérisation qualitative ou quantitative des minéraux argileux composant les formations géologiques identifiées comme susceptibles. En revanche, certains rapports d'expertise de bâti sinistré, réalisés à la demande des compagnies d'assurance, indiquent parfois les natures minéralogiques des argiles, mais généralement sans les quantifier. Ces études sont réalisées sur des échantillons d'argile prélevés à la tarière à proximité du bâti sinistré.

Les données les plus précises sur la composition minéralogique des formations argileuses du département ont été obtenues à partir d'une revue bibliographique plus générale portant sur les formations géologiques du département de Lot-et-Garonne, notamment à partir des notices des cartes géologiques et surtout de la base ROMIAQ, développée au Service Géologique Régional Aquitaine du BRGM, qui recense les indices en matériaux de carrière de toute la région. Une trentaine d'analyses diffractométriques concernant les formations géologiques du département y étaient archivées, mais leur répartition n'est pas très bien adaptée pour cette étude car ces analyses concernent surtout certaines formations dont les matériaux avaient un intérêt particulier en tant que matières premières exploitables.

Aussi pour les formations mal ou non caractérisées, cette connaissance a été complétée par une campagne d'échantillonnage qui a permis d'effectuer une dizaine d'analyses diffractométriques, réalisées par le BRGM dans le cadre spécifique de cette étude.

5.1.2. Caractérisation minéralogique

Les compositions minéralogiques des 13 formations géologiques identifiées comme susceptibles de contenir des argiles avec plus ou moins de minéraux gonflants du groupe des smectites (montmorillonite et interstratifiés smectites/illite et illite/smectites) sont décrites dans ce paragraphe, de bas en haut de l'échelle stratigraphique, avec pour certaines d'entre elles des représentations graphiques des teneurs relatives des spectres de la phase argileuse.

5.1.2.1. Formation des Marnes du Kimméridgien

Nous ne disposons pas de données minéralogiques sur cette formation.

5.1.2.2. Formation des Altérites du Périgord Noir

Il n'y a pas de données minéralogiques sur cette formation, mais compte tenu de la nature des substrats elles doivent se rapprocher des altérites à kaolinite dominante connues au Nord.

5.1.2.3. Formation du Brétou

L'analyse diffractométrique montre bien l'homogénéité de la formation en **kaolinite**, dont les propriétés n'entraînent pas de gonflement significatif des sols.

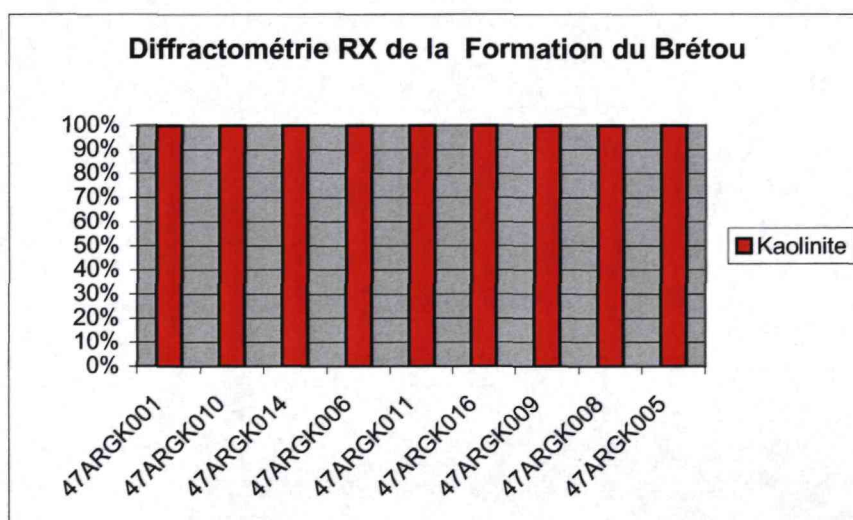


Fig. 14 - Analyses diffractométriques sur la formation du Brétou

5.1.2.4. Formation des Argiles à Paleotherium

L'analyse diffractométrique met en évidence une certaine homogénéité dans la composition minéralogique des argiles à *Paleotherium* du Lot-et-Garonne, où la phase argileuse est partagée en teneurs égales entre l'illite, les smectites et la kaolinite avec des traces de chlorite.

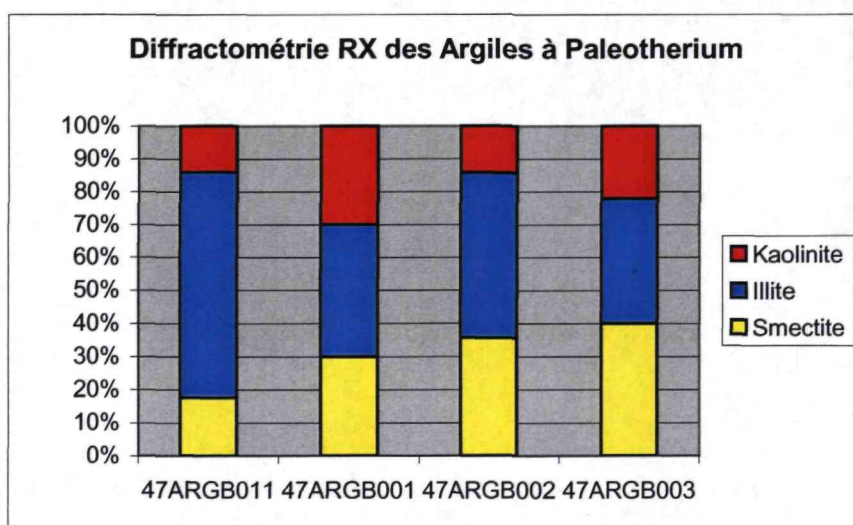


Fig. 15 - Analyses diffractométriques sur les argiles à Paleotherium

5.1.2.5. Formation des Ondes

Nous ne disposons pas de données minéralogiques sur cette formation à dominante calcaire.

5.1.2.6. Formation des Molasses du Fronsadais

Leur composition est relativement hétérogène sur l'ensemble de la formation. Certains niveaux des molasses du Fronsadais, quel que soit le membre considéré, sont à dominante d'argiles gonflantes, d'autres à dominante d'illite non gonflantes.

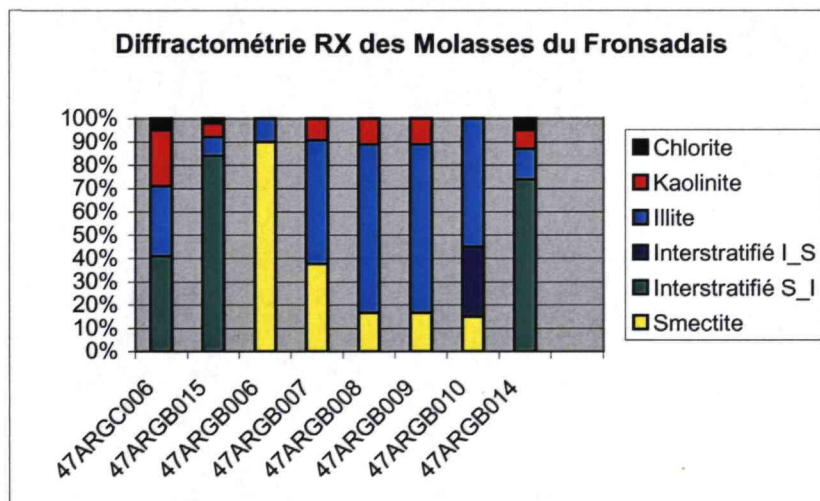


Fig. 16 - Analyses diffractométriques des Molasses du Fronsadais

5.1.2.7. Formation des Molasses de l'Agenais

Quel que soit le membre considéré, on constate la prédominance des argiles gonflantes, surtout des interstratifiés (70 à 90 %). Cependant, les échantillons peuvent avoir une variation de composition importante : c'est le cas des 47ARGC038 et 039 (illite, kaolinite et chlorite), comparé à des spectres plus classiques tels que 47ARGB013/014/017 (interstratifiés smectites-illite) ; ou encore l'échantillon 47ARGF001, dans lequel on note la présence d'attapulгите.

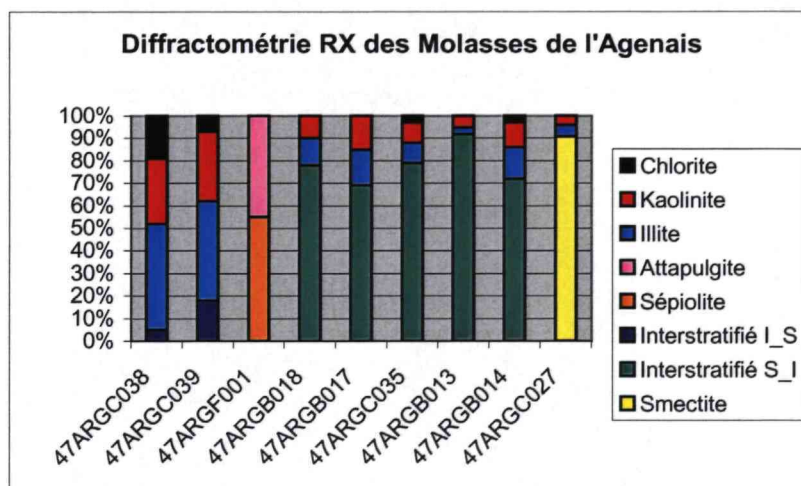


Fig. 17 - Analyses diffractométriques sur les Molasses de l'Agenais

5.1.2.8. Formation des Marnes à huîtres de l'Agenais

Ces marnes vertes silteuses sont composées d'**interstratifiés** dominants (70 à 25 %) ou d'**illite** (40 à 55 %), le complément étant essentiellement de la kaolinite.

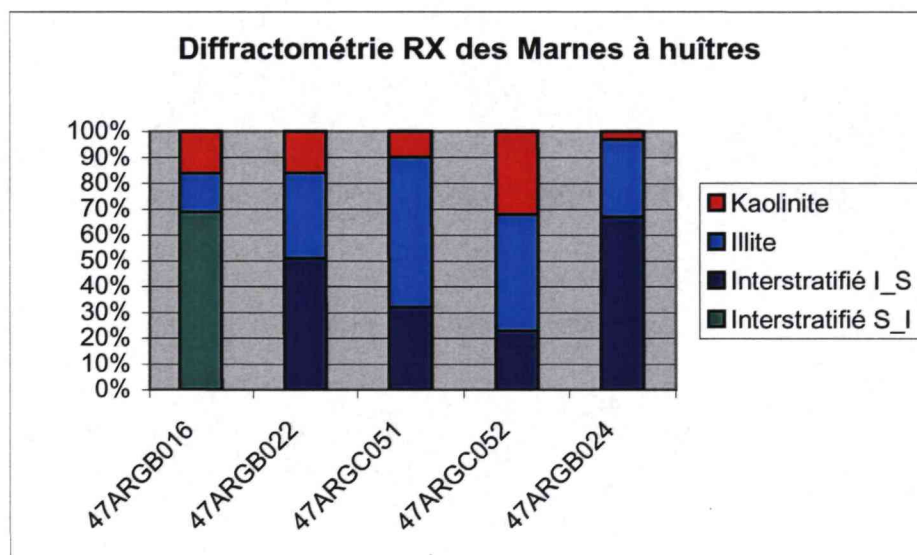


Fig. 19 - Analyses diffractométriques sur les Marnes à huîtres de l'Agenais

5.1.2.9. Formation des Molasses de l'Armagnac

Ces argiles plastiques sont composées de **smectites** ou d'**interstratifiés** dominants (65 à 90 %) et d'**illite** (5 à 25 %), avec un complément de kaolinite et accessoirement de chlorite.

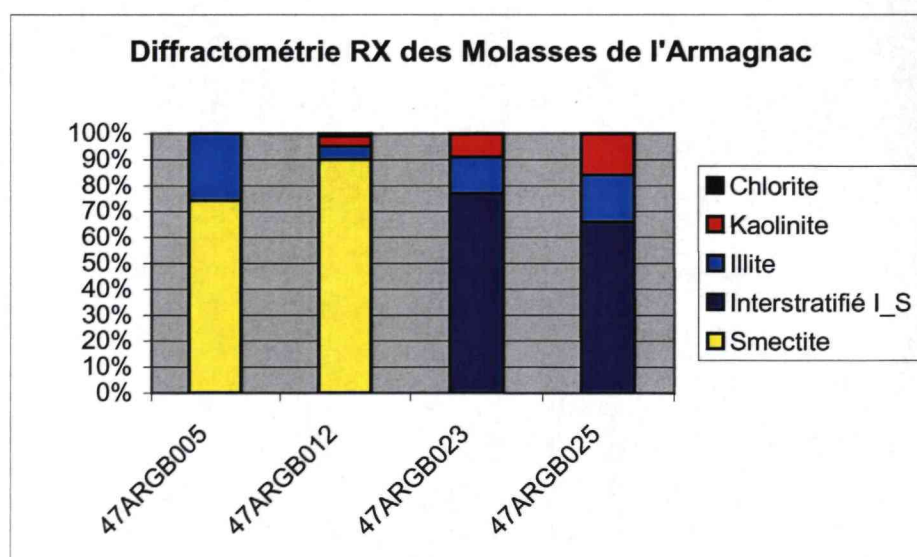


Fig. 19 - Analyses diffractométriques sur les Molasses de l'Armagnac

5.1.2.10. Hautes terrasses

Nous ne disposons pas de données minéralogiques sur cette formation en Lot-et-Garonne, la kaolinite devrait y être dominante comme dans les terrains du même âge de la vallée de la Garonne dans le département de la Gironde.

5.1.2.11. Moyennes terrasses

Nous ne disposons pas de données minéralogiques sur cette formation. Même remarque précédemment

5.1.2.12. Basses terrasses

Nous ne disposons pas de données minéralogiques sur cette formation. Même remarque précédemment, mais la teneur en illite doit y être plus importante

5.1.2.13. Très basses terrasses

Nous ne disposons pas de données minéralogiques sur cette formation. Même remarque précédemment

5.2. CARACTÉRISTIQUES GÉOTECHNIQUES DES PRINCIPALES FORMATIONS

5.2.1. Source des données

Les données géotechniques qui ont pu être recueillies et dont la synthèse figure dans ce paragraphe proviennent de 885 rapports d'expertise émanant de plusieurs sources :

- des rapports directement issus des dossiers de procédures de classement des communes en catastrophe naturelle fournis par la CCR et par les Mairies concernées, ces dossiers étant cependant assez pauvres en résultats d'essais géotechniques ;
- des rapports d'expertise qui ont été aimablement communiqués par les bureaux d'études suivants : SORES (441 sinistres), GTA (171 sinistres), EGS (154 sinistres) et GEOTEC Sud-Ouest (65 sinistres), ainsi que par les mutuelles d'assurances GROUPAMA, MAIF et MAAF.

Cependant il n'y a que 812 groupes de données géotechniques qui sont potentiellement utilisables, soit environ 92 % 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, et ceci malgré plusieurs lettres de relance.

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, quelquefois complétée par un ou plusieurs essais pressiométriques (ou parfois au pénétromètre dynamique).

Les **essais d'identification en laboratoire** consistent généralement en une détermination des **limites d'Atterberg** (indice de plasticité) quelquefois 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'un matériau au phénomène de retrait-gonflement (à partir de sa capacité d'adsorption) sont relativement fréquents.

5.2.2. Indice de plasticité (I_p)

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 que la **susceptibilité d'une argile vis-à-vis du retrait-gonflement** varie en fonction de l'indice de plasticité I_p de la manière suivante :

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

Près de 400 résultats d'essai indiquant l'indice de plasticité ont été recueillis pour cette étude.

5.2.3. 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 en 1979, puis normalisé (norme AFNOR NF P 19-592). 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) :

<i>Valeur de bleu</i>	<i>Susceptibilité</i>	<i>Note</i>
< 2,5	faible	1
2,5 à 6	moyenne	2
6 à 8	forte	3
> 8	très forte	4

Les valeurs de bleu disponibles pour les formations argileuses et marneuses du Lot-et-Garonne se sont révélées très abondantes. Le nombre de données qui a pu être recueilli à l'occasion de la présente étude (plus de 260) est suffisant pour permettre une hiérarchisation des formations sur la base de ce critère, complété par la prise en compte des indices de plasticité.

5.2.4. Teneur en eau (Wn)

Les profils de teneur en eau en fonction de la profondeur de prélèvement (constitués généralement d'une dizaine de mesures réalisées à différentes profondeurs, jusqu'à 4 à 5 m) donnent des indications intéressantes sur la **teneur en eau des couches superficielles au moment de la mesure, et par conséquent de leur éventuel état déficitaire**.

D'une manière générale les courbes de profil hydrique sont assez irrégulières, en « dents de scie », en raison de l'hétérogénéité des matériaux de surface. Les teneurs en eau sont généralement plus faibles en surface, jusqu'à 3 m de profondeur, ce qui traduit bien un assèchement (réversible) des couches superficielles. Pour de nombreux sinistres cependant, la teneur en eau est supérieure en surface, sur 1 à 2 m de profondeur, ce qui indique qu'il y a eu ré-humidification des couches superficielles.

Les profils de teneur en eau exigent d'être interprétés avec précaution. En tout état de cause, la signification de ces profils hydriques ne peut être que locale, à la fois dans l'espace (des sondages effectués à quelques mètres de distance indiquent souvent des variations importantes) et dans le temps (ils indiquent seulement le degré d'humidification du sol au moment de la mesure et sont donc susceptibles d'évolution). Ce type de mesure présente un grand intérêt lors de l'expertise d'un sinistre, mais n'apporte en définitive que peu d'information dans le cadre d'une étude de la susceptibilité à l'échelle départementale.

5.2.5. 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.

De ce fait, les valeurs de coefficient de gonflement ne peuvent être utilisées que de façon relative pour caractériser chaque formation par rapport aux autres. En effet ce coefficient ne correspond pas à une caractéristique intrinsèque du sol, les valeurs dépendant fortement de l'état de saturation initial du sol considéré.

Le potentiel de gonflement peut être caractérisé par le coefficient de gonflement C_g (*perte 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 :

<i>Coefficient de gonflement</i>	<i>Susceptibilité</i>	<i>Note</i>
$C_g < 0,025$	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

Pour l'ensemble du département plus de 100 valeurs ont été fournies par les bureaux d'études.

5.2.6. Retrait linéaire (R_l)

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, 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 en 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 R_l , 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. Pour le département de Lot-et-Garonne 68 valeurs ont été fournies par les bureaux d'études.

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

5.2.7. Synthèse des données

Les principales données géotechniques recueillies lors de l'étude sont issues du dépouillement des différents rapports d'expertise auxquels nous avons eu accès. Les groupes de données réellement utilisés sont au nombre de 812. Elles ont été synthétisées, pour chacune des formations argileuses identifiées, dans le tableau 1, en précisant systématiquement la nature et le **nombre des essais** pris en compte ainsi les **valeurs moyennes, minimales et maximales** enregistrées.

En définitive, les données disponibles permettent de caractériser la totalité des formations argileuses ou marneuses du département grâce à **l'association et à la synthèse des divers types d'essais disponibles**. Cependant, dans la mesure où le nombre de valeurs disponibles pour chaque essai est quelquefois faible (moins de 10 pour plus de la moitié des niveaux de terrains testés), il n'est souvent pas significatif à lui seul. Dans la pratique, la détermination du **degré de susceptibilité sur la base de critères géotechniques** s'est donc faite en privilégiant principalement les **valeurs de bleu** (et dans une moindre mesure les valeurs de retrait linéaire et d'indice de plasticité), lesquelles sont jugées les plus fiables pour analyser le comportement d'un sol vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement. L'ensemble des résultats d'essais disponibles a cependant été pris en compte, sachant que certaines formations présentent de fortes hétérogénéités spatiales. Pour certaines formations le nombre d'essais est supérieur à 40, ce qui rend a priori très fiable le classement réalisé.

Quatre classes de susceptibilité peuvent être distinguées (faible, moyenne, forte et très forte) pour rendre compte d'une **hiérarchisation du comportement géotechnique** des formations.

La classification retenue fait apparaître qu'il n'y a pas de terrain à très forte susceptibilité en Lot-et-Garonne, mais qu'il existe **au moins 9 niveaux regroupés en 7 formations** dont la **susceptibilité vis-à-vis du retrait-gonflement** a été considérée comme **forte (indice 3)** **au vu de leur comportement géotechnique**.

Il s'agit principalement des terrains de *molasses*, toutes formations confondues (sauf celle du *Fronsadais*), dont les indices Vb moyens sont compris entre 6,4 et 5,9 et les indices de plasticité moyens entre 38 et 29, des *alluvions des hautes et moyennes terrasses* (avec respectivement Vb moyen de 6,3 et de 5,8 et Ip moyen de 31 et de 27), des *altérites du Périgord Noir* (avec un Ip moyen de 29) et des *Marnes du Kimméridgien* (avec un Vb moyen de 7,9 mais un Ip moyen de 20) et des *Marnes à Huitres* (avec un Vb moyen de 5,7 et un Ip moyen de 35).

A g e	Formation géologique	N° d'ordre	Indice de plasticité Ip				Valeur de bleu Vb				Retrait linéaire RI				Coeff. de gonflement Cg				Indice de suscept. Géotech
			Nombre de mesures	Ip min	Ip max	Ip moyen	Nombre de mesures	Vb min	Vb max	Vb moyen	Nombre de mesures	RI min	RI max	RI moyen	Nombre de mesures	Cg min	Cg max	Cg moyen	
Jurassique	Marnes du Kimméridgien	1	1	-	-	20.0	2	7.2	8.5	7.9	1	-	-	0.456	1	-	-	0.058	3
Paléocène	Altérites du Périgord Noir	2	1	-	-	29.3	0				0				0				3
Eocène	Formation du Brétou	3	0				0				0				0				?
	Argiles à <i>Palaeotherium</i>	4	12	12.5	44.6	25.1	8	1.8	6.7	3.6	0				0				2
	Formation des Ondes	5	0				1	-	-	4.0	0				1	-	-	0.026	2
	Molasses du Fronsadais 1	6	7	12.0	31.9	19.7	1	-	-	3.0	0				0				2
	Molasses du Fronsadais 2	7	19	7.0	47.0	26.2	12	0.5	7.0	4.0	1	-	-	0.545	2	0.016	0.037	0.027	2
Oligocène	Molasses du Fronsadais 3	8	7	14.0	38.0	27.0	5	3.0	5.7	4.0	1	-	-	0.544	1	-	-	0.021	2
	Molasses de l'Agenais 1	9	66	13.0	59.0	30.5	48	2.5	11.7	5.9	13	0.303	0.569	0.473	17	0.017	0.052	0.036	3
	Molasses de l'Agenais 2	10	63	8.0	54.0	29.1	31	2.8	11.5	6.2	7	0.187	0.510	0.397	10	0.016	0.085	0.035	3
Miocène	Marnes à huîtres	11	40	18.0	53.7	35.2	19	2.2	10.6	5.7	5	0.462	0.656	0.547	9	0.020	0.058	0.039	3
	Molasses de l'Armagnac résiduel	12	7	22.0	68.0	38.4	11	3.0	10.0	6.4	5	0.390	0.764	0.552	10	0.026	0.056	0.038	3
	Molasses de l'Armagnac 1	13	49	16.0	54.8	34.5	32	2.0	13.3	6.0	8	0.350	0.567	0.475	15	0.005	0.072	0.036	3
	Molasses de l'Armagnac 2	14	5	21.0	40.0	30.9	14	1.7	11.5	6.0	3	0.391	0.515	0.449	3	0.021	0.061	0.035	3
	Molasses de l'Armagnac 3	15	4	15.1	32.4	23.9	1	-	-	3.7	0				0				2
Quaternaire	Hautes terrasses	16	10	20.0	58.0	31.2	20	2.0	15.7	6.3	9	0.324	0.602	0.484	12	0.015	0.075	0.045	3
	Moyennes terrasses	17	4	15.0	33.5	27.3	2	2.0	6.5	5.8	0				1	-	-	0.032	3
	Basses terrasses	18	28	1.0	41.5	23.3	13	0.7	7.3	4.0	8	0.380	0.484	0.433	9	0.026	0.043	0.037	2
	Très basses terrasses	19	57	5.1	57.0	25.5	41	1.4	12.7	4.5	7	0.268	0.596	0.456	12	0.007	0.047	0.027	2
Total			380				261				68				103				

Tab. 1 – Synthèse des données caractérisant le comportement géotechnique des formations supportant des sinistres dans le Lot-et-Garonne

5.2.7.1. Marnes du Kimméridgien

Deux échantillons ont été testés dans la partie sud de cette formation.

Nombre d'essais	IP min	IP max	IP moyen
1			20

Nombre d'essais	VB min	VB max	VB moyen
2	7.2	8.5	7.9

Nombre d'échantillons testés	peu susceptible	Moyennement susceptible	Susceptible	très susceptible
2			1	1

Les données géotechniques, en particulier la Valeur de Bleu, la caractérisent comme étant nettement **susceptible** au retrait-gonflement.

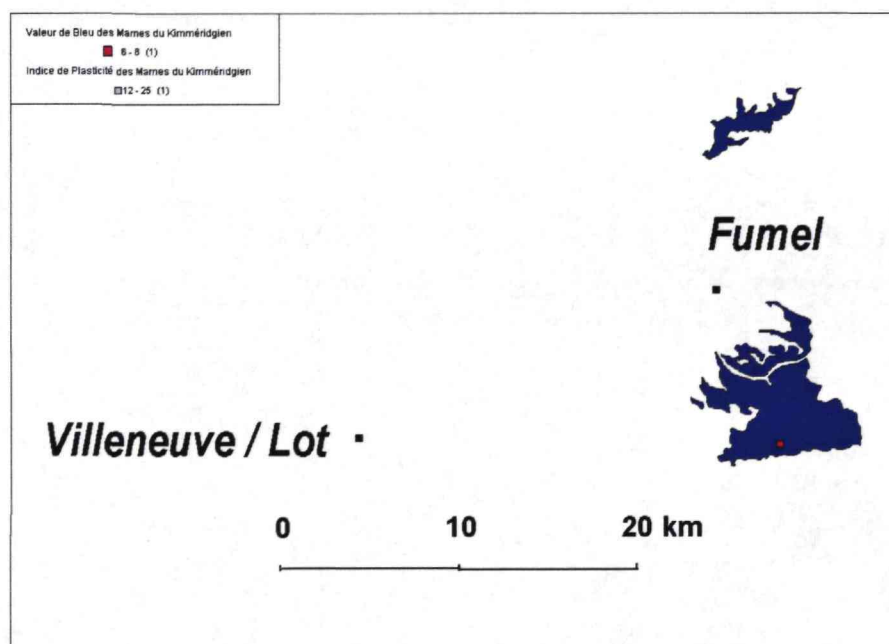


Fig. 20 – Localisation des principaux prélèvements réalisés pour essais géotechniques dans les Marnes du Kimméridgien

5.2.7.2. Altérites du Périgord Noir

Nous ne disposons que d'une seule donnée géotechnique pour cette formation, qui serait **susceptible** au retrait-gonflement.

Nombre d'essais	IP min	IP max	IP moyen
1			29.3

5.2.7.3. Formation du Brétou

Nous ne disposons pas de donnée géotechnique sur cette formation.

5.2.7.4. Argiles à Palaeotherium

La majorité des essais a été effectuée sur des échantillons de la partie centrale de la formation.

Nombre d'essais	IP min	IP max	IP moyen
12	12.5	44.6	25.1

Nombre d'essais	VB min	VB max	VB moyen
8	1.8	6.7	3.6

Nombre d'échantillons testés ¹	peu susceptible	moyennement susceptible	susceptible	très susceptible
13	1	6	5	1
Proportion (%)	7.7	46.1	38.5	7.7

Les résultats montrent que cette formation est **moyennement à assez susceptible** vis-à-vis du retrait-gonflement des argiles, la répartition étant assez homogène entre ces deux cas. Par contre les valeurs moyennes dans chacun des deux essais, Indice de Plasticité et Valeur de Bleu, se situent dans les terrains moyennement susceptibles vis-à-vis du phénomène.

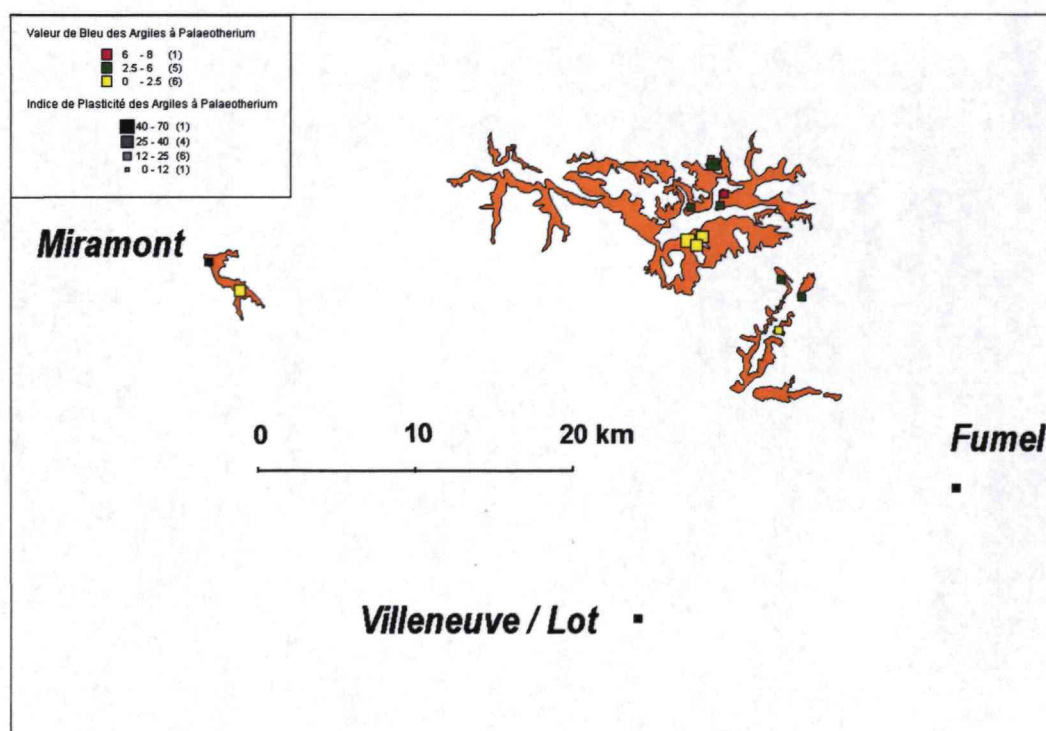


Fig. 21 – Localisation des principaux prélèvements réalisés pour essais géotechniques dans les Argiles à Palaeotherium

¹ Certains échantillons prélevés ont subi à la fois des mesures de l'indice de plasticité et de la valeur de bleu. L'analyse de la susceptibilité géotechnique s'est faite en privilégiant la valeur de bleu

5.2.7.5. Formation des Ondes

Une seule valeur a été fournie pour un prélèvement situé près de Fumel au centre de la formation.

Nombre d'essais	VB min	VB max	VB moyen
1			4

Nombre d'échantillons testés	peu susceptible	Moyennement susceptible	Susceptible	très susceptible
1		1		

Cette formation est **moyennement susceptible** vis-à-vis du retrait-gonflement, la Valeur de Bleu étant vraiment dans l'intervalle attribué à une susceptibilité moyenne.

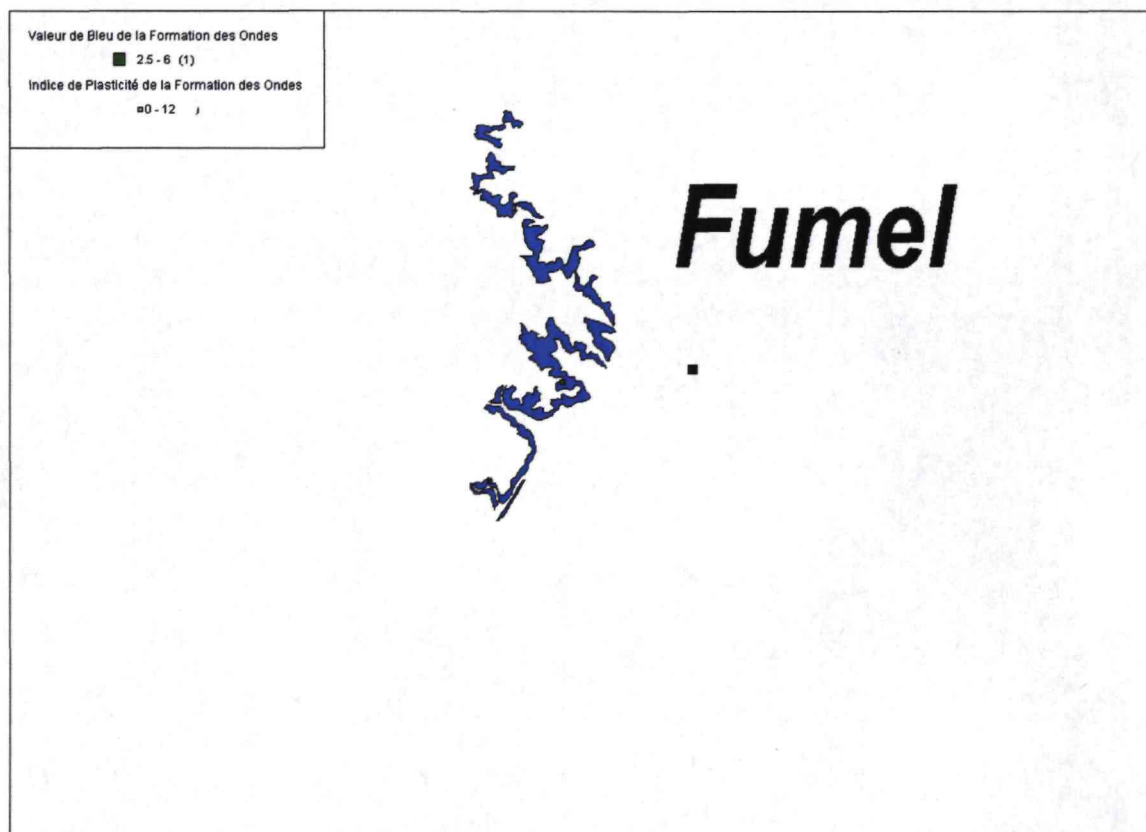


Fig. 22 – Localisation des principaux prélèvements réalisés pour essais géotechniques dans la Formation des Ondes

5.2.7.6. Molasses du Fronsadais

Les nombreux essais sont disséminés sur le pourtour des affleurement de la formation en Lot-et-Garonne.

Nombre d'essais	IP min	IP max	IP moyen
33	7	47	24.8

Nombre d'essais	VB min	VB max	VB moyen
19	0.5	7	3.9

Nombre d'échantillons testés	peu susceptible	Moyennement susceptible	Susceptible	très susceptible
36	1	19	15	1
Proportion (%)	2.7	52.8	41.8	2.7

Ces essais nombreux apportent des informations précises sur la susceptibilité. Les résultats des trente-six échantillons testés amènent à la conclusion que cette formation est **moyennement susceptible** vis-à-vis du retrait-gonflement des sols.

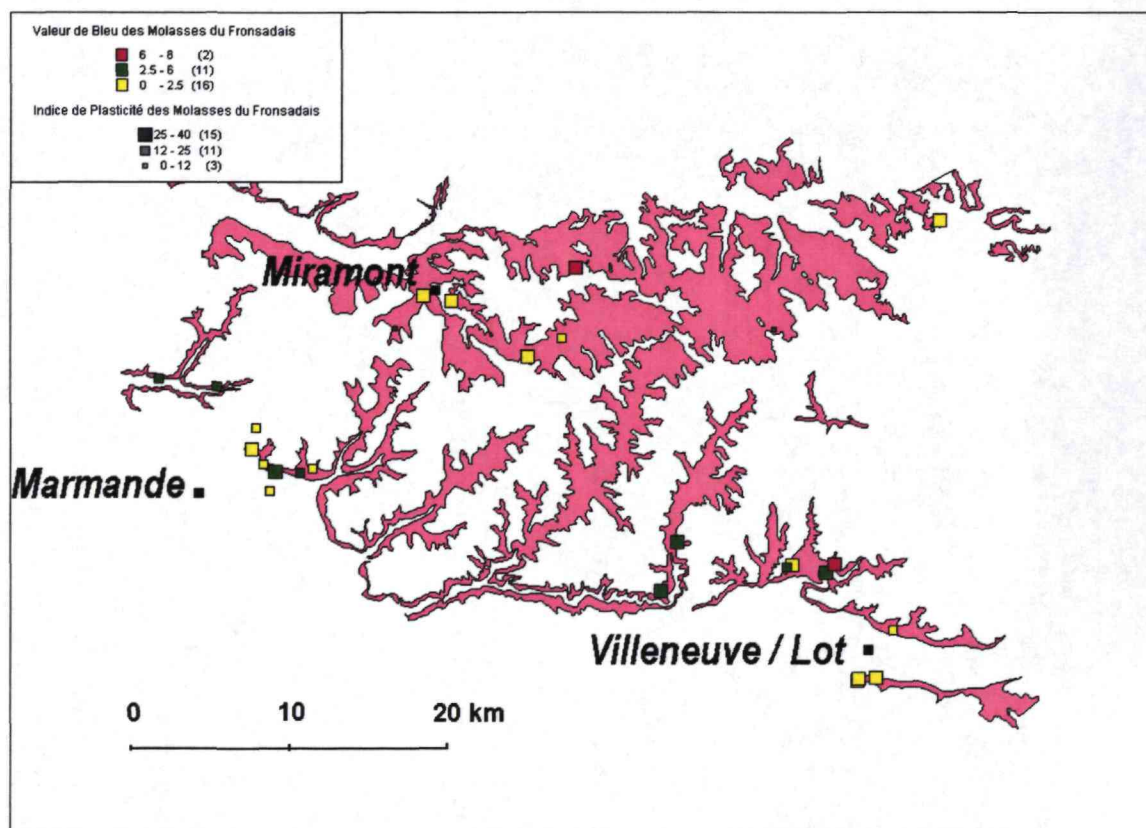


Fig. 23 – Localisation des principaux prélèvements réalisés pour essais géotechniques dans les Molasses du Fronsadais

5.2.7.7. Molasses de l'Agenais

Les très nombreux essais sont bien répartis sur l'ensemble de la formation.

Nombre d'essais	IP min	IP max	IP moyen
129	8	59	29.6

Nombre d'essais	VB min	VB max	VB moyen
79	2.5	11.7	6

Nombre d'échantillons testés	peu susceptible	Moyennement susceptible	Susceptible	très susceptible
158	2	64	74	19
Proportion (%)	1.3	40.5	46.8	11.4

Ces résultats d'essais permettent de fournir de très bonnes informations. Les valeurs moyennes de l'IP et de Vb montrent une susceptibilité moyenne, confirmée par la concentration des échantillons qui sont essentiellement situés entre **moyennement à assez susceptibles** vis-à-vis du retrait-gonflement des sols argileux.

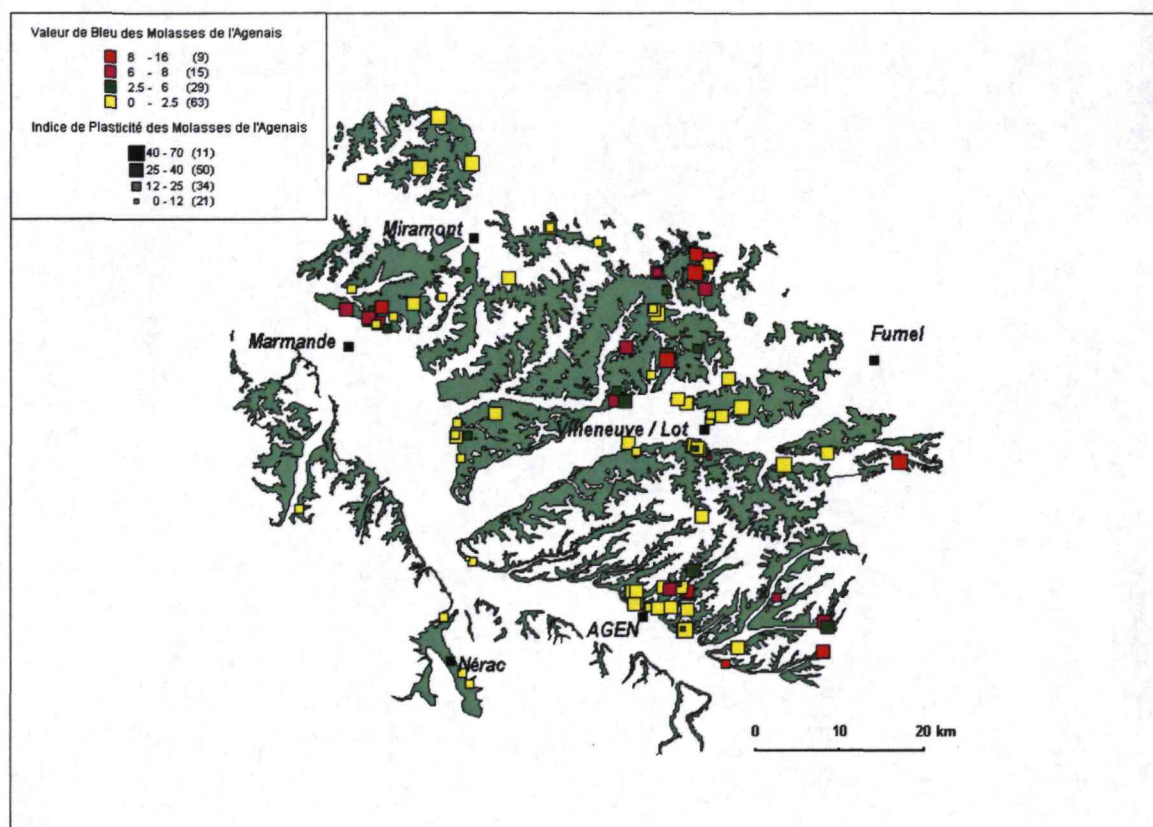


Fig. 24 – Localisation des principaux prélèvements réalisés pour essais géotechniques dans les Molasses de l'Agenais

5.2.7.8. Marnes à huîtres

Les échantillons sont situés principalement au Nord d'Agen et au Sud-Est de Nérac.

Nombre d'essais	IP min	IP max	IP moyen
40	19	53.7	35.2

Nombre d'essais	VB min	VB max	VB moyen
19	2.2	10.6	5.7

Nombre d'échantillons testés	peu susceptible	Moyennement susceptible	Susceptible	très susceptible
54		15	26	13
Proportion (%)		27.8	48.1	24.1

Les résultats d'essais permettent de montrer que les Marnes à Huîtres sont **assez susceptibles** vis-à-vis du retrait-gonflement d'argiles dans cette région. Les valeurs moyennes de l'indice de plasticité et de la valeur de bleu montrent que les argiles sont soit fortement sujettes soit moyennement sujettes au retrait-gonflement. La répartition des tests tranche entre les deux en montrant une prépondérance pour une nette susceptibilité au retrait-gonflement.

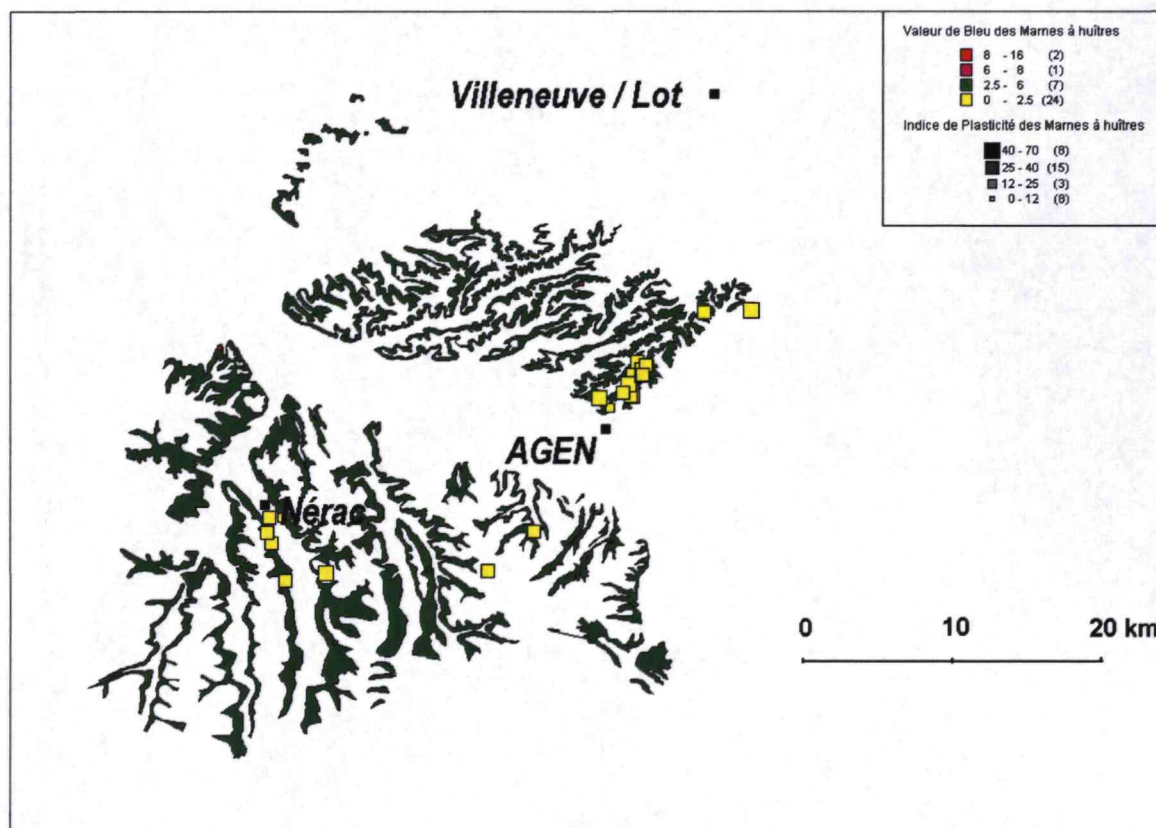


Fig. 25 – Localisation des principaux prélèvements réalisés pour essais géotechniques dans les Marnes à huîtres

5.2.7.9. Molasses de l'Armagnac

Un nombre important d'échantillons (107) a été testé sur l'ensemble de la formation.

Nombre d'essais	IP min	IP max	IP moyen
65	15	68	34.2

Nombre d'essais	VB min	VB max	VB moyen
58	1.7	13.3	6.1

Nombre d'échantillons testés	peu susceptible	Moyennement susceptible	Susceptible	très susceptible
107	3	35	47	22
Proportion (%)	2.8	32.7	43.9	20.6

Les valeurs moyennes des indices de plasticité et des valeurs de bleu caractérisent des terrains argileux moyennement à assez susceptibles au retrait-gonflement. La répartition des échantillons se fait dans le tableau autour de la classe assez susceptible, avec néanmoins des proportions assez importantes dans les classes voisines correspondant à une susceptibilité moyenne et forte. Pour cette formation les sols sont donc **assez susceptibles** au retrait-gonflement.

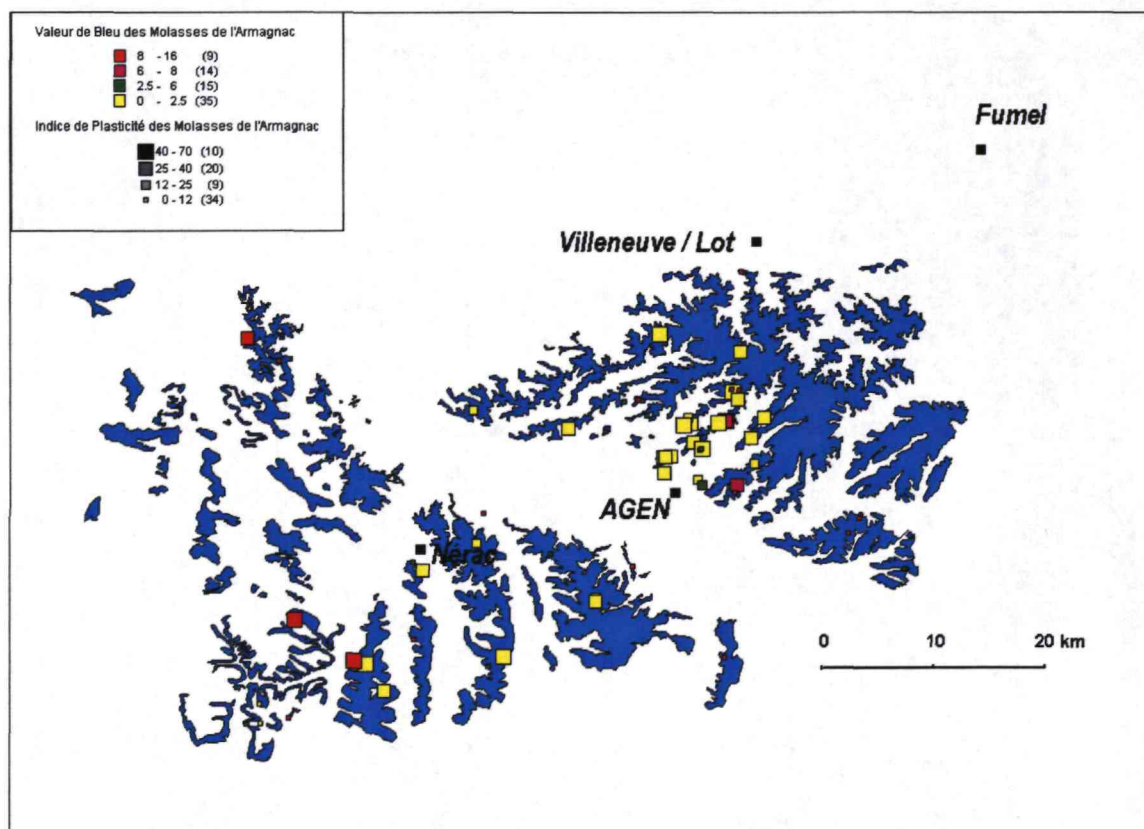


Fig. 26 – Localisation des principaux prélèvements réalisés pour essais géotechniques dans les Molasses de l'Armagnac

5.2.7.10. Hautes terrasses

Les échantillons testés sont situés au Sud de la ville d'Agen.

Nombre d'essais	IP min	IP max	IP moyen
10	20	58	31.2

Nombre d'essais	VB min	VB max	VB moyen
20	2	15.7	6.3

Nombre d'échantillons testés	peu susceptible	Moyennement susceptible	Susceptible	très susceptible
25	1	9	10	5
Proportion (%)	4	36	40	20

Les valeurs moyennes montrent que les sols sont **assez susceptible** vis-à-vis du retrait-gonflement des argiles. La répartition des échantillons montre la même tendance avec des valeurs en quantité comparables dans les classes avoisinantes où la susceptibilité des argiles au retrait-gonflement est moyenne à forte.

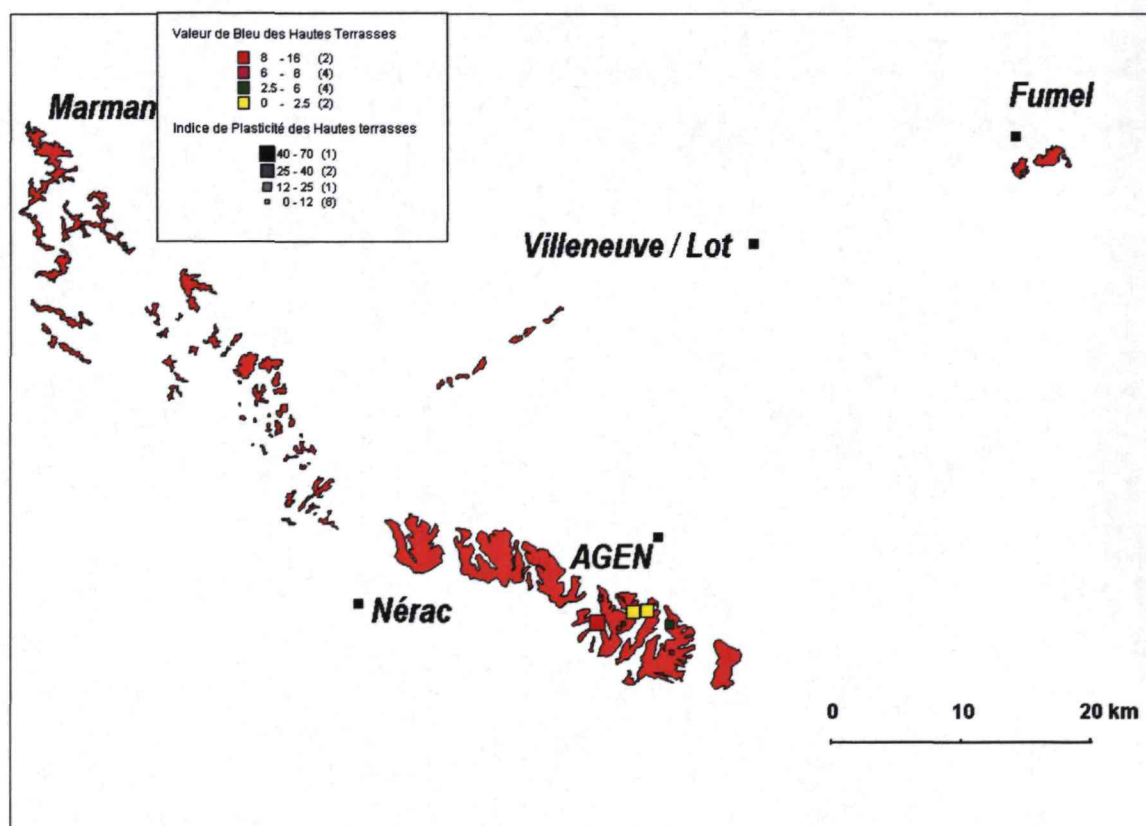


Fig. 27 – Localisation des principaux prélèvements réalisés pour essais géotechniques dans les Hautes terrasses

5.2.7.11. Moyennes terrasses

Les échantillons testés se situent près de Marmande.

Nombre d'essais	IP min	IP max	IP moyen
4	15	33.5	27.3

Nombre d'essais	VB min	VB max	VB moyen
2	2	6.5	5.8

Nombre d'échantillons testés	peu susceptible	Moyennement susceptible	Susceptible	très susceptible
5		2	3	
Proportion (%)		25	75	

Les valeurs moyennes montrent une réponse allant de moyennement à assez **susceptible** vis-à-vis du retrait-gonflement, alors que la répartition montre une très importante proportion dans la classe **assez susceptible** vis-à-vis du retrait-gonflement des argiles.

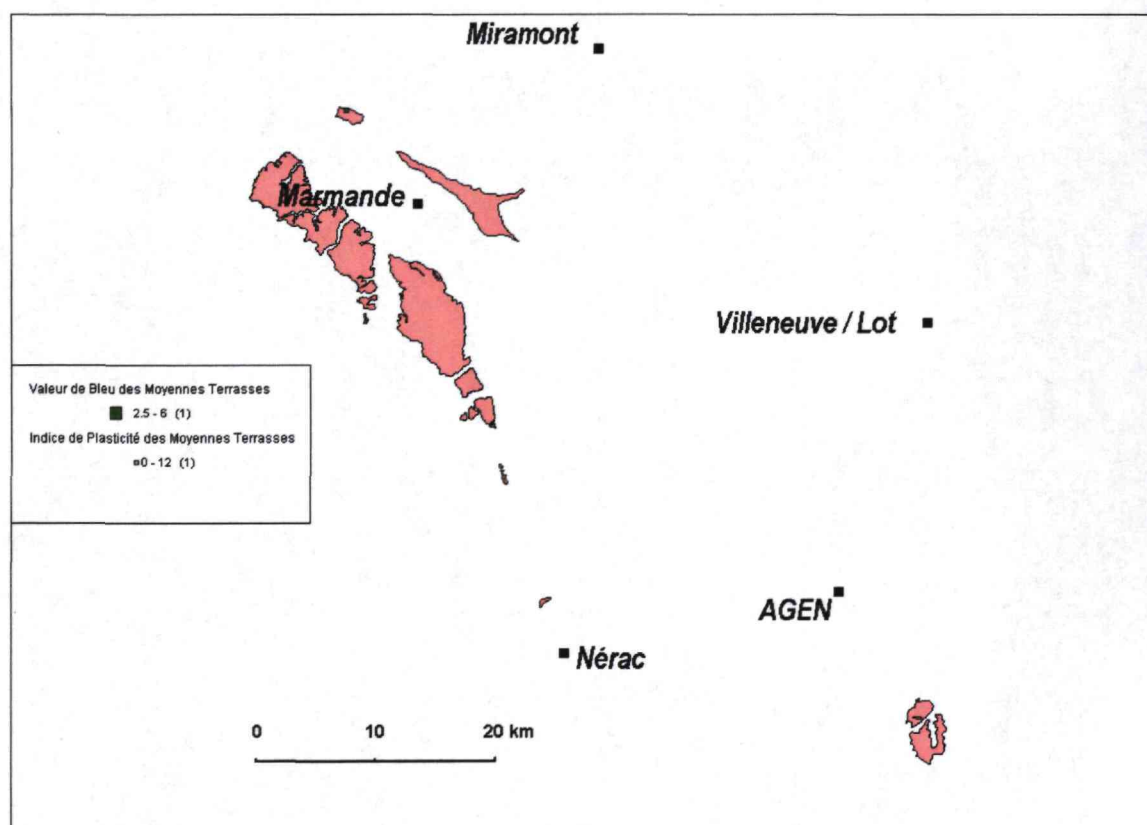


Fig. 28 – Localisation des principaux prélèvements réalisés pour essais géotechniques dans les Moyennes terrasses de la Garonne

5.2.7.12. Basses terrasses

Les échantillons testés qui se répartissent de façon homogène rendent bien compte de l'ensemble de la formation.

Nombre d'essais	IP min	IP max	IP moyen
28	1	41.5	23.3

Nombre d'essais	VB min	VB max	VB moyen
13	0.7	7.3	4

Nombre d'échantillons testés	peu susceptible	Moyennement susceptible	Susceptible	très susceptible
33	4	15	13	1
Proportion (%)	12.1	45.5	39.4	3.0

La plupart des valeurs des essais se trouve centrée autour d'une susceptibilité **moyenne** vis-à-vis du retrait-gonflement des argiles. Les valeurs moyennes de l'indice de plasticité et de la valeur de bleu se situent également dans la zone de moyenne susceptibilité.

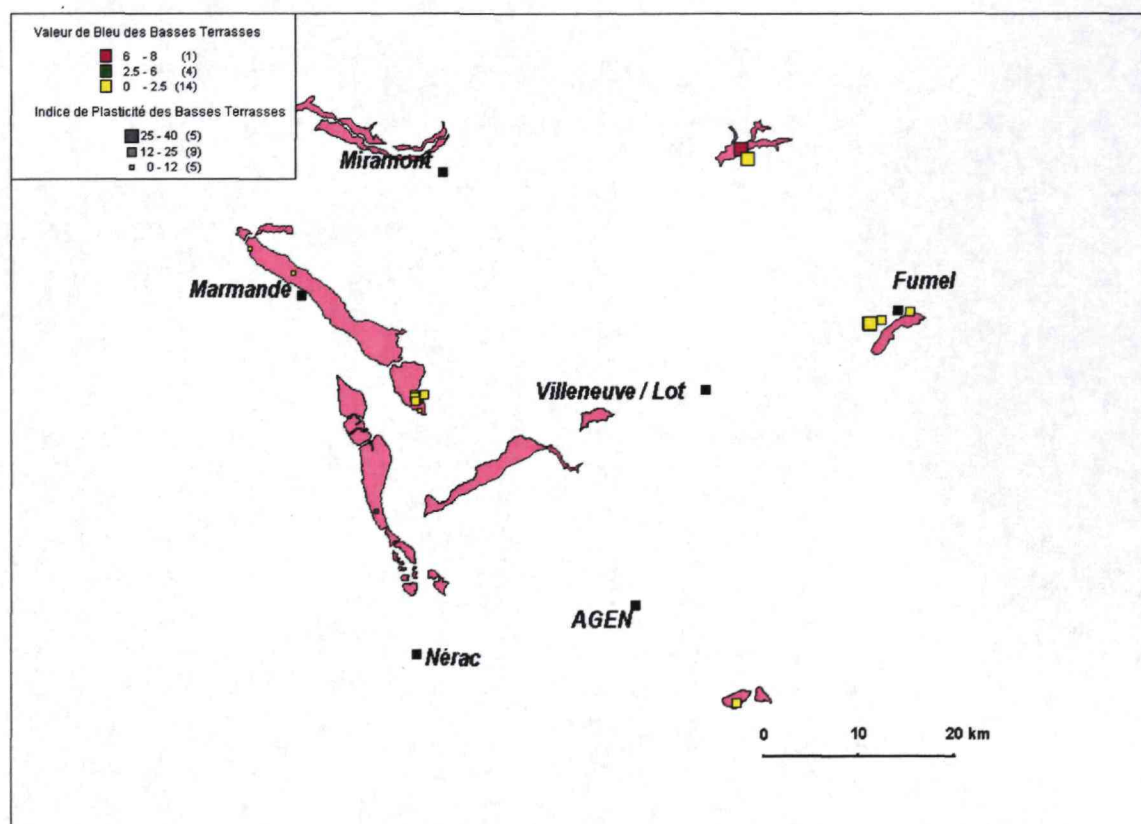


Fig. 29 – Localisation des principaux prélèvements réalisés pour essais géotechniques dans les Basses terrasses

5.2.7.13. Très basses terrasses

Les nombreux essais sont moyennement bien répartis à la surface de la formation, avec de plus grandes abondances autour des villes d'Agen et de Villeneuve sur Lot.

Nombre d'essais	IP min	IP max	IP moyen
57	5.1	57	25.5

Nombre d'essais	VB min	VB max	VB moyen
41	1.4	12.7	4.5

Nombre d'échantillons testés	peu susceptible	Moyennement susceptible	Susceptible	très susceptible
75	5	38	24	8
Proportion (%)	6.6	50.7	32.0	10.7

Les valeurs moyennes de l'indice de plasticité et des valeurs de bleu indiquent que les argiles de cette formation seraient plutôt moyennement susceptibles à assez sujettes au retrait-gonflement. La répartition, quant à elle, indique qu'elles sont essentiellement **moyennement susceptibles** vis-à-vis du retrait-gonflement.

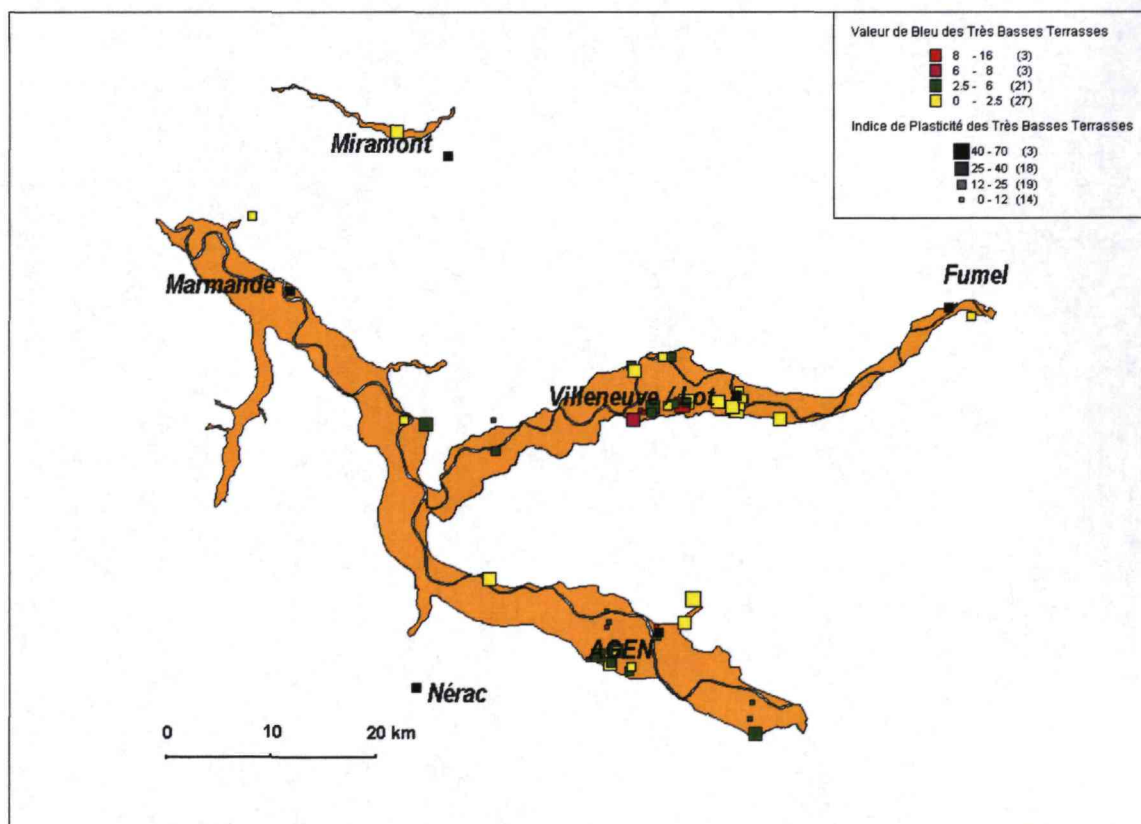


Fig. 30 – Localisation des principaux prélèvements réalisés pour essais géotechniques dans les très basses terrasses

6. Élaboration de la carte de susceptibilité

6.1. CRITÈRES RETENUS

Des critères de susceptibilité à l'aléa 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**. La carte de susceptibilité ainsi élaborée correspond donc à une hiérarchisation des formations géologiques identifiées, en prenant en compte ces seuls critères.

6.2. 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, avec une précision des limites à l'échelle de 1/50 000.

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 19 unités sélectionnées regroupées en 13 formations :

- 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 de dépôt paléogéographiques 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 divers sols, la règle adoptée a généralement consisté à utiliser des *valeurs seuils*, couramment admises dans la

littérature, reprenant les quatre degrés de susceptibilité (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* du tableau 6.

6.2.1. Critère lithologique

Ce premier critère, au départ purement qualitatif, est utilisé pour caractériser la nature lithologique des matériaux dominants dans la formation; il est cependant essentiel pour donner une note de susceptibilité du substrat considéré vis-à-vis du retrait-gonflement. Nous attribuerons par exemple la note maximale à une argile ou une marne de forte épaisseur et la note minimale à un calcaire, à un grès ou à une roche cristalline.

Il faut noter que les classes de susceptibilité ont été élaborées en fonction de l'appréciation du géologue et représentent une évaluation relative de la sensibilité des formations. Ces classes pourront être éventuellement réévaluées ultérieurement. Le barème utilisé est le suivant :

Nature lithologique du substrat géologique	Evaluation de la susceptibilité	Note attribuée
Formation non argileuse mais contenant localement des passées ou des poches argileuses (<i>Ex : Alluvions avec lentilles argileuses, calcaire avec poches karstiques, ...</i>)	faible	1
Formation présentant des termes argileux non prédominant de type calcaire argileux ou sable argileux...	moyenne	2
Formation à dominante argileuse, présentant des termes ou des passées non argileuses (alternance marno-calcaire) ou formation très mince (< 3 m)	forte	3
Formation essentiellement argileuse ou marneuse, d'épaisseur > 3 m et continue	très forte	4

Tab. 2 - Barème d'évaluation de la susceptibilité au retrait-gonflement en fonction de la nature lithologique de la formation géologique

Parmi les 19 unités lithologiques affectées par des sinistres et qui ont été sélectionnées dans le département, près de la moitié sont qualifiées de fortement à très fortement susceptibles d'après leurs caractéristiques de nature lithologique (tab. 3).

Les notes les plus fortes concernent la série des Molasses (sauf certaines parties des formations du Fronsadais et de l'Armagnac), les Marnes à Huîtres et les Argiles à *Palaeotherium*. Les plus faibles sont bien évidemment les formations calcaires du Tertiaire, ainsi que les terrasses fluviatiles quaternaires, hormis les hautes terrasses à matrice plus argileuses et les Très basses terrasses qui comprennent les limons de surface des lits majeurs.

Formation ou unités	N° d'ordre	Susceptibilité	Note Lithologie
Marnes du Kimméridgien	1	Forte	3
Altérites du Périgord Noir	2	Moyenne	2
Formation du Brétou	3	Moyenne	2
Argiles à <i>Palaeotherium</i>	4	Très forte	4
Formation des Ondes	5	Faible	1
Molasses du Fronsadais 1	6	Très forte	4
Molasses du Fronsadais 2	7	Très forte	4
Molasses du Fronsadais 3	8	Moyenne	2
Molasses de l'Agenais 1	9	Forte	3
Molasses de l'Agenais 2	10	Forte	3
Marnes à huîtres	11	Forte	3
Molasses de l'Armagnac résiduelles	12	Moyenne	2
Molasses de l'Armagnac 1	13	Moyenne	2
Molasses de l'Armagnac 2	14	Forte	3
Molasses de l'Armagnac 3	15	Très forte	4
Hautes terrasses	16	Moyenne	2
Moyennes terrasses	17	Faible	1
Basses terrasses	19	Faible	1
Très basses terrasses	19	Moyenne	2

Tab. 3 - Susceptibilité relative des formations géologiques vis à vis du phénomène de retrait-gonflement en fonction de la nature lithologique.

6.2.2. Critère minéralogique

Ce critère permet d'évaluer la susceptibilité au retrait-gonflement en fonction de la composition de la phase argileuse des formations considérées. Il est possible de distinguer ainsi une argile très riche en smectites (matériau très gonflant à espace interfoliaire variant de 10 à 21 angströms), d'une argile très riche en kaolinite ou en illite (matériaux presque inertes à espaces interfoliaires stables de 7,2 et 10 angströms respectivement). Le barème utilisé, fonction de la teneur en argiles gonflantes (*somme des % de smectites et des interstratifiés smectites/illite*), est le suivant :

Teneur en minéraux argileux gonflants	Evaluation de la susceptibilité	Note attribuée
< 25 %	faible	1
de 25 à 49 %	moyenne	2
de 50 à 80 %	forte	3
> 80 %	très forte	4

Tab. 4 - Barème d'évaluation de la susceptibilité au retrait-gonflement en fonction de la minéralogie de la phase argileuse de la formation géologique

Formation ou unités	N° d'ordre	Susceptibilité	Note Minéralogie
Altérites du Périgord Noir	2	Faible	1
Formation du Brétou	3	Faible	1
Argiles à <i>Palaeotherium</i>	4	Moyenne	2
Molasses du Fronsadais 1	6	Moyenne	2
Molasses du Fronsadais 2	7	Moyenne	2
Molasses du Fronsadais 3	8	Forte	3
Molasses de l'Agenais 1	9	Forte	3
Molasses de l'Agenais 2	10	Forte	3
Marnes à huîtres	11	Moyenne	2
Molasses de l'Armagnac résiduelles	12	Forte	3
Molasses de l'Armagnac 1	13	Forte	3
Molasses de l'Armagnac 2	14	Forte	3
Molasses de l'Armagnac 3	15	Forte	3
Hautes terrasses	16	Faible	1
Moyennes terrasses	17	Faible	1
Basses terrasses	19	Faible	1
Très basses terrasses	19	Faible	1

Tab. 5 - Susceptibilité relative des formations géologiques vis à vis du phénomène de retrait-gonflement en fonction de la minéralogie de la phase argileuse.

Parmi les 19 unités lithologiques qui ont été affectées par des sinistres dans le département, un tiers d'entre-elles peuvent être qualifiées de fortement susceptibles d'après les caractéristiques minéralogiques de leurs phases argileuses (tab. 5). Les formations du Kimméridgien et des Ondes ont été supprimées car non argileuses et nous ne connaissons pas leurs spectres argileux.

Les notes les plus fortes concernent encore la série des Molasses, surtout celles de l'Agenais et de l'Armagnac (sauf les formations du Fronsadais, les Marnes à Huîtres et les Argiles à *Palaeotherium*). Les plus faibles sont les formations éocènes du Périgord, ainsi que les terrasses fluviales quaternaires.

6.2.3. Critère géotechnique

Ce critère permet d'intégrer à l'analyse des données géologiques la susceptibilité d'un matériau en fonction des résultats des essais géotechniques (principalement basés sur les limites d'Atterberg, mais complétés ou corrigés en tenant compte des autres types de résultats d'essais disponibles (Vb, Cg, RI,...)). Le barème utilisé est le suivant :

Indice de susceptibilité géotechnique	Evaluation de la susceptibilité	Note attribuée
1	faible	1
2	moyenne	2
3	forte	3
4	très forte	4

Tab. 6 - Barème d'évaluation de la susceptibilité au retrait-gonflement en fonction de l'indice de plasticité de la formation géologique

6.3. DÉTERMINATION DU 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 est calculée en réalisant 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.

La **moyenne des notes obtenues** pour chaque formation, permet de calculer un **degré de susceptibilité globale** (colonnes de gauche du **tableau 8**) vis-à-vis du phénomène de **retrait-gonflement**. Il est également compris entre 1 et 4.

Les classes de susceptibilité déterminées sont les suivantes :

Note finale	Degré de susceptibilité
valeur ≤ 2	Faible
$2 < \text{valeur} \leq 3$	Moyenne
valeur > 3	Forte

Tab. 7 - Barème d'évaluation de la susceptibilité globale d'une formation argileuse

Sur les 19 unités géologiques sélectionnées en Lot-et-Garonne, ces calculs ont permis d'obtenir le classement relatif suivant :

- 12 unités (regroupées en 6 formations) sont moyennement susceptibles au retrait-gonflement ;
- 7 formations sont peu susceptibles au retrait-gonflement ;
- aucune formation n'est fortement susceptible au retrait-gonflement.

Ce classement est représenté dans le tableau 8. Il conduit à regrouper, au sein de chaque formation, les unités qui ont fait l'objet d'analyse spécifique mais dont la susceptibilité se révèle *in fine* identique.

Formation ou unités	Note finale	Degré de susceptibilité	Nombre de notes	Note Lithologie	Note Minéralogie	Note Géotechnique
Molasses de l'Agenais 1	3	Moyen	3	3	3	2
Molasses de l'Agenais 2	3	Moyen	3	3	3	3
Molasses de l'Armagnac 2	3	Moyen	3	3	3	3
Molasses de l'Armagnac 3	3	Moyen	3	4	3	2
Marnes du Kimméridgien	3	Moyen	2	3	--	3
Molasses du Fronsadais 1	2.6	Moyen	3	4	2	2
Molasses du Fronsadais 2	2.6	Moyen	3	4	2	2
Marnes à huîtres	2.6	Moyen	3	3	2	3
Argiles à <i>Palaeotherium</i>	2.6	Moyen	3	4	2	2
Molasses de l'Armagnac résiduelles	2.6	Moyen	3	2	3	3
Molasses de l'Armagnac 1	2.6	Moyen	3	2	3	3
Molasses du Fronsadais 3	2.3	Moyen	3	2	3	2
Altérites du Périgord Noir	2	Faible	3	2	1	3
Hautes terrasses	2	Faible	3	2	1	3
Moyennes terrasses	1.6	Faible	3	1	1	3
Très basses terrasses	1.6	Faible	3	2	1	2
Formation du Brétou	1.5	Faible	2	2	1	--
Formation des Ondes	1.5	Faible	2	1	--	2
Basses terrasses	1.3	Faible	3	1	1	2

Tab. 8 - Classement relatif de la susceptibilité des formations géologiques sélectionnées vis à vis du phénomène de retrait-gonflement en Lot-et-Garonne.

6.4. CARTE DE SUSCEPTIBILITÉ

La **carte départementale de susceptibilité** a été tracée à partir de la carte d'interprétation des formations argileuses et marneuses, en attribuant à chacune des formations géologiques la **classe de susceptibilité** définie ci-dessus. Le résultat de cette carte est présentée sur la **figure 32** et en carte hors-texte (**carte 2**) à l'échelle 1/125 000.

Les **zones blanches** de la carte correspondent aux formations **a priori non argileuses**, et donc théoriquement dépourvues de tout risque. Cependant, on ne peut exclure que ces formations soient recouvertes localement de **placages superficiels argileux non représentés sur la carte géologique originale**.

Les formations argileuses et marneuses sont représentées par trois couleurs (jaune, orange et rouge) selon leur degré de susceptibilité croissant vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement. Les surfaces d'affleurement de chacune des classes de formation ainsi identifiées ont été calculées et sont indiquées dans le tableau de la figure 31.

6.5. SYNTHÈSE DE LA SUSCEPTIBILITÉ DES TERRAINS EN LOT-ET-GARONNE

Sur la surface totale du département qui est de **5 360 km²**, on peut conclure que :

- **51,5 %** en zone **moyennement susceptible**,
- **20,5 %** en zone **faiblement susceptible**,
- **28 %** de la surface du territoire est **très peu susceptible au retrait-gonflement**.

Il est à noter qu'aucune des formations identifiées dans le département n'a été classée en susceptibilité forte, et ceci pour rester homogène avec l'analyse faite dans d'autres régions où des formations jugées très susceptibles présentent effectivement des caractéristiques lithologiques, minéralogiques et géotechniques, significativement plus défavorables.

	Surface totale des formations
Terrains moyennement susceptibles	2 759.9 km ²
Terrains faiblement susceptibles	1 071.5 km ²
Terrains très peu susceptibles	1 508.7 km ²

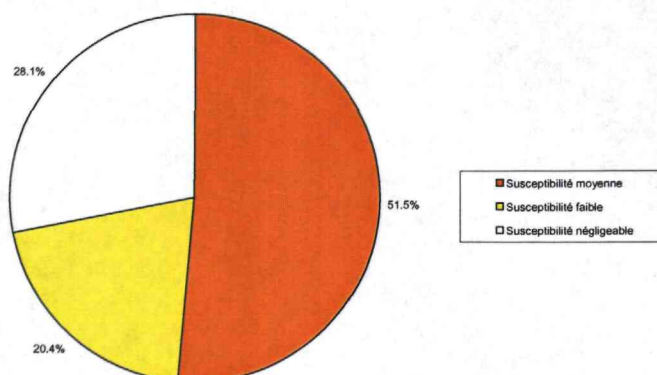
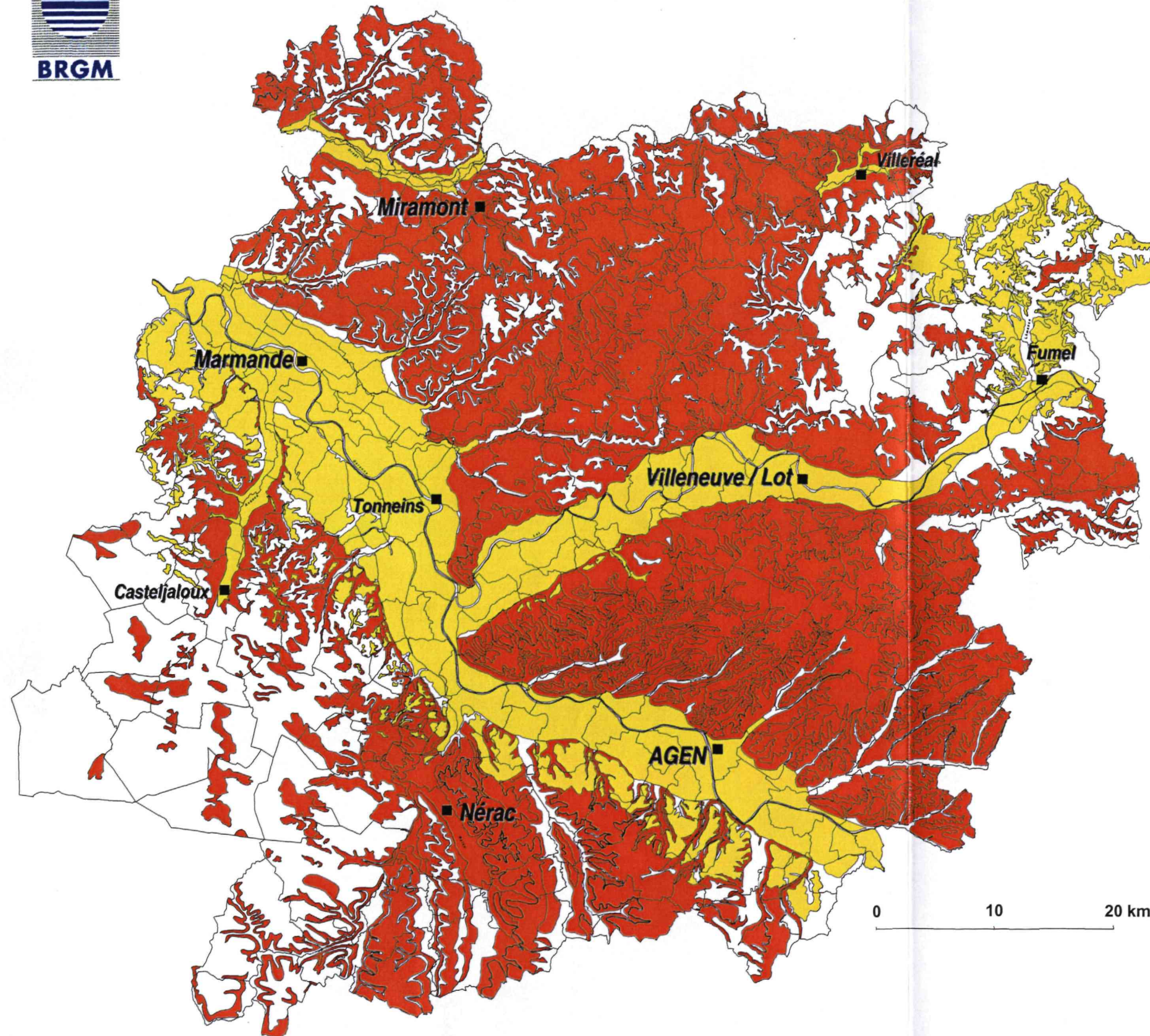
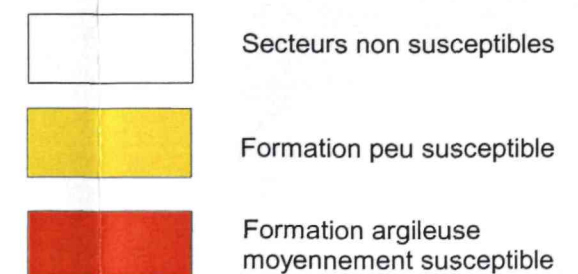


Fig. 31 – Superficie comparée des terrains en fonction de leur susceptibilité vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement en Lot-et-Garonne



SUSCEPTIBILITE AU RETRAIT-GONFLEMENT



0 10 20 km

Remarque : Les zones d'affleurement des formations calcaires de la série molassique tertiaire n'ont pas été représentées quand ces terrains forment des falaises (Calcaire de Castillon, Calcaires de l'Agenais, par ex.). Les formations de molasses apparaissent donc en continuité sur cette carte.

Fig. 32 - Carte de susceptibilité au retrait-gonflement des formations géologiques du département de Lot-et-Garonne