

# Plans de prévention des risques naturels prévisibles (PPR)

## Mouvements différentiels de terrain liés au phénomène de retrait-gonflement des argiles

Commune de AUBAREDE

### Note de présentation



11 OCT. 2013

Direction  
Départementale  
des Territoires  
Hautes-Pyrénées  
3, rue Lordat  
65000 Tarbes





## SOMMAIRE

<b>1. INTRODUCTION.....</b>	<b>3</b>
<b>2. PRESENTATION DE LA ZONE ETUDIEE .....</b>	<b>4</b>
2.1. Limites de l'étude.....	4
2.2. Contexte naturel départemental.....	4
2.2.1. Situation géographique .....	4
2.2.2. Géologie .....	4
2.2.3. Hydrogéologie.....	5
<b>3. DESCRIPTION DES PHENOMENES ET DE LEURS CONSEQUENCES.....</b>	<b>6</b>
<b>4. SINISTRES OBSERVES DANS LE DEPARTEMENT.....</b>	<b>6</b>
<b>5. DESCRIPTION DE LA METHODOLOGIE D'ETABLISSEMENT DU PPR.....</b>	<b>7</b>
5.1. Carte de l'aléa retrait-gonflement .....	7
5.2. Plan de zonage réglementaire.....	9
5.3. Réglementation .....	9
<b>6. DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES PREVENTIVES.....</b>	<b>9</b>

## LISTE DES ILLUSTRATIONS

- Illustration 1 : Carte synthétique des formations argileuses et marneuses des Hautes-Pyrénées
- Illustration 2 : Classement des formations argileuses et marneuses par niveau d'aléa
- Illustration 3 : Carte d'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Hautes-Pyrénées

## LISTE DES ANNEXES

- Annexe 1 : Description succincte des formations argileuses et marneuses affleurant dans le département des Hautes-Pyrénées
- Annexe 2 : Description des phénomènes de retrait-gonflement des sols argileux et de leurs conséquences
- Annexe 3 : Liste des arrêtés de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle au titre de mouvements différentiels de sols liés au retrait-gonflement des argiles, pris dans le département des Hautes-Pyrénées à la date du 19 novembre 2007
- Annexe 4 : Illustration des principales dispositions réglementaires de prévention des risques de mouvements de terrain différentiels liés au phénomène de retrait-gonflement des argiles
- Annexe 5 : Extraits de la norme AFNOR NF P 94-500 (décembre 2006) intitulée « Missions géotechniques – Classifications et spécifications »



## 1. INTRODUCTION

Les phénomènes de retrait et de gonflement de certains sols argileux ont été observés depuis longtemps dans les pays à climat aride et semi-aride où ils sont à l'origine de nombreux dégâts causés tant aux bâtiments qu'aux réseaux et voiries. En France, où la répartition pluviométrique annuelle est plus régulière et les déficits saisonniers d'humidité moins marqués, ces phénomènes n'ont été mis en évidence que plus récemment, en particulier à l'occasion des sécheresses de l'été 1976, et surtout des années 1989-90. Les dégâts observés en France concernent essentiellement les maisons individuelles. Le principal facteur de prédisposition, qui détermine la susceptibilité d'une zone vis-à-vis de ce phénomène naturel, est la nature du sol et en particulier sa teneur en certains minéraux argileux particulièrement sensibles aux variations de teneurs en eau.

La prise en compte, par les assurances, de sinistres résultant de mouvements différentiels dus au retrait-gonflement des argiles 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, date à laquelle cette procédure a commencé à être appliquée à ce type de phénomène, plus de 7 300 communes françaises, réparties dans 90 départements ont ainsi été reconnues en état de catastrophe naturelle. Le coût cumulé d'indemnisation de ces sinistres a été évalué à 4,3 milliards d'euros sur la période 1989-2006 par la Caisse Centrale de Réassurance.

Les Hautes-Pyrénées font partie des départements concernés par ce phénomène, puisque 42 arrêtés interministériels y ont été pris entre janvier 1989 et septembre 2003, reconnaissant l'état de catastrophe naturelle pour ce seul aléa dans 113 communes, soit 24 % des 474 communes que compte le département. Dans le cadre de l'étude d'aléa achevée en 2007 par le BRGM, 816 sites de sinistres, répartis dans 84 communes des Hautes-Pyrénées, ont ainsi été recensés et localisés, ce qui constitue une estimation approchée, quoique vraisemblablement minorée, de la réalité.

L'examen de nombreux dossiers d'expertises après sinistres révèle que beaucoup d'entre eux auraient pu être évités ou que du moins leurs conséquences auraient pu être limitées, si certaines dispositions constructives avaient été respectées pour des bâtiments situés en zone exposée au phénomène. C'est pourquoi l'État a souhaité engager une politique de prévention vis-à-vis de ce risque en incitant les maîtres d'ouvrage à respecter certaines règles. Cette démarche s'inscrit dans le cadre d'une politique générale visant à limiter les conséquences humaines et économiques des catastrophes naturelles, par la mise en œuvre de Plans de Prévention des Risques naturels prévisibles (PPR), ce qui consiste à délimiter des zones apparaissant exposées à un niveau de risque homogène et à définir, pour chacune de ces zones, les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde qui doivent y être prises, en application de la loi n° 95-101 du 2 février 1995.

Dans le cas particulier du phénomène de retrait-gonflement des argiles, les zones concernées, même soumises à un aléa considéré comme élevé, restent constructibles. Les prescriptions imposées sont, pour l'essentiel, des règles de bon sens dont la mise en œuvre n'engendre qu'un surcoût relativement modique, mais dont le respect permet de réduire considérablement les désordres causés au bâti même en présence de terrains fortement sujets au phénomène de retrait-gonflement.

Cette réglementation concerne essentiellement les constructions futures. Quelques consignes s'appliquent toutefois aux bâtiments existants afin de limiter les facteurs déclenchants et/ou aggravants du phénomène de retrait-gonflement. Le non respect du règlement du PPR peut conduire à la perte du droit à l'indemnisation de sinistres déclarés, et ceci malgré la reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle.



## **2. PRESENTATION DE LA ZONE ETUDIEE**

### **2.1. Limites de l'étude**

Le présent PPR couvre l'ensemble du territoire communal de AUBAREDE (département des Hautes-Pyrénées).

### **2.2. Contexte naturel départemental**

#### **2.2.1. Situation géographique**

Le département des Hautes-Pyrénées est divisé en 474 communes et couvre une superficie d'environ 4 539 km<sup>2</sup>. Il comptait une population de 222 368 habitants au recensement INSEE de 1999. La densité de population y est de 49 hab./km<sup>2</sup>, ce qui est nettement inférieur à la moyenne nationale et traduit le caractère peu urbanisé du département. Les agglomérations principales sont celles de Tarbes (chef-lieu de département), Argelès-Gazost et Bagnères-de-Bigorre, ces deux dernières villes ayant le statut de sous-préfectures.

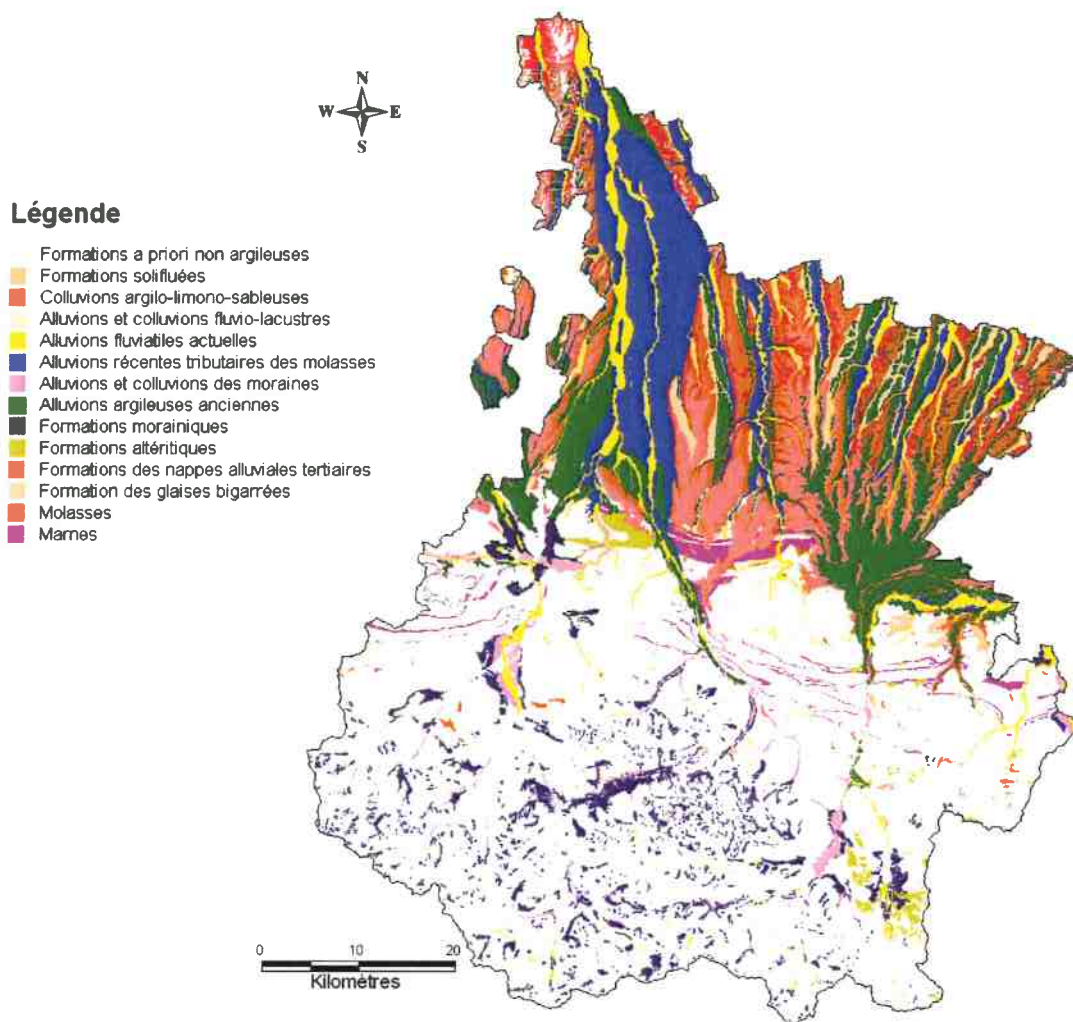
#### **2.2.2. Géologie**

La connaissance de l'aléa retrait-gonflement des sols argileux passe par une étude détaillée de la géologie, en s'attachant particulièrement aux formations à composante argileuse (argiles proprement dites mais aussi marnes, altérites, limons fins, sables argileux, etc.). Ceci nécessite de déterminer, pour chaque formation, la nature lithologique des terrains ainsi que les caractéristiques minéralogiques et géotechniques de leur phase argileuse. Cette analyse a été effectuée principalement à partir des données déjà disponibles sur le sujet et notamment à partir des cartes géologiques à l'échelle 1/50 000 publiées par le BRGM, complétées d'une part par l'analyse de données de sondages contenues dans la Banque des données du Sous-Sol gérée par le BRGM, et d'autre part par de nouvelles analyses réalisées à partir d'échantillons représentatifs. Elle reflète donc l'état actuel des connaissances sur la géologie des formations superficielles des Hautes-Pyrénées, mais est susceptible d'évoluer au fur et à mesure de l'acquisition de nouvelles données sur le proche sous-sol.

Les formations géologiques affleurantes ou sub-affleurantes dans le département et considérées comme argileuses (au sens le plus large) sont brièvement décrites en annexe 1, après regroupement d'unités stratigraphiquement distinctes, mais dont les caractéristiques lithologiques, et donc le comportement supposé vis-à-vis du retrait-gonflement, sont comparables. La carte géologique des formations argileuses et marneuses présentée en illustration 1 est une carte synthétique qui résulte d'une analyse interprétative à partir des connaissances actuellement disponibles. Certaines unités stratigraphiques ont été regroupées dans la mesure où leur nature lithologique similaire le justifiait. Par ailleurs, les formations considérées comme *a priori* non argileuses n'ont pas été figurées sur cette carte, ce qui n'exclut pas que des poches ou placages argileux, non identifiés sur les cartes géologiques actuellement disponibles, puissent s'y rencontrer localement.

Cette synthèse géologique départementale montre qu'un peu moins de la moitié de la superficie du département est concernée par des formations à dominante argileuse plus ou moins marquées, et donc soumise à un risque de retrait-gonflement plus ou moins élevé.





### III. 1 : Carte synthétique des formations argileuses et marneuses des Hautes-Pyrénées

Les principales formations argileuses ou marneuses qui affleurent dans le département des Hautes-Pyrénées sont, par ordre d'importance décroissante en termes de superficie, les *Alluvions argileuses anciennes* (9,6 % de la superficie totale du département) et les *Alluvions récentes tributaires des molasses* (8,4 %). Les autres formations à composante argileuse couvrent toutes des surfaces inférieures à 6 % du département.

#### 2.2.3. Hydrogéologie

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

Dans le département des Hautes-Pyrénées, ce sont principalement les aquifères liés aux formations alluviales et glaciaires qui sont susceptibles de jouer un rôle, en raison de leur faible profondeur et des possibilités de fluctuations importantes de leur niveau piézométrique. Les aquifères des formations fissurées et fracturées des Pyrénées peuvent également jouer un rôle, mais très localement.



### **3. DESCRIPTION DES PHENOMENES ET DE LEURS CONSEQUENCES**

Les principales caractéristiques des phénomènes de retrait-gonflement des sols argileux et leurs conséquences sont rappelées en annexe 2.

### **4. SINISTRES OBSERVES DANS LE DEPARTEMENT**

En novembre 2007, 113 des 474 communes que compte le département des Hautes-Pyrénées (soit un peu plus d'un quart d'entre-elles) avaient été reconnues au moins une fois en état de catastrophe naturelle au titre de mouvements différentiels de terrain liés au phénomène de retrait-gonflement des argiles, pour des périodes comprises entre mai 1989 et septembre 2003.

Le nombre total de sites de sinistres recensés et localisés avec précision par le BRGM dans le cadre de l'étude départementale d'aléa s'élève à 816, répartis dans 84 communes : ce nombre constitue une estimation approchée, quoique vraisemblablement minorée, de la réalité. D'après des données communiquées par la Caisse Centrale de Réassurance et couvrant la période 1989-2006, les Hautes-Pyrénées seraient en 49<sup>ème</sup> position des départements français en termes de coût cumulé d'indemnisation des sinistres retrait-gonflement dans le cadre du régime des catastrophes naturelles (ce cumul étant à cette date évalué à 7,1 millions d'euros).

Au total, 42 arrêtés interministériels reconnaissant l'état de catastrophe naturelle sécheresse dans une ou plusieurs communes des Hautes-Pyrénées ont été pris entre juin 1993 et octobre 2007. Le nombre total d'occurrences ainsi déterminées (nombre de périodes ayant fait l'objet d'une reconnaissance en distinguant commune par commune) s'élève à 132 (cf. annexe 3) ce qui classe les Hautes-Pyrénées en 55<sup>ème</sup> position des départements les plus touchés au vu de ce critère.



## 5. DESCRIPTION DE LA METHODOLOGIE D'ETABLISSEMENT DU PPR

### 5.1. Carte de l'aléa retrait-gonflement

Afin de délimiter les zones à risque, le BRGM a dressé pour l'ensemble du département une carte de l'aléa retrait-gonflement des argiles. L'aléa correspond par définition à la probabilité d'occurrence du phénomène. Il est ici approché de manière qualitative à partir d'une hiérarchisation des formations argileuses du département vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement. Pour cela, on établit d'abord une carte de susceptibilité, sur la base d'une caractérisation physique des formations géologiques à partir des critères suivants :

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

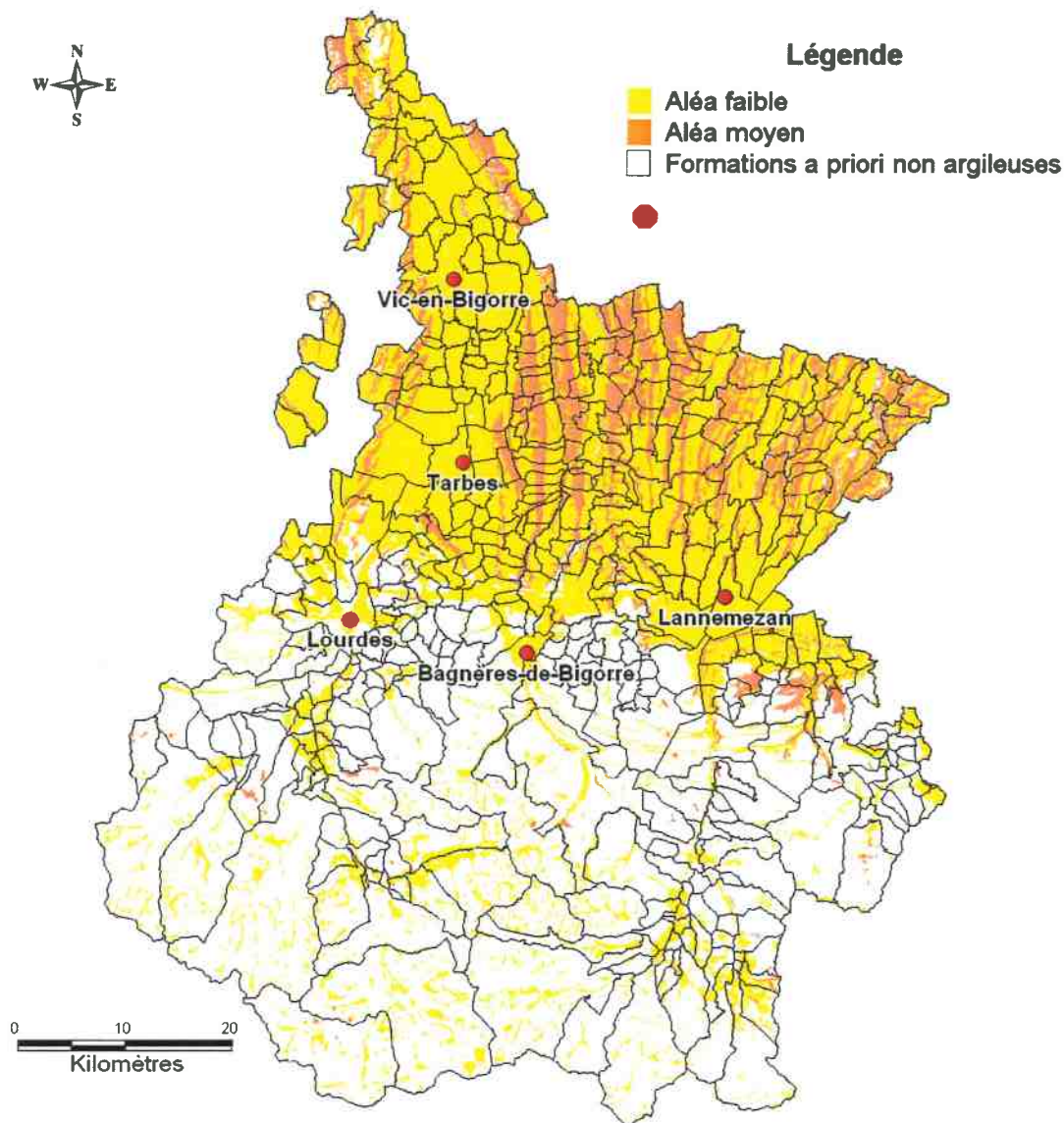
Pour chacune des 13 formations argileuses ou marneuses identifiées, le niveau d'aléa résulte en définitive de la combinaison du niveau de susceptibilité ainsi obtenu et de la densité de sinistres retrait-gonflement, rapportée à 100 km<sup>2</sup> de surface d'affleurement réellement urbanisée (pour permettre des comparaisons fiables entre formations). La synthèse des résultats obtenus est présentée dans le tableau ci-après.

N° de formation	Formation lithologique	Surface d'affleurement		Classe d'aléa
		Superficie km <sup>2</sup>	% de superficie totale	
1	Formations solifluées	103	2,28	moyen
2	Colluvions argilo-limono-sableuses	263	5,83	moyen
11	Formation des glaises bigarrées	3	0,07	moyen
12	Molasses	92	2,04	moyen
	<b>Total des formations classées en aléa moyen</b>	<b>461</b>	<b>10,21</b>	
3	Alluvions et colluvions fluvio-lacustres	8	0,18	faible
4	Alluvions fluviales actuelles	206	4,56	faible
5	Alluvions récentes tributaires des molasses	379	8,40	faible
6	Alluvions récentes tributaires des moraines	54	1,20	faible
7	Alluvions argileuses anciennes	435	9,64	faible
8	Formations morainiques	186	4,12	faible
9	Formations altéritiques	19	0,42	faible
10	Formations des nappes alluviales tertiaires	267	5,92	faible
13	Marnes	49	1,09	faible
	<b>Total des formations classées en aléa faible</b>	<b>1 603</b>	<b>35,52</b>	
	<b>Total formations argileuses</b>	<b>2 064</b>	<b>45,73</b>	
0	Formations à priori non argileuses	2 449	54,27	
	<b>Total département</b>	<b>4 513</b>	<b>100</b>	

#### III. 2 - Classement des formations argileuses et marneuses par niveau d'aléa

La répartition cartographique des zones d'aléa est présentée sur la carte ci-dessous.





**III. 3 : Carte d'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Hautes-Pyrénées**

En définitive, le département ne présente pas de zones d'aléa fort, tandis que 10,2 % du département est considéré en aléa moyen et 35,5 % en aléa faible. Le reste, soit 54,3 % du département, correspond à des zones *a priori* non argileuses, en principe non exposées aux risques de retrait-gonflement, ce qui n'exclut pas la présence, localement, de poches ou de placages argileux non cartographiés.

Les différentes zones d'aléa se répartissent de la façon suivante :

- huit communes seulement seraient totalement épargnées par le phénomène ;
- la zone d'aléa faible est très étendue puisque 222 communes (soit un peu moins de 50 % d'entre-elles) possèdent des zones d'aléa faible qui couvrent au moins 50 % de leur surface ;



- la zone d'aléa moyen, présente uniquement dans le nord du département, est relativement étendue, puisque 166 communes (soit 35 % d'entre-elles) possèdent des zones d'aléa moyen qui couvrent au moins 15 % de leur surface.

Ces chiffres sont cependant à pondérer en prenant plutôt en compte la répartition de l'aléa dans les secteurs réellement en voie d'urbanisation qui sont les zones à enjeux où il importe que des règles de prévention soient respectées.

## **5.2. Plan de zonage réglementaire**

Le tracé du zonage réglementaire établi pour chacune des communes des Hautes-Pyrénées a été extrapolé directement à partir de la carte départementale d'aléa, en intégrant une marge de sécurité de 50 m de largeur pour tenir compte de l'imprécision des contours qui sont valides à l'échelle 1/50 000. Le plan de zonage est présenté sur fond cadastral de la BD Parcellaire® de l'IGN à l'échelle 1/2 500 et agrandi à l'échelle 1/10 000.

Les zones exposées à un aléa faible à moyen ont été regroupées en une zone unique, de couleur bleu clair, notée B2. La carte réglementaire traduit ainsi directement la carte d'aléa et présente donc une seule zone réglementée.

## **5.3. Réglementation**

Le règlement du PPR décrit les prescriptions destinées à s'appliquer aux zones réglementées. Il s'agit pour l'essentiel de dispositions constructives, qui concernent surtout la construction de maisons neuves. Certaines s'appliquent néanmoins aussi aux constructions existantes, avec pour principal objectif de ne pas aggraver la vulnérabilité actuelle de ces maisons vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement.

Le PPR approuvé vaut servitude d'utilité publique et est opposable aux tiers. A ce titre il doit être annexé au Plan Local d'Urbanisme (PLU) conformément à l'article 126.1 du Code de l'Urbanisme. Comme spécifié dans l'article 16.1 de la loi n° 95.101 du 2 février 1995, le respect des prescriptions obligatoires s'applique, dès l'approbation du PPR, à toute nouvelle construction située dans les zones concernées. Les propriétaires des constructions existantes disposent pour s'y conformer d'un délai variable selon les mesures, mais qui est au maximum de cinq ans.

Le fait de construire ou d'aménager un terrain dans une zone réglementée par un PPR, et de ne pas respecter les conditions de réalisation, d'utilisation ou d'exploitation prescrites par ce plan est puni des peines prévues à l'article L. 480-4 du Code de l'Urbanisme. Le non respect des dispositions du PPR peut notamment entraîner une restriction des dispositifs d'indemnisation en cas de sinistre, même si la commune est reconnue en état de catastrophe naturelle au titre de mouvements différentiels de terrain liés au retrait-gonflement des argiles.

## **6. DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES PREVENTIVES**

Les dispositions constructives décrites dans le règlement du PPR ne sont pas exhaustives en ce sens qu'elles ne se substituent pas aux documents normatifs en vigueur (NF – DTU) mais qu'elles les complètent. La mise en application de ces dispositions ne dispense donc pas de respecter l'ensemble des règles de l'art en vigueur dans le domaine de la construction. Par ailleurs, il s'agit de dispositions préventives et non curatives. Elles ne s'appliquent donc pas nécessairement en cas de sinistre avéré, pour lequel il convient de faire appel à des méthodes de réparation spécifiques.

Une partie des mesures décrites dans le règlement est illustrée en annexe 4.



Concernant les constructions nouvelles en zones réglementées par le PPR et pour ce qui est des maisons individuelles (hors permis de construire groupé), le choix est laissé entre deux options.

La première consiste à faire réaliser par un bureau d'études géotechniques une reconnaissance de sol conformément aux missions géotechniques spécifiées dans la norme NF P 94-500 (cf. annexe 5) qui permettra de vérifier si, au droit de la parcelle, le proche sous-sol contient effectivement des matériaux sujets au retrait-gonflement (dans le cas contraire, le constructeur s'exonère ainsi de toute disposition constructive spécifique) et de déterminer quelles sont les mesures particulières à observer pour réaliser le projet en toute sécurité en prenant en compte cet aléa.

La seconde option consiste à appliquer directement un certain nombre de mesures préventives, explicitées dans le règlement du PPR, qui concernent autant la construction elle-même que son environnement immédiat, mesures de nature à éviter *a priori* tout risque de désordre important, même en présence de matériaux très sensibles au retrait-gonflement. La première option est préférable, d'une part parce qu'elle permet de lever d'éventuelles incertitudes quant à la nature exacte du sol au droit de la parcelle à construire, et d'autre part parce qu'elle permet une adaptation plus fine du projet au contexte géologique local.

Pour tous les autres bâtiments projetés en zone d'aléa retrait-gonflement (à l'exception de ceux à usage purement agricole et des annexes d'habitation non accolées au bâtiment principal), c'est cette première option qui s'impose.

Concernant les mesures constructives et d'environnement préconisées, les principes ayant guidé leur élaboration sont en particulier les suivants :

- Les fondations doivent être suffisamment profondes pour s'affranchir de la zone superficielle où le sol est sensible à l'évaporation. Elles doivent être suffisamment armées et coulées à pleine fouille le plus rapidement possible, en évitant que le sol mis à nu en fond de fouille ne soit soumis à des variations importantes de teneur en eau ;
- Elles doivent être ancrées de manière homogène sur tout le pourtour du bâtiment (ceci vaut notamment pour les terrains en pente ou à sous-sol hétérogène, mais explique aussi l'interdiction des sous-sols partiels qui induisent des hétérogénéités d'ancrage) ;
- La structure du bâtiment doit être suffisamment rigide pour résister à des mouvements différentiels, d'où l'importance des chaînages haut et bas ;
- En cas de source de chaleur en sous-sol (chaudière notamment), les échanges thermiques à travers les parois doivent être limités pour éviter d'aggraver la dessiccation du terrain en périphérie ;
- Tout élément de nature à provoquer des variations saisonnières d'humidité du terrain (arbre, drain, pompage ou au contraire infiltration localisée d'eaux pluviales ou d'eaux usées) doit être le plus éloigné possible de la construction ;
- Sous la construction, le sol est à l'équilibre hydrique alors que tout autour il est soumis à une évaporation saisonnière, ce qui tend à induire des différences de teneur en eau au droit des fondations. Pour les éviter, il convient d'entourer la construction d'un dispositif, le plus large possible, qui protège sa périphérie immédiate de l'évaporation.



## ANNEXE 1

### Description succincte des formations argileuses et marneuses affleurant dans le département des Hautes-Pyrénées

La présente annexe décrit de manière succincte les 13 formations géologiques essentiellement ou partiellement argileuses et/ou marneuses qui affleurent sur 45,7 % environ du territoire du département des Hautes-Pyrénées. Les autres formations affleurantes ont été considérées comme *a priori* non argileuses, bien qu'il ne soit pas exclu d'y trouver localement des lentilles ou des poches d'argiles (non identifiées sur les cartes géologiques dans leur version actuelle). Certaines de ces formations correspondent, en réalité, à des regroupements d'unités stratigraphiquement distinctes mais dont les caractéristiques lithologiques et, par conséquent, le comportement vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement ont été considérées comme similaires.

Les 13 formations argileuses et/ou marneuses sont décrites de la plus ancienne à la plus récente.

#### **Marnes (Secondaire)**

Les formations marneuses sont présentes dans la zone nord-pyrénéenne du flysch et la zone sous-pyrénéenne, entre les chaînons calcaires pyrénéens au sud et le bassin aquitain au nord. La puissance des formations peut aller jusqu'à 500 mètres mais leur épaisseur visible est beaucoup plus faible (80 à 100 mètres). Ces marnes sombres, bariolées, ou flyschs, contiennent assez d'argiles pour constituer un risque potentiel.

#### **Molasses (Tertiaire)**

Les molasses sont le résultat du démantèlement de la chaîne pyrénéenne. Elles sont localisées dans toute la partie nord du département. On distingue à l'ouest les molasses miocènes, et à l'est les molasses éocènes. L'ensemble peut atteindre plusieurs centaines de mètres d'épaisseur. Les séquences sont généralement gréso-silteuses micacées à la base, silto-argileuses par la suite, puis deviennent de plus en plus carbonatées vers le sommet, jusqu'à l'apparition de calcaires lacustres.

#### **Formation des glaises bigarrées (Tertiaire)**

Cette formation est présente dans la pointe nord-ouest du département et est constituée de couches argileuses présentant une base très plastique, bleue très clair à marbrures jaunes, violettes ou blanches. Leur partie sommitale est affectée par une rubéfaction intense généralement rouge à mauve. L'épaisseur de la formation varie de 1 à 30 mètres, pouvant atteindre 60 mètres en remplissage de dépression.

#### **Formation des nappes alluviales tertiaires**

Cette formation regroupe les nappes alluviales d'âge mio-pliocène. Ces nappes sont présentes sur toute la partie nord du département. Elles sont essentiellement localisées en limite des Petites Pyrénées, en tête du bassin molassique. Elles affleurent en partie centrale du département, et n'y sont pas recouvertes par les formations alluviales quaternaires. Leur épaisseur moyenne est de 20 mètres.

#### **Formations altéritiques (Quaternaire)**

Les formations altéritiques sont présentes dans la partie sud-est du département. Elles constituent un manteau d'altération des pélites et des schistes paléozoïques en fragments anguleux dans une matrice argileuse brune d'aspect terreux ainsi que celui de migmatites



dont l'altération locale intense se traduit par des matériaux ardoisiers argileux. Elles peuvent être localement remaniées, voire solifluées.

À ce type d'altérite ont été ajoutés les remplissages karstiques des calcaires crétacés situés plus au nord et constitués d'une matrice argileuse comparable. L'épaisseur de ces formations est variable, pouvant aller de un à plusieurs mètres.

#### **Formations morainiques (Quaternaire)**

Les formations morainiques sont localisées dans la partie sud du département. Elles occupent une partie des Petites Pyrénées et surtout des Pyrénées centrales. Elles correspondent à des accumulations de matériaux très hétérogènes résultant de l'action des glaciers qui ont recouvert cette région à différentes époques du Quaternaire. Cette action a eu pour effet d'arracher à la montagne des matériaux rocheux d'origine variée (granites, schistes, etc.), allant du grain de sable ou d'argile au bloc de plusieurs mètres-cubes, et de les déposer en aval lors de la fonte du glacier.

#### **Alluvions argileuses anciennes (Quaternaire)**

Les alluvions argileuses anciennes recouvrent, à des degrés divers, les formations molassiques du département. Elles sont composées d'une matrice argileuse parfois rubéfiée (jaune et rouge). Leur épaisseur varie de 6 à 15 mètres, avec parfois un recouvrement limoneux pouvant atteindre 4 mètres d'épaisseur. Ces alluvions ont connu une importante phase d'altération (rubéfaction) qui est susceptible d'avoir créé des minéraux argileux gonflants.

#### **Alluvions et colluvions des moraines (Quaternaire)**

Les alluvions et colluvions des moraines sont localisées dans la partie sud du département, au niveau des « Petites Pyrénées » et des « Pyrénées centrales ». Elles sont constituées de blocs, de graviers et de sables et leur épaisseur n'est pas déterminée. Cependant, il peut exister certaines zones d'accumulation de particules plus fines où la matrice alluvionnaire peut être en partie constituée d'argile.

#### **Alluvions récentes tributaires des molasses (Quaternaire)**

Cette formation est présente dans toute la moitié nord du département. Son emprise est moyenne à l'est mais elle augmente fortement à l'ouest, le long de l'Adour et de l'Echez. Ces alluvions, qui proviennent presque exclusivement de l'érosion des molasses, sont composées d'argiles limoneuses plus ou moins sableuses.

#### **Alluvions fluviales actuelles (Quaternaire)**

Les alluvions fluviales actuelles forment les accumulations les plus récentes créées par les cours d'eau circulant dans les molasses et, en partie, dans les formations pyrénéennes. Cette formation est composée d'un mélange hétérogène de sables, graviers et galets dans une matrice argileuse. En partie distale s'est formée une couverture argilo-limoneuse gris beige d'environ 1 à 3 mètres d'épaisseur.

#### **Alluvions et colluvions fluvio-lacustres (Quaternaire)**

Cette formation est présente dans la pointe nord-ouest du département dont la morphologie est régie par des buttes molassiques éocènes. Elle s'organise en petites « coulées » d'ordre kilométrique, recouvrant les formations alluviales avales. Ces alluvions et colluvions possèdent une fraction argileuse importante. La situation, plus distale, du piémont pyrénéen, fait que cette formation est majoritairement constituée d'éléments fins.

#### **Les colluvions argilo-limono-sableuses (Quaternaire)**

Ces formations sont présentes dans toute la moitié nord du département. Ce sont des colluvions quaternaires qui remanient les dépôts molassiques antérieurs et sont également susceptibles d'en concentrer la fraction fine. Topographiquement, elles se situent en bas de



penne des coteaux, ce qui permet des accumulations plurimétriques. Ces colluvions sont constituées d'éléments argileux à sableux, avec parfois quelques galets. La matrice peut-être rubéfiée, signe d'une altération susceptible d'entraîner la formation de smectites.

**Les formations solifluées (Quaternaire)**

Ces formations se retrouvent en majeure partie dans le nord du département sur les pentes des coteaux molassiques où elles subissent un déplacement par écoulement lent, en raison d'une saturation en eau durant les périodes humides. Elles s'alignent en bandes N-S le long des petites vallées en amont topographique des formations alluviales. Leur composition peut varier légèrement du nord au sud par diminution progressive du pourcentage d'argile.



## ANNEXE 2

### Description des phénomènes de retrait-gonflement des sols argileux et de leurs conséquences

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

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

Les sols argileux se caractérisent essentiellement par une grande influence de la teneur en eau sur leur comportement mécanique.

#### 1. Introduction aux problèmes de « retrait-gonflement »

Par suite d'une modification de leur teneur en eau, les terrains superficiels argileux varient de volume : retrait lors d'une période d'assèchement, gonflement lorsqu'il y a apport d'eau. Cette variation de volume est accompagnée d'une modification des caractéristiques mécaniques de ces sols.

Ces variations sont donc essentiellement gouvernées par les conditions météorologiques, mais une modification de l'équilibre hydrique établi (imperméabilisation, drainage, concentration de rejet d'eau pluviale....) ou une conception des fondations du bâtiment inadaptée à ces terrains sensibles peut tout à fait jouer un rôle pathogène.

La construction d'un bâtiment débute généralement par l'ouverture d'une fouille qui se traduit par une diminution de la charge appliquée sur le terrain d'assise. Cette diminution de charge peut provoquer un gonflement du sol en cas d'ouverture prolongée de la fouille (c'est pourquoi il est préconisé de limiter au maximum sa durée d'ouverture).

La contrainte appliquée augmente lors de la construction du bâtiment, et s'oppose plus ou moins au gonflement éventuel du sol. On constate en tout cas que plus le bâtiment est léger, plus la surcharge sur le terrain sera faible et donc plus l'amplitude des mouvements liés au phénomène de retrait-gonflement sera grande.

Une fois le bâtiment construit, la surface du sol qu'il occupe devient imperméable. L'évaporation ne peut plus se produire qu'en périphérie de la maison. Il apparaît donc un gradient entre le centre du bâtiment (où le sol est en équilibre hydrique) et les façades, ce qui explique que les fissures apparaissent de façon préférentielle dans les angles (cf. fig. 1).

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



s'amplifient lorsque le bâtiment perd de sa rigidité et que la structure originelle des sols s'altère.

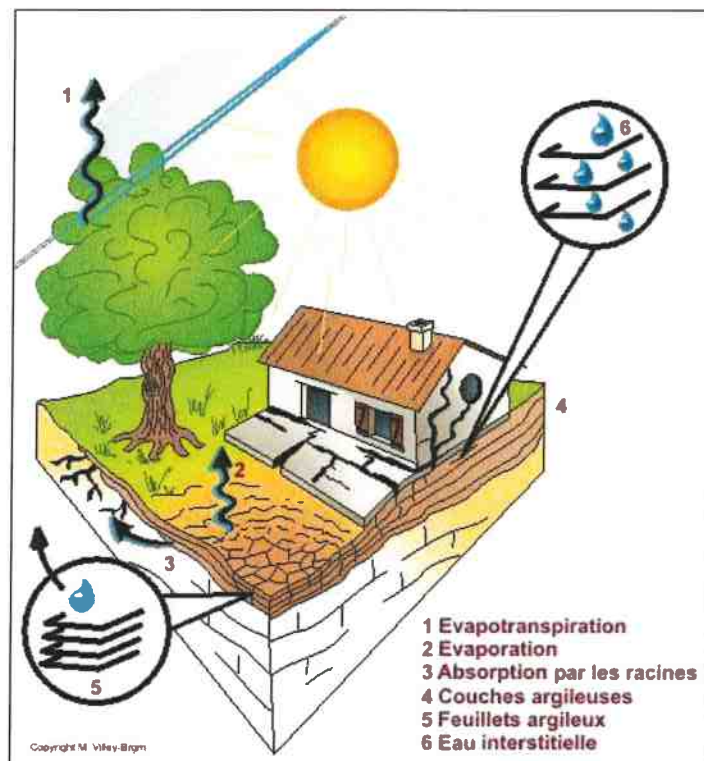


fig. 1 : illustration du mécanisme de dessiccation

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

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

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



Ces considérations générales sur le mécanisme de retrait-gonflement permettent de mieux comprendre comment se produisent les sinistres « sécheresse » liés à des mouvements différentiels du sol argileux et quels sont les facteurs qui interviennent dans le processus. On distingue pour cela les facteurs de prédisposition (conditions nécessaires à l'apparition de ce phénomène), qui déterminent la répartition spatiale de l'aléa, et des facteurs qui vont influencer ce phénomène soit en le provoquant (facteurs de déclenchement), soit en accentuant les effets (facteurs aggravants).

## **2. Facteurs intervenant dans le mécanisme**

### **2.1. Facteurs de prédisposition**

Il s'agit des facteurs 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. Ils conditionnent la répartition spatiale du phénomène et permettent de caractériser la susceptibilité du milieu.

Vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement, la nature du sol constitue le facteur de prédisposition prédominant. Les terrains susceptibles de retrait-gonflement sont des formations argileuses au sens large, mais leur nature peut être très variable : dépôts sédimentaires argileux, calcaires argileux, marno-calcaires, dépôts alluvionnaires, colluvions, roches éruptives ou métamorphiques altérées, etc.

La géométrie de la formation géologique a une influence dans la mesure où l'épaisseur de la couche de sol argileux joue sur l'amplitude du phénomène. Une formation argileuse continue sera plus dangereuse qu'un simple inter-lit argileux entre deux bancs calcaires. Mais cette dernière configuration peut dans certains cas conduire néanmoins à l'apparition de désordres.

Le facteur principal est cependant lié à la nature minéralogique des composants argileux présents dans le sol. Un sol est généralement constitué d'un mélange de différents minéraux dont certains présentent une plus grande aptitude au phénomène de retrait-gonflement. Il s'agit essentiellement des smectites (famille de minéraux argileux tels que la montmorillonite), de certains interstratifiés, de la vermiculite et de certaines chlorites.

Les conditions d'évolution du sol après dépôt jouent également. Le contexte paléoclimatique auquel le sol a été soumis est susceptible de provoquer une évolution de sa composition minéralogique : une altération en climat chaud et humide (de type intertropical) facilite la formation de minéraux argileux gonflants. L'évolution des contraintes mécaniques appliquées intervient aussi : un dépôt vasard à structure lâche sera plus sensible au retrait qu'un matériau « surconsolidé » (sol ancien ayant subi un chargement supérieur à celui des terrains sus-jacents actuels), lequel présentera plutôt des risques de gonflement.

### **2.2. Facteurs déclenchants et/ou aggravants**

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).

Certains de ces facteurs ont plutôt un rôle aggravant : ils ne suffisent pas à eux seuls à déclencher le phénomène, mais leur présence contribue à en alourdir l'impact.



### 2.2.1. Phénomènes climatiques

Les variations climatiques constituent le principal facteur de déclenchement. Les deux paramètres importants sont les précipitations et l'évapotranspiration.

En l'absence de nappe phréatique, ces deux paramètres contribuent en effet fortement aux variations de teneurs en eau dans la tranche superficielle des sols (que l'on peut considérer comme les deux premiers mètres sous la surface du sol).

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). Elle est mesurée dans quelques stations météorologiques mais ne constitue jamais qu'une approximation puisqu'elle 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 très difficile de relier la répartition dans le temps des hauteurs de pluies efficaces avec l'évolution des teneurs en eau dans le sol, même si l'on observe évidemment qu'après une période de sécheresse prolongée la teneur en eau dans la tranche superficielle de sol a tendance à diminuer tandis que l'épaisseur de la tranche de sol concernée par la dessiccation augmente, 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'évaporation mais aussi le ruissellement), mais toute la difficulté est de connaître la réserve utile des sols, c'est-à-dire leur capacité à emmagasiner de l'eau et à la restituer ensuite (par évaporation ou en la transférant à la végétation par son système racinaire). Les bilans établis selon la méthode de Thornthwaite supposent arbitrairement que la réserve utile des sols est pleine en début d'année, alors que les évolutions de celle-ci peuvent être très variables.

### 2.2.2. Actions anthropiques

Certains sinistres « sécheresse » ne sont pas déclenchés par un phénomène climatique, par nature imprévisible, mais par une action humaine.

Des travaux d'aménagement, en modifiant la répartition des écoulements superficiels et souterrains, ainsi que les possibilités d'évaporation naturelle, peuvent entraîner des modifications dans l'évolution des teneurs en eau de la tranche de sol superficielle.

La mise en place de drains à proximité d'un bâtiment peut provoquer un abaissement local des teneurs en eau et entraîner des mouvements différentiels au voisinage. Inversement, une fuite dans un réseau enterré augmente localement la teneur en eau et peut provoquer, outre une érosion localisée, un gonflement du sol qui déstabilisera un bâtiment situé à proximité. Dans le cas d'une conduite d'eaux usées, le phénomène peut d'ailleurs être aggravé par la présence de certains ions qui modifient le comportement mécanique des argiles et accentuent leurs déformations.

La concentration d'eau pluviale ou de ruissellement au droit de la construction joue en particulier un rôle pathogène déterminant.

Par ailleurs, la présence de sources de chaleur en sous-sol (four ou chaudière) à proximité d'un mur peut dans certains cas accentuer la dessiccation du sol dans le voisinage immédiat et entraîner l'apparition de désordres localisés.

Enfin, des défauts de conception de la construction tant au niveau des fondations (ancrage à des niveaux différents, bâtiment construit sur sous-sol partiel, etc.) que de la structure elle-même (par exemple, absence de joints entre bâtiments accolés mais fondés de manière différente) constituent des facteurs aggravants indéniables qui expliquent l'apparition de désordres sur certains bâtiments, même en période de sécheresse à caractère non exceptionnel.



### 2.2.3. Conditions hydrogéologiques

La présence ou non d'une nappe, ainsi que l'évolution de son niveau en période de sécheresse, jouent un rôle important dans les manifestations du phénomène de retrait-gonflement.

La présence d'une nappe permanente à faible profondeur (c'est-à-dire à moins de 4 m sous le terrain naturel) permet en général d'éviter la dessiccation de la tranche de sol superficielle.

Inversement, le rabattement de la nappe (sous l'influence de pompages situés à proximité, ou du fait d'un abaissement généralisé du niveau) ou le tarissement des circulations d'eau superficielles en période de sécheresse provoque une aggravation de la dessiccation dans la tranche de sol soumise à l'évaporation.

Pour exemple, dans le cas d'une formation argileuse surmontant une couche sableuse habituellement saturée en eau, le dénoyage de cette dernière provoque l'arrêt des remontées capillaires dans le terrain argileux et contribue à sa dessiccation.

### 2.2.4. Topographie

Hormis les phénomènes de reptation en fonction de la pente, les constructions sur terrain pentu peuvent être propices à l'apparition de désordres issus de mouvements différentiels du terrain d'assise sous l'effet de retrait-gonflement.

En effet, plusieurs caractères propres à ces terrains sont à considérer :

- le ruissellement naturel limite leur recharge en eau, ce qui accentue le phénomène de dessiccation du sol ;
- 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 ;
- les fondations étant généralement descendues partout à la même cote se trouvent de fait ancrées plus superficiellement du côté aval ;
- enfin, les fondations d'un bâtiment sur terrain pentu se comportent comme une barrière hydraulique vis-à-vis des circulations d'eaux dans les couches superficielles le long du versant. Le sol à l'amont tend donc à conserver une teneur en eau plus importante qu'à l'aval.

### 2.2.5. Végétation

La présence de végétation arborée à proximité d'un édifice construit sur sol sensible peut, à elle seule, constituer un facteur déclenchant, même si, le plus souvent, elle n'est qu'un élément aggravant.

Les racines des arbres soutirent l'eau contenue dans le sol, par un mécanisme de succion. Cette succion crée une dépression locale autour du système racinaire, ce qui se traduit par un gradient de teneur en eau dans le sol. Celui-ci étant en général faiblement perméable du fait de sa nature argileuse, le rééquilibrage des teneurs en eau est très lent.

Ce phénomène de succion peut alors provoquer un tassement localisé du sol autour de l'arbre. Si la distance au bâtiment n'est pas suffisante, cela peut entraîner des désordres au niveau des fondations, et à terme sur la bâtisse elle-même.

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. Les racines seront naturellement incitées à se développer en direction de la maison puisque celle-ci limite l'évaporation et maintient donc



sous sa surface une zone de sol plus humide. 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 à 5 m de profondeur, voire davantage.

Le phénomène sera d'autant plus important que l'arbre est en pleine croissance et qu'il a besoin de plus d'eau. Ainsi on considère qu'un peuplier ou un saule adulte a besoin de 300 litres d'eau par jour en été. En France, les arbres considérés comme les plus dangereux du fait de leur influence sur les phénomènes de retrait, sont les chênes, les peupliers, les saules et les cèdres. Des massifs de buissons ou arbustes situés près des façades peuvent cependant causer aussi des dégâts.

Par ailleurs, des risques importants de désordres par gonflement de sols argileux sont susceptibles d'apparaître, souvent plusieurs années après la construction de bâtiments, lorsque ces derniers ont été implantés sur des terrains anciennement boisés et qui ont été défrichés pour les besoins du lotissement. La présence de ces arbres induisait en effet une modification importante de l'équilibre hydrique du sol, et ceci sur plusieurs mètres de profondeur. Leur suppression se traduit par une diminution progressive de la succion, l'eau infiltrée n'étant plus absorbée par le système racinaire. Il s'ensuit un réajustement du profil hydrique, susceptible d'entraîner l'apparition d'un gonflement lent mais continu.

### **2.3. Mécanismes et manifestations des désordres**

Les mouvements différentiels du terrain d'assise d'une construction se traduisent par l'apparition de désordres qui affectent l'ensemble du bâti et qui sont en général les suivants :

#### **Gros-œuvre :**

- fissuration des structures enterrées ou aériennes ;
- déversement de structures fondées de manière hétérogène ;
- désencastrement des éléments de charpente ou de chaînage ;
- dislocation des cloisons.

#### **Second-œuvre :**

- distorsion des ouvertures ;
- décollement des éléments composites (carrelage, plâtres...) ;
- rupture de tuyauteries et canalisations.

#### **Aménagement extérieur :**

- fissuration des terrasses ;
- décollement des bâtiments annexes, terrasses, perrons.

La nature, l'intensité et la localisation de ces désordres dépendent de la structure de la construction, du type de fondation réalisée et bien sûr de l'importance des mouvements différentiels de terrain subis.

L'exemple type de la maison sinistrée par la sécheresse est :

- une maison individuelle (structure légère) ;
- à simple rez-de-chaussée avec dallage sur terre-plein voire sous-sol partiel ;
- fondée de façon relativement superficielle, généralement sur des semelles continues, peu ou non armées et peu profondes (inférieur à 80 cm) ;
- avec une structure en maçonnerie peu rigide, sans chaînage horizontal ;

et reposant sur un sol argileux.



### ANNEXE 3

Liste des arrêtés de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle au titre de mouvements différentiels de sols liés au retrait-gonflement des argiles, pris dans le département des Hautes-Pyrénées à la date du 19 novembre 2007 (données prim.net)

Numéro INSEE	Nom de la commune	Date de début	Date de fin	Date de l'arrêté	Date de publication au J.O.
65009	Anères	01/07/2003	30/09/2003	06/02/2006	14/02/2006
65015	Antin	01/05/1989	31/12/1997	26/05/1998	11/06/1998
65016	Antist	01/07/2003	30/09/2003	06/02/2006	14/02/2006
65019	Arcizac-Adour	01/07/2003	30/09/2003	05/05/2006	14/05/2006
65026	Aries-Espéran	01/01/1994	30/11/1996	12/05/1997	25/05/1997
		01/07/2003	30/09/2003	27/07/2006	08/08/2006
65028	Arné	01/05/1989	31/12/1992	01/10/1996	17/10/1996
65062	Barbazan-Debat	01/07/2003	30/09/2003	30/03/2006	02/04/2006
65072	Bazet	01/07/2003	30/09/2003	18/10/2007	25/10/2007
65074	Bazordan	01/05/1989	30/09/1994	03/04/1996	17/04/1996
65079	Bégole	01/06/1989	31/12/1997	22/10/1998	13/11/1998
65088	Betbèze	01/05/1989	31/12/1990	03/04/1996	17/04/1996
65090	Betpouy	01/05/1989	31/12/1995	09/12/1996	20/12/1996
65095	Bonnefont	01/05/1989	31/03/1990	27/12/2000	29/12/2000
65097	Bonrepos	01/05/1989	31/10/1997	12/03/1998	28/03/1998
65100	Bordères-sur-l'Echez	01/07/2003	30/09/2003	01/12/2006	07/12/2006
65102	Bouilh-Devant	01/05/1989	30/09/1990	27/12/2000	29/12/2000
65104	Boulin	01/07/2003	30/09/2003	30/03/2006	02/04/2006
65110	Bugard	01/05/1989	31/03/1990	27/12/2000	29/12/2000
65113	Burg	01/05/1989	30/06/1998	22/10/1998	13/11/1998
65125	Campistrous	01/07/2003	30/09/2003	30/03/2006	02/04/2006
65126	Campuzan	01/05/1989	31/12/1996	19/09/1997	11/10/1997
65127	Capvern	01/07/2003	30/09/2003	30/03/2006	02/04/2006
65128	Castelbajac	01/05/1989	31/12/1996	12/03/1998	28/03/1998
65129	Castelnau-Magnoac	01/01/1994	31/12/1995	09/12/1996	20/12/1996
		01/07/2003	30/09/2003	06/02/2006	14/02/2006
65130	Castelnau-Rivière-Basse	01/01/1994	30/09/1996	12/05/1997	25/05/1997
65131	Castelvieilh	01/07/2003	30/09/2003	30/03/2006	02/04/2006
65133	Castéra-Lou	01/01/2002	31/12/2002	30/04/2003	22/05/2003
65134	Casterets	01/05/1989	31/12/1996	12/03/1998	28/03/1998
65142	Chelle-Debat	01/07/2003	30/09/2003	02/03/2006	11/03/2006
65148	Cizos	01/05/1989	31/12/1995	01/10/1996	17/10/1996
		01/07/2003	30/09/2003	01/12/2006	07/12/2006
65150	Clarens	01/07/2003	30/09/2003	06/02/2006	14/02/2006
65151	Collongues	01/07/2003	30/09/2003	02/03/2006	11/03/2006
65155	Devèze	01/05/1989	31/12/1995	01/10/1996	17/10/1996
65156	Dours	01/07/2003	30/09/2003	06/02/2006	14/02/2006
65159	Escala	01/05/1989	30/06/1998	22/10/1998	13/11/1998
		01/07/2003	30/09/2003	22/11/2005	13/12/2005
65177	Fontrailles	01/05/1989	28/02/1991	18/05/1993	12/06/1993



PPR retrait-gonflement des argiles - Commune de AUBAREDE (Hautes-Pyrénées) NOTE  
DE PRESENTATION

Numéro INSEE	Nom de la commune	Date de début	Date de fin	Date de l'arrêté	Date de publication au J.O.
65179	Fréchendets	01/07/2003	30/09/2003	06/02/2006	14/02/2006
65183	Galan	01/06/1989	30/09/1998	21/01/1999	05/02/1999
		01/07/2003	30/09/2003	03/08/2006	24/08/2006
65184	Galez	01/05/1989	31/12/1995	17/06/1996	09/07/1996
		01/07/2003	30/09/2003	30/03/2006	02/04/2006
65187	Gaussan	01/05/1989	31/12/1995	11/02/1997	23/02/1997
65194	Générest	01/05/1989	31/10/1997	12/03/1998	28/03/1998
65206	Goudon	01/07/2003	30/09/2003	06/02/2006	14/02/2006
65213	Guizerix	01/06/1989	31/12/1997	18/09/1998	03/10/1998
65214	Hachan	01/05/1989	31/12/1996	02/02/1998	18/02/1998
65218	Hèches	01/02/1993	27/02/1993	06/12/1993	28/12/1993
65223	Horgues	01/07/2003	30/09/2003	22/02/2007	10/03/2007
65224	Houeydets	01/06/1989	31/12/1996	12/03/1998	28/03/1998
65225	Hourc	01/07/2003	30/09/2003	02/03/2006	11/03/2006
65228	Ilhet	01/07/2003	30/09/2003	30/03/2006	02/04/2006
65239	Labastide	01/01/1991	31/12/1996	19/09/1997	11/10/1997
65240	Labatut-Rivière	01/05/1989	31/12/1997	26/05/1998	11/06/1998
		01/01/2002	31/12/2002	03/12/2003	20/12/2003
65244	Lagarde	01/07/2003	30/09/2003	18/10/2007	25/10/2007
65245	Lagrange	01/07/2003	30/09/2003	30/03/2006	02/04/2006
65249	Lalanne	01/05/1989	31/12/1992	18/08/1995	08/09/1995
		01/07/2003	30/09/2003	22/02/2007	10/03/2007
65250	Lalanne-Trie	01/05/1989	30/09/1990	27/12/2000	29/12/2000
65253	Lamarque-Rustaing	01/05/1989	31/03/1990	27/12/2000	29/12/2000
65258	Lannemezan	01/07/2003	30/09/2003	30/03/2006	02/04/2006
65260	Lapeyre	01/05/1989	30/09/1990	06/07/2001	18/07/2001
65261	Laran	01/05/1989	31/12/1994	09/12/1996	20/12/1996
65263	Larroque	01/05/1989	31/12/1992	01/10/1996	17/10/1996
65265	Laslades	01/07/2003	30/09/2003	30/03/2006	02/04/2006
65274	Libaros	01/05/1989	31/12/1996	02/02/1998	18/02/1998
65277	Lombrès	01/07/2003	30/09/2003	09/01/2006	22/01/2006
65285	Louit	01/07/2003	30/09/2003	02/03/2006	11/03/2006
65288	Lubret-Saint-Luc	01/05/1989	30/09/1990	27/12/2000	29/12/2000
65289	Luby-Betmont	01/01/1996	30/09/1998	23/02/1999	10/03/1999
65293	Lustar	01/01/1996	30/09/1998	19/03/1999	03/04/1999
65296	Madiran	01/05/1989	31/08/1994	03/05/1995	07/05/1995
65301	Marseillan	01/07/2003	30/09/2003	30/03/2006	02/04/2006
65305	Mauléon-Barousse	01/07/2003	30/09/2003	30/03/2006	02/04/2006
65307	Mazères-de-Neste	01/06/1989	31/12/1997	18/09/1998	03/10/1998
65308	Mazerolles	01/05/1989	30/09/1990	27/12/2000	29/12/2000
65312	Molère	01/07/2003	30/09/2003	30/03/2006	02/04/2006
65314	Monfaucon	01/05/1989	30/09/1990	27/12/2000	29/12/2000
65315	Monléon-Magnoac	01/05/1989	31/12/1994	17/07/1996	04/09/1996
65316	Monlong	01/05/1989	30/11/1996	12/05/1997	25/05/1997
65319	Montégut	01/06/1989	31/12/1997	22/10/1998	13/11/1998
65322	Montoussé	01/05/1989	31/12/1996	12/03/1998	28/03/1998
65331	Odos	01/07/2003	30/09/2003	30/03/2006	02/04/2006
65332	Oléac-Debat	01/07/2003	30/09/2003	10/11/2006	23/11/2006



*PPR retrait-gonflement des argiles - Commune de AUBAREDE (Hautes-Pyrénées) NOTE  
DE PRESENTATION*

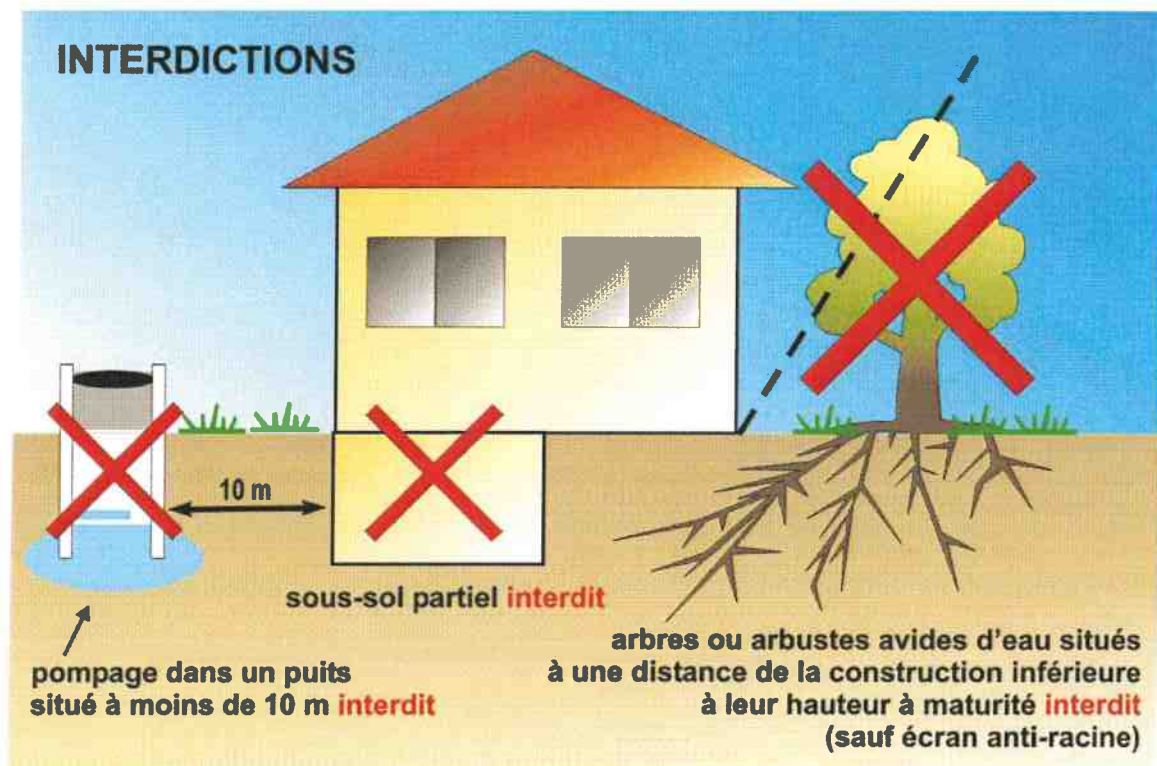
<b>Numéro INSEE</b>	<b>Nom de la commune</b>	<b>Date de début</b>	<b>Date de fin</b>	<b>Date de l'arrêté</b>	<b>Date de publication au J.O.</b>
65336	Organ	01/01/1993	31/12/1996	19/09/1997	11/10/1997
65340	Orleix	01/07/2003	30/09/2003	24/04/2007	04/05/2007
65342	Osmets	01/01/1989	30/09/1998	16/04/1999	02/05/1999
65350	Oursbelille	01/07/2003	30/09/2003	01/12/2006	07/12/2006
65358	Peyret-Saint-André	01/05/1989	31/12/1995	09/12/1996	20/12/1996
65359	Peyriguère	01/07/2003	30/09/2003	02/03/2006	11/03/2006
65363	Pinas	01/05/1989	30/09/1998	23/02/1999	10/03/1999
65368	Pouy	01/05/1989	31/12/1992	17/06/1996	09/07/1996
		01/07/2003	30/09/2003	30/03/2006	02/04/2006
65369	Pouyastruc	01/05/1989	31/03/1990	30/04/2003	22/05/2003
		01/01/2002	30/06/2002	30/04/2003	22/05/2003
65373	Puntous	01/05/1989	31/12/1996	02/02/1998	18/02/1998
		01/07/2003	30/09/2003	22/11/2005	13/12/2005
65374	Puydarrieux	01/01/1990	31/12/1996	12/03/1998	28/03/1998
		01/07/2003	30/09/2003	01/12/2006	07/12/2006
65376	Recurt	01/01/1990	31/12/1996	12/03/1998	28/03/1998
65377	Réjaumont	01/05/1989	31/12/1994	01/10/1996	17/10/1996
		01/07/2003	30/09/2003	22/11/2005	13/12/2005
65381	Sabarros	01/05/1989	31/12/1995	09/12/1996	20/12/1996
65383	Sadourmin	01/06/1989	31/12/1997	18/09/1998	03/10/1998
65394	Saint-Paul	01/05/1989	31/03/1990	27/12/2000	29/12/2000
65404	Sariac-Magnoac	01/05/1989	31/12/1995	09/12/1996	20/12/1996
		01/07/2003	30/09/2003	05/05/2006	14/05/2006
65419	Sentous	01/05/1989	31/12/1995	01/10/1996	17/10/1996
65423	Sère-Rustaing	01/05/1989	31/03/1990	06/07/2001	18/07/2001
65433	Soues	01/07/2003	30/09/2003	18/10/2007	25/10/2007
65436	Souyeaux	01/07/2003	30/09/2003	02/03/2006	11/03/2006
65437	Tajan	01/05/1989	31/12/1995	09/12/1996	20/12/1996
		01/07/2003	30/09/2003	22/11/2005	13/12/2005
65440	Tarbes	01/05/1989	31/03/1990	27/12/2000	29/12/2000
		01/01/2002	30/06/2002	03/12/2003	20/12/2003
		01/07/2003	30/09/2003	09/01/2006	22/01/2006
65442	Thermes-Magnoac	01/05/1989	31/12/1994	08/01/1996	28/01/1996
65444	Tibiran-Jaunac	01/01/1997	30/09/1998	22/06/1999	14/07/1999
65448	Tournous-Darré	01/05/1989	31/03/1990	27/12/2000	29/12/2000
65449	Tournous-Devant	01/06/1989	31/12/1997	18/09/1998	03/10/1998
65454	Trouley-Labarthe	01/05/1989	30/09/1990	30/04/2002	05/05/2002
65456	Uglas	01/05/1989	31/12/1996	02/02/1998	18/02/1998
		01/07/2003	30/09/2003	22/11/2005	13/12/2005
65461	Vidou	01/05/1989	30/09/1990	27/12/2000	29/12/2000
65468	Vieuzos	01/05/1989	31/12/1995	09/12/1996	20/12/1996
65475	Villemur	01/05/1989	31/01/1992	03/04/1996	17/04/1996
		01/07/2003	30/09/2003	23/03/2007	01/04/2007
65482	Cantaous	01/05/1989	31/12/1992	18/08/1995	08/09/1995



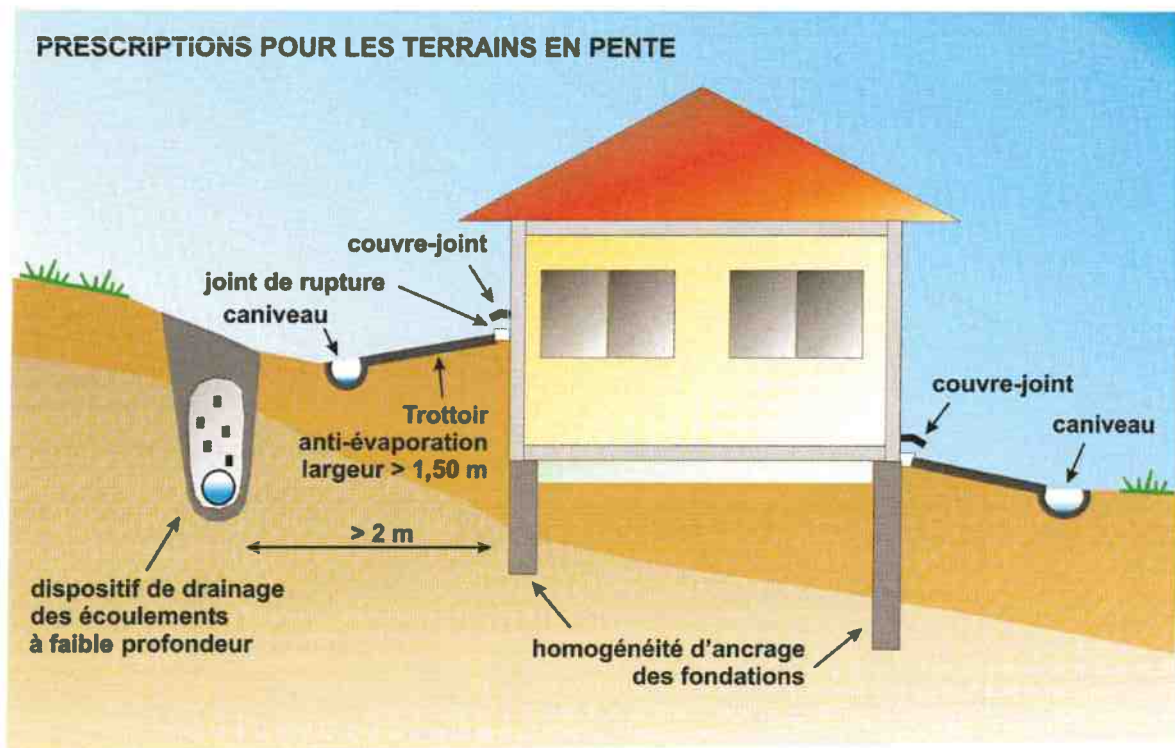
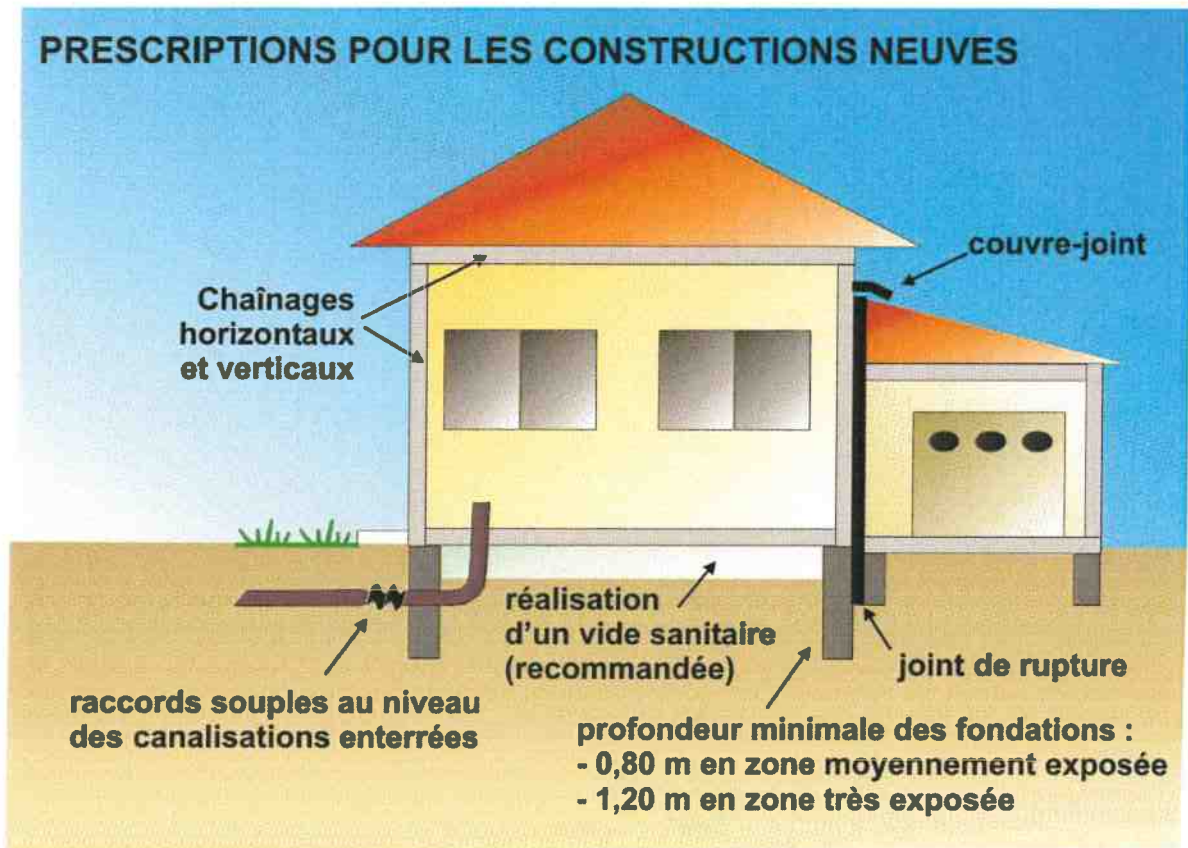
## ANNEXE 4

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

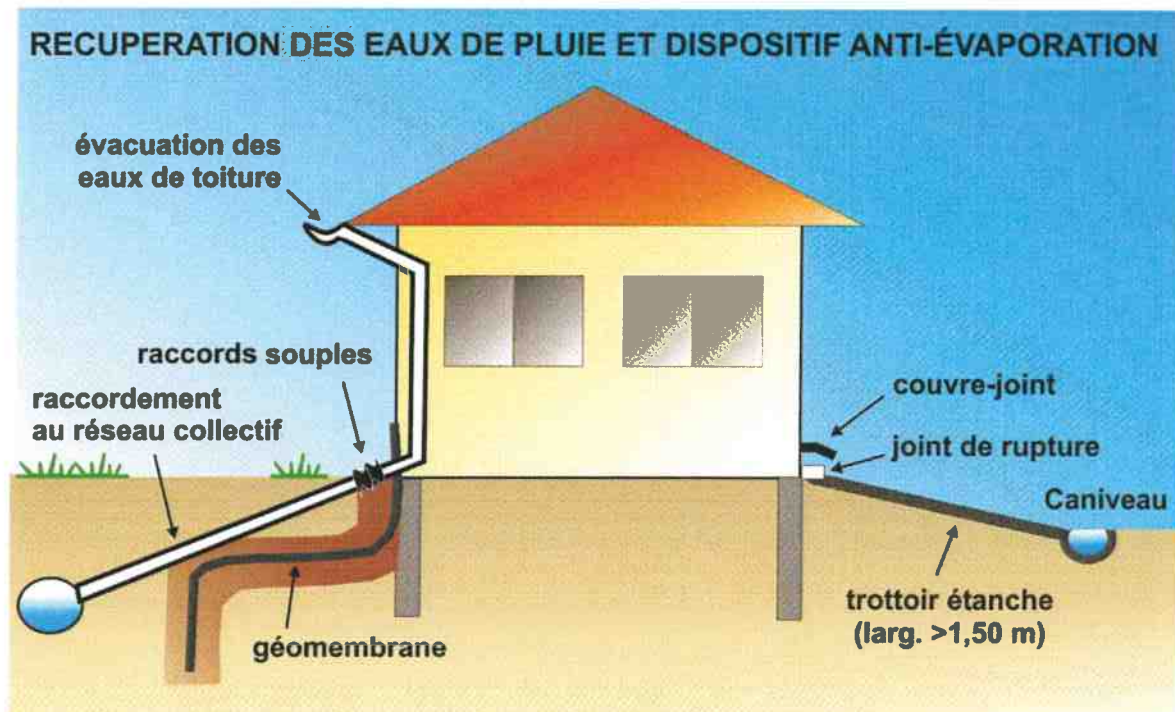
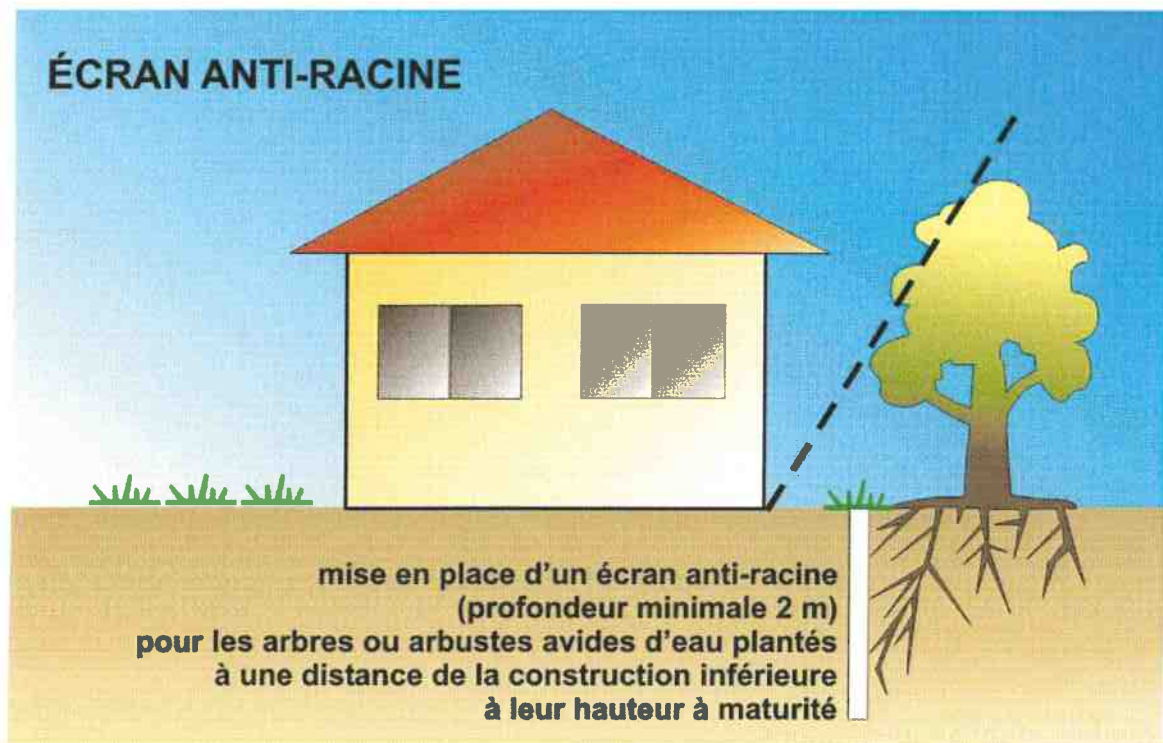
Les illustrations qui suivent présentent une partie des prescriptions et recommandations destinées à s'appliquer dans les zones réglementées par le PPR. Suivant le type de construction (existante ou projetée) certaines de ces mesures sont obligatoires, d'autres non, et l'on se reportera donc au règlement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





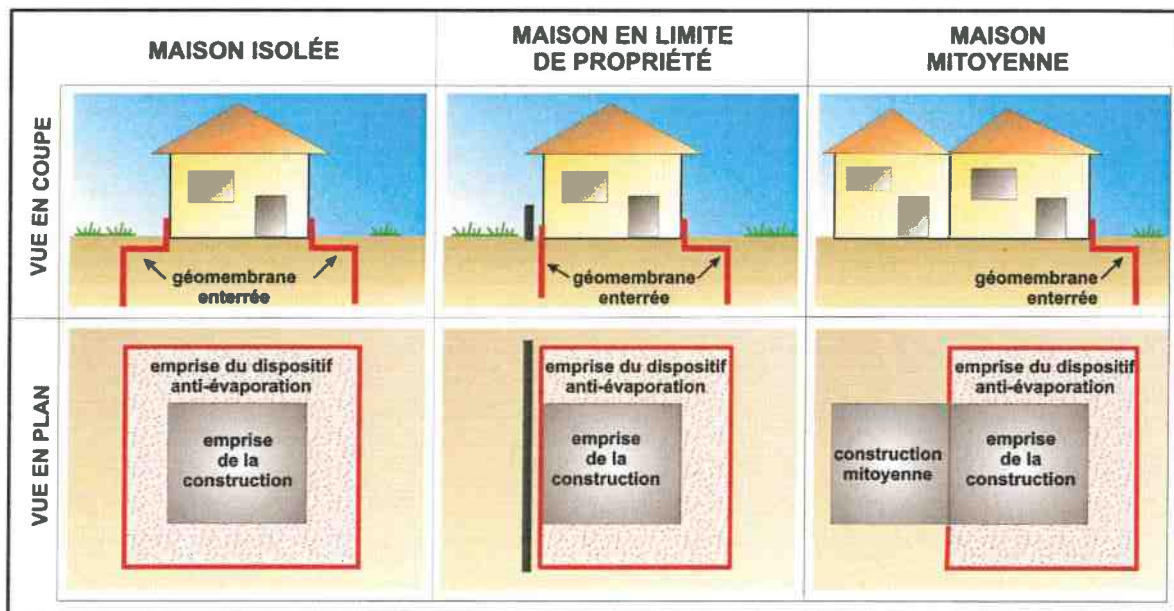
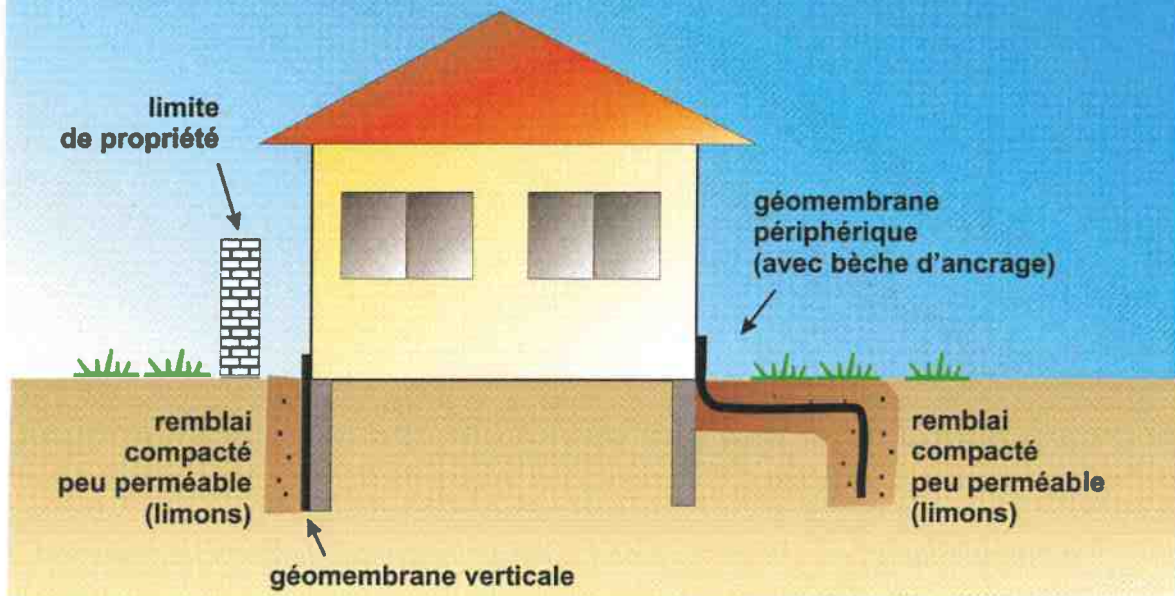








### DISPOSITIF ANTI-ÉVAPORATION





## ANNEXE 5

### Extraits de la norme AFNOR NF P 94-500 (décembre 2006)

#### Intitulée : « Missions géotechniques – Classifications et spécifications »

Cette norme « définit les différentes missions susceptibles d'être réalisées par les géotechniciens à la demande d'un maître d'ouvrage ou d'un constructeur. [Elle] donne une classification de ces missions. [Elle] précise le contenu et définit les limites des six missions géotechniques types : réalisation des sondages et essais, étude de faisabilité géotechnique, étude de projet géotechnique, étude géotechnique d'exécution, diagnostic géotechnique avec ou sans sinistre, ainsi que l'enchaînement recommandé des missions au cours de la conception, de la réalisation et de la vie d'un ouvrage ou d'un aménagement de terrain ».

**Classification des missions géotechniques types** : elle est donnée par le schéma ci-dessous et le tableau en page suivante.

Étape	Phase d'avancement du projet	Missions d'ingénierie géotechnique	Objectifs en termes de gestion des risques liés aux aléas géologiques	Prestations d'investigations géotechniques *
1	Étude préliminaire Étude d'esquisse	Étude géotechnique préliminaire de site (G11)	Première identification des risques	Fonction des données existantes
	Avant projet	Étude géotechnique d'avant-projet (G12)	Identification des aléas majeurs et principes généraux pour en limiter les conséquences	Fonction des données existantes et de l'avant-projet
2	Projet Assistance aux Contrats de Travaux (ACT)	Étude géotechnique de projet (G2)	Identification des aléas importants et dispositions pour en réduire les conséquences	Fonction des choix constructifs
3	Exécution	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3)	Identification des aléas résiduels et dispositions pour en limiter les conséquences	Fonction des méthodes de construction mises en œuvre
		Supervision géotechnique d'exécution (G4)		Fonction des conditions rencontrées à l'exécution
Cas particulier	Étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques	Diagnostic géotechnique (G5)	Analyse des risques liés à ces éléments géotechniques	Fonction de la spécificité des éléments étudiés
* NOTE À définir par l'ingénierie géotechnique chargée de la mission correspondante.				



## Tableau - Classification des missions géotechniques types

<p>L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique doit suivre les étapes d'élaboration et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géologiques. Chaque mission s'appuie sur des investigations géotechniques spécifiques.</p> <p>Il appartient au maître d'ouvrage ou à son mandataire de veiller à la réalisation successive de toutes ces missions par une ingénierie géotechnique.</p>
<p><b>ÉTAPE 1 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES PREALABLES (G1)</b></p> <p>Ces missions excluent toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre d'une mission d'étude géotechnique de projet (étape 2). Elles sont normalement à la charge du maître d'ouvrage.</p> <p><b>ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉLIMINAIRE DE SITE (G11)</b></p> <p>Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire ou d'esquisse et permet une première identification des risques géologiques d'un site :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours.</li> <li>— Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>— Fournir un rapport avec un modèle géologique préliminaire, certains principes généraux d'adaptation du projet au site et une première identification des risques.</li> </ul> <p><b>ÉTUDE GÉOTECHNIQUE D'AVANT PROJET (G12)</b></p> <p>Elle est réalisée au stade de l'avant projet et permet de réduire les conséquences des risques géologiques majeurs identifiés :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>— Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, certains principes généraux de construction (notamment terrassements, soutènements, fondations, risques de déformation des terrains, dispositions générales vis-à-vis des nappes et avoisinants).</li> </ul> <p>Cette étude sera obligatoirement complétée lors de l'étude géotechnique de projet (étape 2).</p>
<p><b>ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE PROJET (G2)</b></p> <p>Elle est réalisée pour définir le projet des ouvrages géotechniques et permet de réduire les conséquences des risques géologiques importants identifiés. Elle est normalement à la charge du maître d'ouvrage et peut être intégrée à la mission de maîtrise d'œuvre générale.</p> <p><b>Phase Projet</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>— Fournir une synthèse actualisée du site et les notes techniques donnant les méthodes d'exécution proposées pour les ouvrages géotechniques (notamment terrassements, soutènements, fondations, dispositions vis-à-vis des nappes et avoisinants) et les valeurs seuils associées, certaines notes de calcul de dimensionnement niveau projet.</li> <li>— Fournir une approche des quantités/délais/coûts d'exécution de ces ouvrages géotechniques et une identification des conséquences des risques géologiques résiduels.</li> </ul> <p><b>Phase Assistance aux Contrats de Travaux</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Établir les documents nécessaires à la consultation des entreprises pour l'exécution des ouvrages géotechniques (plans, notices techniques, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel).</li> <li>— Assister le client pour la sélection des entreprises et l'analyse technique des offres.</li> </ul>
<p><b>ÉTAPE 3 : EXÉCUTION DES OUVRAGES GÉOTECHNIQUES (G3 et G 4, distinctes et simultanées)</b></p> <p><b>ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXÉCUTION (G3)</b></p> <p>Se déroulant en 2 phases interactives et indissociables, elle permet de réduire les risques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures d'adaptation ou d'optimisation. Elle est normalement confiée à l'entrepreneur.</p> <p><b>Phase Étude</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>— Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment validation des hypothèses géotechniques, définition et dimensionnement (calculs justificatifs), méthodes et conditions d'exécution (phases, suivis, contrôles, auscultations en fonction des valeurs seuils associées, dispositions constructives complémentaires éventuelles), élaborer le dossier géotechnique d'exécution.</li> </ul> <p><b>Phase Suivi</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Suivre le programme d'auscultation et l'exécution des ouvrages géotechniques, déclencher si nécessaire les dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.</li> <li>— Vérifier les données géotechniques par relevée lors des excavations et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).</li> <li>— Participer à l'établissement du dossier de fin de travaux et des recommandations de maintenance des ouvrages géotechniques.</li> </ul> <p><b>SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXÉCUTION (G4)</b></p> <p>Elle permet de vérifier la conformité aux objectifs du projet, de l'étude et du suivi géotechniques d'exécution. Elle est normalement à la charge du maître d'ouvrage.</p> <p><b>Phase Supervision de l'étude d'exécution</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Avis sur l'étude géotechnique d'exécution, sur les adaptations ou optimisations potentielles des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, sur le programme d'auscultation et les valeurs seuils associées.</li> </ul> <p><b>Phase Supervision du suivi d'exécution</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Avis, par interventions ponctuelles sur le chantier, sur le contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur, sur le comportement observé de l'ouvrage et des avoisinants concernés et sur l'adaptation ou l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur.</li> </ul>
<p><b>DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)</b></p> <p>Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>— Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, rabattement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans d'autres éléments géotechniques.</li> </ul> <p>Des études géotechniques de projet et/ou d'exécution, de suivi et supervision, doivent être réalisées ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique, si ce diagnostic conduit à modifier ou réaliser des travaux.</p>



**Annexe A**  
(informative)

**Missions d'ingénierie géotechnique pour la conception  
des maisons individuelles et autres ouvrages simples  
dans un contexte géotechnique simple**

Les travaux de construction et d'aménagement des ouvrages les plus courants et les plus simples doivent également faire l'objet d'une étude géotechnique, qui sera adaptée à l'ouvrage envisagé et aux risques encourus. L'Eurocode 7 (NF EN 1997-1:2005) définit les règles générales applicables à ces ouvrages.

Dans la pratique, les incidents qui concernent les ouvrages simples, notamment les maisons individuelles, sont généralement liés aux déformations différentielles du sol et peuvent traduire une mauvaise conception des fondations et/ou des dallages (protection insuffisante contre le gel et le retrait-gonflement des sols, charges appliquées trop importantes, hétérogénéité du sol sous la construction, déformabilité trop grande). La construction d'ouvrages simples sur des pentes en limite de stabilité est une autre source de problèmes qui peuvent être plus graves. Il est important de détecter ces risques en temps utile.

Les conditions géotechniques du site doivent donc être prises en compte pour tout projet de construction ou d'aménagement, même simple. Le maître d'ouvrage doit organiser cette étude dans le cadre de la préparation de son projet, le plus en amont possible.

L'étude géotechnique doit nécessairement concerner la «zone d'influence géotechnique» de la construction, dont les dimensions en plan et en profondeur peuvent être très variables. Pour beaucoup de constructions, cette zone est très limitée, mais elle doit faire l'objet d'études dont le principe reste celui de la présente norme, même si elles peuvent être rapides et simples.

L'ensemble des missions géotechniques définies dans la présente norme s'applique à tout projet. Dans la pratique, la conception des ouvrages simples peut s'appuyer sur une étude géotechnique en deux temps, comportant :

- une étude préliminaire de site (G11),
- une étude de conception incluant nécessairement l'étude d'avant-projet (G12), l'étude de projet (G2) et l'étude d'exécution (phase étude de la mission G3).

L'étude géotechnique préliminaire de site (G11) définit les difficultés géotechniques prévisibles sur un terrain ou un site où sont envisagés des travaux de construction. Elle peut comporter des investigations géotechniques. Il faut noter que ce type d'étude ne permet pas de dimensionner les fondations. Ce dimensionnement se fait dans le cadre de l'étude de conception. L'étude géotechnique préliminaire du site peut conclure que le contexte géotechnique n'est pas simple et qu'il est nécessaire de sortir du champ couvert par la présente annexe.

La conception géotechnique peut être réalisée en une phase unique comprenant toutes les études permettant l'exécution du projet.

À partir d'investigations géotechniques, elle définit les fondations et les contraintes éventuelles d'exécution des travaux (stabilité des déblais, interactions avec les avoisinants, notamment). Elle peut comporter des calculs de portance ou de stabilité de pentes, mais elle peut aussi prescrire des dispositions constructives empiriques fondées sur l'expérience locale.

Conformément à la présente norme, les hypothèses de projet doivent être validées pendant l'exécution.

Pour les ouvrages simples dans un contexte géotechnique simple, les études se déroulent conformément aux indications de la présente norme, rappelées dans les tableaux A.1 et A.2 suivants.



**PPR retrait-gonflement des argiles - Commune de AUBAREDE (Hautes-Pyrénées)**  
**NOTE DE PRESENTATION**

**Tableau A.1 — Étude géotechnique préliminaire de site**  
(dans le cas d'un ouvrage simple en contexte géotechnique simple)

	Prestations du géotechnicien	Actions du client
1		Demande d'étude préliminaire de site (G11) comportant : — la localisation du site. — les informations disponibles sur le site.
2	Proposition de contrat précisant les modalités d'études envisagées (y compris les prestations d'investigations géotechniques éventuelles, telles que sondages et essais) et le délai.	Accord sur le contrat.
3	Recueil et analyse des données disponibles sur ce site. Définition d'investigations géotechniques complémentaires éventuelles, Réalisation de ces investigations, ou suivi technique de celles-ci. Inventaire des risques connus (stabilité du site, cavités, sols médiocres, terrains remblayés, gel, retrait et gonflement des sols argileux, notamment). Étude des contraintes éventuelles dues aux eaux superficielles ou souterraines. Commentaires sur la constructibilité du site. Validation du contexte géotechnique simple du site Rédaction d'un rapport	
4		Acceptation du rapport. Ce rapport ne peut pas servir de base pour un projet sans nouvelle intervention d'une ingénierie géotechnique pour réaliser une mission d'étude géotechnique de conception (voir le tableau A.2).

**Tableau A.2 — Étude géotechnique de conception du projet site**  
(dans le cas d'un ouvrage simple en contexte géotechnique simple)

	Prestations du géotechnicien	Actions du client
1		Demande d'étude géotechnique de conception (étude géotechnique d'avant projet, de projet et d'exécution) comportant : — la localisation du site, — le projet de construction, — les informations disponibles sur le site.
2	Proposition de contrat précisant les modalités d'études envisagées (y compris les prestations d'investigations géotechniques éventuelles, telles que sondages et essais) et le délai.	Accord sur le contrat.
3	Détermination de la zone d'influence géotechnique de la construction prévue. Recueil et analyse des données disponibles sur ce site. Définition, réalisation ou suivi technique des investigations géotechniques complémentaires éventuelles. Validation de l'inventaire des risques réalisé lors de l'étude géotechnique préliminaire de site (stabilité du site, cavités, sols médiocres, terrains remblayés, gel, retrait et gonflement des sols argileux, notamment). Si ces risques sont confirmés sur le site, des études spécifiques détaillées sont nécessaires. Étude des contraintes éventuelles dues aux eaux superficielles ou souterraines. Définition des conditions de calcul des fondations, soutènements et pentes. Calcul ou spécification des dimensions des fondations. Spécifications concernant l'exécution des travaux (eau, protection des fouilles, notamment). Rédaction d'un rapport	
4		Acceptation du rapport.

