



Liberté - Égalité - Fraternité  
REPUBLIQUE FRANÇAISE

PREFECTURE DE TARN-ET-GARONNE

# Commune de Moissac

## Plan de Prévention des Risques naturels prévisibles de glissements de terrain

VOLET 1 – NOTE DE PRÉSENTATION

Janvier 2010

**DOSSIER APPROUVE**  
**Servitude d'utilité publique**

**Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de la Mer**

Direction Départementale des Territoires de Tarn-et-Garonne  
Service Risques et Ingénierie d'Appui au Développement Durable  
Bureau Prévention des Risques

Centre d'Études Techniques de l'Équipement du Sud-Ouest  
Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées de Toulouse  
Unité G.E.R.M.

## Sommaire

---

<b>1.</b>	<b>AVANT-PROPOS.....</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>MÉTHODE D'APPRÉCIATION DES RISQUES LIÉS AUX MOUVEMENTS DE TERRAIN.....</b>	<b>4</b>
2.1	ÉTABLISSEMENT DU DIAGNOSTIC GEOTECHNIQUE ET CARACTERISATION DES ALEAS.....	4
2.2	IDENTIFICATION DES ENJEUX.....	4
2.3	CROISEMENT DES ALEAS ET DES ENJEUX : NOTION DE RISQUE.....	5
<b>3.</b>	<b>SITUATION – GEOMORPHOLOGIE DE LA COMMUNE DE MOISSAC.....</b>	<b>6</b>
<b>4.</b>	<b>CONTEXTE GEOLOGIQUE.....</b>	<b>7</b>
4.1	FORMATIONS ALLUVIALES.....	7
4.2	FORMATION MOLASSIQUE ET RECOUVREMENT COLLUVIAL.....	8
4.3	HYDROGEOLOGIE.....	8
<b>5.</b>	<b>CARACTERISTIQUES GEOTECHNIQUES.....</b>	<b>9</b>
5.1	MOLASSES.....	9
5.2	FORMATIONS DE PENTE (RECOUVREMENT).....	9
5.3	CONCLUSION.....	9
<b>6.</b>	<b>TYPLOGIE DES MOUVEMENTS DE TERRAIN.....</b>	<b>10</b>
6.1	DESCRIPTION GENERALE.....	10
6.1.1	<i>Glissements localisés.....</i>	<i>10</i>
6.1.2	<i>Phénomènes de solifluxion.....</i>	<i>11</i>
6.1.3	<i>Coulées boueuses.....</i>	<i>11</i>
6.2	FACTEURS D'INSTABILITE.....	11
6.2.1	<i>Analyse des facteurs naturels d'instabilité relatifs aux glissements de terrain.....</i>	<i>11</i>
6.2.2	<i>Facteurs anthropiques.....</i>	<i>13</i>
<b>7.</b>	<b>PATHOLOGIES OBSERVEES.....</b>	<b>14</b>
<b>8.</b>	<b>CARACTERISATION DES ALEAS.....</b>	<b>17</b>
8.1	DEFINITION.....	17
8.2	PHENOMENES DE REFERENCE.....	17
8.3	QUALIFICATION DES ALEAS.....	17
8.4	DETERMINATION DES CRITERES.....	18
8.5	CARTOGRAPHIE DES ALEAS LIES AUX GLISSEMENTS DE TERRAIN.....	19
8.5.1	<i>Lecture des cartes d'aléas.....</i>	<i>19</i>
8.5.2	<i>Fiabilité des cartes d'aléas.....</i>	<i>20</i>
<b>9.</b>	<b>EVALUATION DES ENJEUX ASSOCIES.....</b>	<b>21</b>
9.1	METHODOLOGIE.....	21
9.2	CARTOGRAPHIE DES ENJEUX.....	21
<b>10.</b>	<b>CONCLUSION.....</b>	<b>22</b>

## Liste des figures

---

- FIGURE 1 : SITUATION GEOGRAPHIQUE  
 FIGURE 2 : SCHEMA GEOLOGIQUE  
 FIGURE 3 : DESCRIPTION SCHEMATIQUE D'UNE LOUPE DE GLISSEMENT ELEMENTAIRE  
 FIGURE 4 : CONDITIONS D'EQUILIBRE DES VERSANTS EN FONCTION DE LEUR PENTE  $\beta$

## 1. AVANT-PROPOS

Le code de l'Environnement, titre VI – chapitre II – articles L 562-1 à L 562-9, définit un outil réglementaire, le **plan de prévention des risques** (P.P.R.), qui a pour objet de délimiter les zones exposées aux risques naturels prévisibles et d'y réglementer les utilisations et occupations du sol.

Le 17 juillet 2006, le Préfet de Tarn-et-Garonne a prescrit par arrêté l'établissement d'un plan de prévention des risques de **glissements de terrain** sur la commune de Moissac (arrêté n° 1401). Il est important de noter que l'étude ne concerne pas les mouvements liés à l'activité sismique, les phénomènes de retrait-gonflement des terrains argileux ni les effondrements au droit de cavités souterraines. Le périmètre mis à l'étude correspond aux limites du territoire communal.

La Direction Départementale de l'Équipement de Tarn-et-Garonne, chargée de l'instruction et du pilotage de cette procédure, a confié au Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées de Toulouse l'élaboration du projet de plan de prévention des risques.

L'étude des risques s'est appuyée sur une prospection *in situ* menée en mars 2005, sur l'examen de photographies aériennes et sur une enquête menée auprès des services de la Mairie.

Conformément à l'article 3 du décret du 5 octobre 1995 relatif aux plans de prévention des risques naturels prévisibles, le dossier est organisé autour des trois pièces réglementaires suivantes :

1. une note de présentation,
2. des documents cartographiques dont le plan délimitant le zonage réglementaire,
3. un règlement.

La note de présentation a pour objet d'expliquer le cadre général de la procédure P.P.R., de préciser les raisons de sa prescription et de présenter la démarche méthodologique relative à l'évaluation des risques. Le bassin de risque concerné est également décrit au regard des phénomènes d'instabilité d'une part et de l'environnement géologique et géotechnique d'autre part.

Le plan de zonage, constituant la cartographie réglementaire du P.P.R., délimite les zones à risques dans lesquelles sont applicables des interdictions, des prescriptions réglementaires homogènes et des mesures de prévention de protection ou de sauvegarde. Associé au règlement, ce plan constitue le fondement de la démarche du P.P.R..

**LE PRESENT DOSSIER CONSTITUE LE « VOLET 1 » RELATIF A LA NOTE  
DE PRESENTATION DE LA COMMUNE DE MOISSAC**

## 2. MÉTHODE D'APPRÉCIATION DES RISQUES LIÉS AUX MOUVEMENTS DE TERRAIN

L'analyse des risques liés aux mouvements de terrain et de leurs conséquences sur les biens se développe au travers de cinq étapes successives :

1. **établissement d'un diagnostic géotechnique** à partir de la connaissance des phénomènes naturels d'instabilité et du contexte historique (bilan de l'état actuel des connaissances),
2. **caractérisation des aléas** (qualification, hiérarchisation et cartographie) sur la base des informations recueillies lors du diagnostic,
3. **identification des enjeux** (zone urbaine, zone d'habitats dispersés, équipements publics, ...),
4. **zonage des risques** (par croisement entre les aléas et les enjeux),
5. **définition des principes réglementaires** applicables.

### 2.1 Établissement du diagnostic géotechnique et caractérisation des aléas

La caractérisation de l'aléa « mouvement de terrain » fait intervenir les éléments suivant :

- la référence à un phénomène caractérisant l'instabilité (nature, intensité, activité...),
- une composante spatiale correspondant à la délimitation de l'aléa,
- une composante qualitative caractérisant la prédisposition d'un site à un phénomène d'instabilité donné.

Ces éléments s'évaluent au travers de deux grandes étapes :

- ➔ L'étape analytique, consacrée :
  - à l'analyse du contexte morphologique, géologique et hydrogéologique,
  - au recensement des mouvements actifs ou passés,
  - à l'appréciation du comportement des terrains à partir de leurs caractéristiques géotechniques,
  - à l'identification des principaux facteurs d'instabilité (à l'échelle du bassin de risque) sur la base des mouvements observés.

*L'étape analytique permet de dresser un état des lieux objectif de la zone d'étude à une date donnée*
- ➔ L'étape d'interprétation et de synthèse, consistant à confronter et à corréliser les données recueillies pour obtenir, dans chaque zone « homogène » vis-à-vis des critères identifiés lors de l'étape analytique, une hiérarchisation estimée et une délimitation de l'aléa.

### 2.2 Identification des enjeux

La troisième étape de l'analyse du risque consiste à apprécier les enjeux liés aux modes d'occupation et d'utilisation des territoires communaux.

Cette démarche a pour double objectif :

- d'identifier d'un point de vue qualitatif les **enjeux existants et futurs** (enjeux d'ordre humain, socio-économique et environnemental) ;
- d'orienter les prescriptions réglementaires ainsi que les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde.

Les principaux enjeux identifiés et évalués dans le cadre d'une étude de risques correspondent aux espaces urbanisés ou d'urbanisation projetée.

## 2.3 Croisement des aléas et des enjeux : notion de risque

Le risque naturel se caractérise comme la confrontation d'un aléa (probabilité de manifestation d'un phénomène donné) et d'un enjeu (présence de biens, d'activités et de personnes). La délimitation des zones exposées aux risques, fondée sur un critère de constructibilité et de sécurité, s'effectue donc à partir du « croisement » des aléas et des enjeux.

Conventionnellement, trois types de zone se distinguent : les zones blanches, les zones bleues et les zones rouges.

En terme réglementaire, les zones blanches correspondent à des zones d'autorisation, les zones bleues correspondent à des zones de prescriptions (autorisation sous réserve de la prise en compte de mesures préventives ou protectrices) et les zones rouges correspondent à des zones d'interdiction, autrement dit inconstructibles.

### 3. SITUATION – GEOMORPHOLOGIE DE LA COMMUNE DE MOISSAC

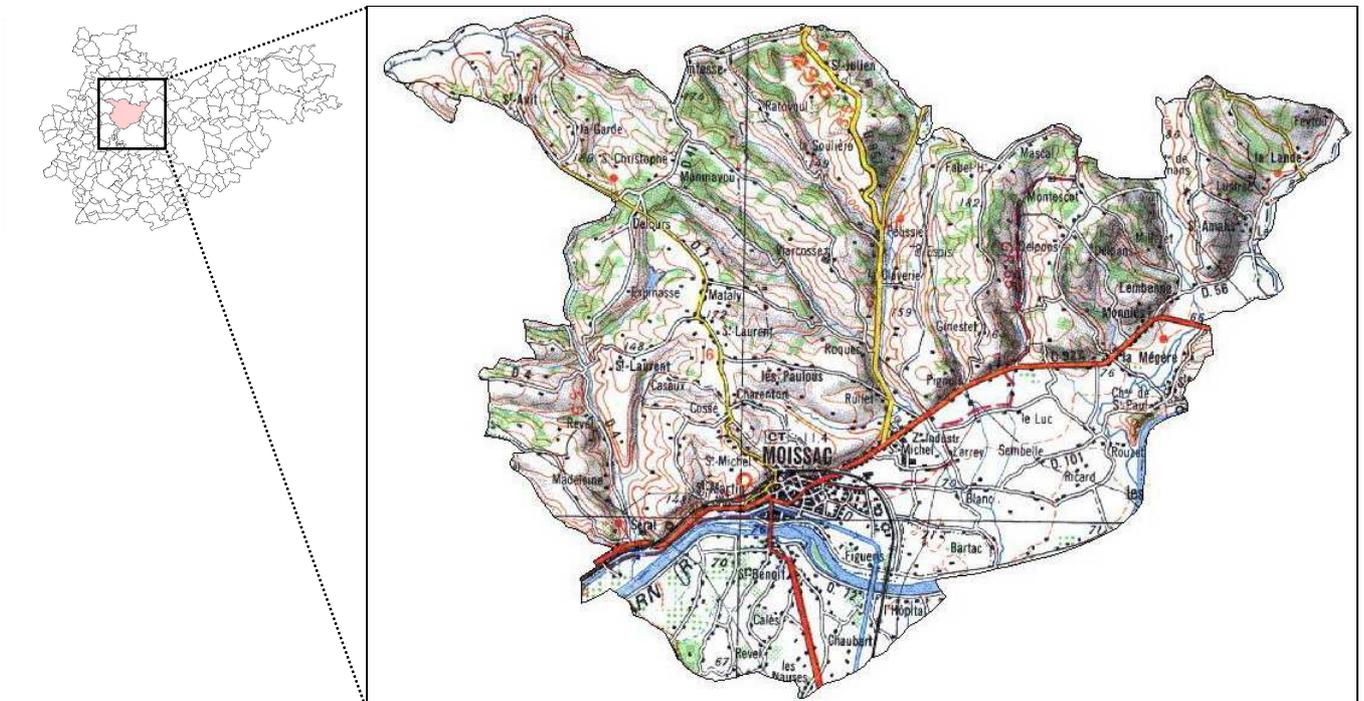
La commune de Moissac est située en bordure du *Bas-Quercy de Montpezat*, à environ 25 kilomètres à l'ouest / nord-ouest de Montauban. Le territoire communal s'étend sur la plaine du Tarn et sur des coteaux molassiques, représentant les deux tiers de la commune.

Le relief vallonné des coteaux est marqué par des altitudes variant de 199 mètres NGF (point culminant au niveau du château d'eau à l'intersection des R.D. 7 et 96) à 66 mètres NGF dans la vallée du Tarn. Sur la commune, les dénivelés maxima entre la plaine et la crête de l'escarpement sont de l'ordre de 85 mètres.

À la limite sud-est de la commune, on notera la présence d'un pointement molassique atypique affleurant au bord du Tarn (château de Saint-Paul).

La ville de Moissac est édifiée entre le cours d'eau et l'escarpement molassique dominant la plaine.

La situation géographique de la commune est précisée sur l'extrait de carte suivant.



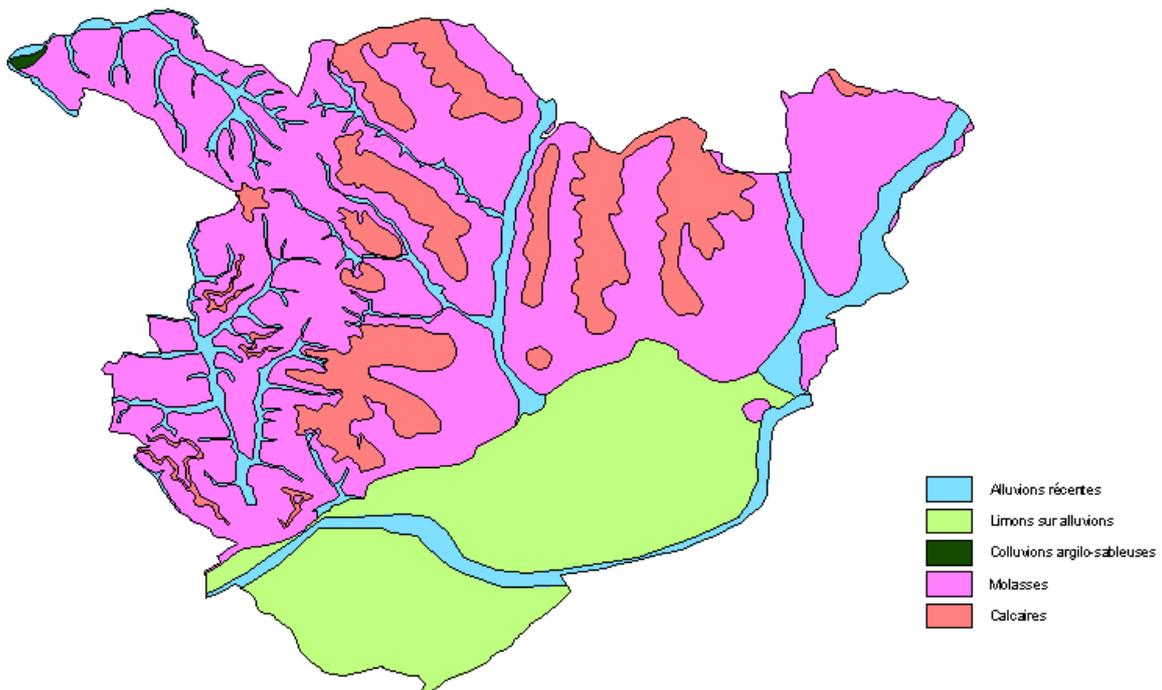
**Figure 1 : Situation géographique**  
Extrait du SCAN 100 de l'I.G.N.

## 4. CONTEXTE GEOLOGIQUE

La géologie de la commune de Moissac s'inscrit dans un schéma régional représenté par deux formations distinctes :

- la Formation Molassique Tertiaire,
- les formations alluviales ou colluviales recouvrant le substratum molassique dans la plaine et sur les plateaux.

La répartition géographique des principales formations est présentée sur l'extrait de carte suivant.



**Figure 2 : Schéma géologique**

Sources : B.R.G.M. - Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département de Tarn et Garonne

### 4.1 Formations alluviales

Les alluvions du Tarn s'organisent suivant deux paliers : les alluvions modernes des bas niveaux et les alluvions des terrasses supérieures.

En surface, les alluvions modernes sont constituées d'une couche de limons de 2 à 5 mètres d'épaisseur dans lesquels s'intercalent des niveaux sableux. Cette couche repose sur des graviers et des sables à stratification entrecroisée. L'épaisseur de ce niveau grossier varie de 3 à 6 mètres.

Les alluvions des terrasses supérieures se développent sur les plateaux du territoire communal. Elles présentent une structure granulométrique et une épaisseur identique au précédent palier.

## 4.2 Formation Molassique et recouvrement colluvial

La Formation Molassique Tertiaire est caractérisée par une alternance de niveaux marneux, de molasses et de bancs calcaires. Ce complexe, daté de l'Aquitaniens et du Stampien ( $\approx -25$  millions d'années), affleure largement sur l'escarpement dominant la plaine. La Formation Molassique représente le substratum local.

Les marnes et molasses sont des faciès « tendres », très sensibles à l'altération. Les calcaires forment des bancs détritiques souvent très friables. La roche est caractérisée par une couleur blanchâtre et un aspect crayeux. Sur l'escarpement, l'érosion différentielle a fait ressortir deux bancs d'une dizaine de mètre d'épaisseur. Le banc supérieur coiffe la partie sommitale et le banc inférieur est intercalé dans les molasses. De plus, le banc supérieur apparaît fréquemment sur la crête des coteaux.

Sur les pentes, la Formation Molassique est généralement masquée à l'affleurement car recouverte de dépôts superficiels de nature limoneuse et argileuse. Ces dépôts correspondent à des sols d'altération parfois remaniés. En surface, ces terrains apparaissent plus ou moins décalcifiés par un début d'évolution pédologique. Dans la région, le terme de « boubène » est communément utilisé pour caractériser les argiles et les limons décalcifiés.

Les épaisseurs de recouvrement sont variables mais sont en général plus importantes en pied de versant. Ces formations de pente et de plateaux sont qualifiées de formations superficielles colluviales.

## 4.3 Hydrogéologie

En plaine, les formations alluviales constituent un puissant aquifère constamment alimenté par les bassins versants. La nappe, peu profonde, fournit généralement un bon débit. Les alluvions des vallées secondaires comportent elles-aussi une nappe phréatique. Cette nappe est cependant moins importante que la précédente et surtout beaucoup plus irrégulière (aquifère fragmenté selon les chenaux qui ont sculpté le socle).

Sur le secteur des coteaux, l'imperméabilité des molasses limite fortement l'infiltration des eaux météoriques et entraîne donc d'importants ruissellements en période pluvieuse. Les horizons perméables ou semi-perméables intercalés dans la formation Molassique (lentilles sableuses et bancs calcaires fracturés) peuvent toutefois constituer de petits aquifères captifs. Ces aquifères, d'extension latérale limitée, sont essentiellement alimentés par l'impluvium. Les émergences de ces nappes captives ponctuelles sourdent sur le flanc des versants et sur l'escarpement molassique.

Les circulations d'eau à l'interface molasses / formations de pente peuvent former, après une longue période pluvieuse, de véritables nappes temporaires, parfois sub-affleurantes. Ces circulations temporaires et superficielles apparaissent très défavorables à la stabilité des pentes.

De plus, les terrains de couverture peuvent être le siège de nappes perchées en sommet de coteaux.

## 5. CARACTERISTIQUES GEOTECHNIQUES

Les formations de pente et les molasses ont des caractéristiques géomécaniques hétérogènes. En effet, ces formations sont caractérisées par une lithologie et par des paramètres intrinsèques très différents.

### 5.1 Molasses

Le substratum molassique possède en règle générale de bonnes caractéristiques mécaniques (terrains surconsolidés). Cependant, les molasses peuvent contenir des horizons sableux ou argileux de moindre cohésion et donc de plus faibles caractéristiques. Ces horizons, de forme lenticulaire, sont caractérisés par des extensions latérales limitées.

En surface, le processus d'altération du toit du substratum a entraîné la formation quasi-systématique d'une frange superficielle d'épaisseur variable (parfois plurimétrique). Cette frange, constituée de matériaux argileux souvent très plastiques (décalcification des marnes), possède des caractéristiques mécaniques faibles à moyennes.

De plus, les circulations d'eau au contact molasses saines / molasses altérées ou plus rarement dans les molasses altérées diminuent fortement les caractéristiques mécaniques de ces sols.

### 5.2 Formations de pente (recouvrement)

Les formations de pente sont représentées par des sols argilo-limoneux issus de l'altération des molasses sous-jacentes, en place ou remaniées (solifluées). Leurs caractéristiques mécaniques dépendent en grande partie de la fraction argileuse présente dans ces dépôts : plus cette fraction est importante, plus les caractéristiques des sols diminuent. Sur la zone d'étude, le recouvrement présente de faibles caractéristiques mécaniques : cohésion proche de 0 et angle de frottement se rapprochant d'une valeur résiduelle probablement inférieure à 15°.

### 5.3 Conclusion

La frange d'altération du substratum molassique d'une part et les formations de pente d'autre part sont des terrains mécaniquement très sensibles. En terme de stabilité, ces formations sont donc fortement exposées à de potentiels mouvements de terrain. Les molasses sont pour leur part généralement stables mais peuvent se trouver localement en limite d'équilibre.

Le tableau synthétique suivant présente les caractéristiques mécaniques estimées de chaque formation (estimations basées sur l'expérience locale et sur les essais en laboratoire menés au cours de précédentes études).

	<b>Formations de pente et frange d'altération</b>	<b>Substratum molassique sain</b>
<i>pooids volumique :</i>	18 kN.m <sup>-3</sup>	21 kN.m <sup>-1</sup>
<i>angle de frottement :</i>	15 à 20°	25 à 35°
<i>cohésion effective :</i>	0 à 5 kPa	5 à 35 kPa

## 6. TYPOLOGIE DES MOUVEMENTS DE TERRAIN

### 6.1 Description générale

Les glissements de terrain correspondent au déplacement gravitaire de masses déstabilisées sous l'effet de sollicitations naturelles (ou anthropiques). Les instabilités recouvrent des formes très diverses qui résultent de la multiplicité des mécanismes de rupture, eux-mêmes liés à la complexité des comportements géotechniques des matériaux sollicités.

La nature et l'intensité des mouvements sont étroitement liées à la configuration géologique et topographique des secteurs concernés. Dans la commune, les pathologies observées sur les versants se regroupent dans trois catégories :

- les **glissements localisés** (loupe de glissement et glissement plan),
- les **phénomènes de solifluxion**,
- les glissements superficiels assimilables à des **coulées boueuses**.

En règle générale, les glissements de terrain sont caractérisés par des vitesses de déplacement lentes (il arrive toutefois que certains glissements se déclenchent de manière brutale). A l'inverse, les coulées boueuses se traduisent par une cinématique élevée à très élevée.

#### 6.1.1 Glissements localisés

Les glissements localisés sont les phénomènes les plus répandus. Ces mouvements apparaissent sous deux formes : les loupes de glissement et les glissements plans.

- les loupes de glissement intéressent les pentes à dominante limoneuse ou argileuse (substratum marneux altéré et recouvrement). Les épaisseurs de terrain mises en mouvement sont plurimétriques (inférieures à 10 mètres). Les surfaces de rupture sont circulaires (loupe élémentaire),
- les glissements plans se manifestent dans des terrains fortement argileux. Les surfaces de rupture sont généralement situées aux interfaces (couverture / substratum par exemple).

Le mécanisme de rupture d'une loupe de glissement élémentaire est décrit sur le schéma suivant.

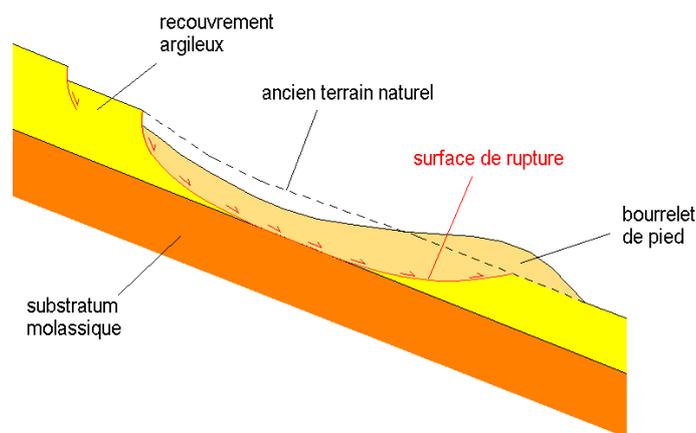


Figure 3 : Description schématique d'une loupe de glissement élémentaire

### 6.1.2 Phénomènes de solifluxion

Les phénomènes de solifluxion (= fluage des sols de surface) correspondent aux déformations du recouvrement argileux sous l'effet de la gravité. Ils traduisent l'écoulement lent et visqueux d'un sol plastique gorgé d'eau sur une pente. La superficie des sols glissés peut atteindre plusieurs centaines de mètre carré. Ces mouvements se traduisent par des figures morphologiques caractéristiques, tel que les moutonnements.

### 6.1.3 Coulées boueuses

Ces instabilités très superficielles concernent uniquement les terrains de surface et plus particulièrement la couverture végétale. En règle générale, un apport d'eau soudain (d'origine météorique) entraîne une mise en mouvement des matériaux due à la liquéfaction de la matrice argileuse. Une fois remaniés, les matériaux saturés sont en mesure de transporter des débris végétaux et surtout des blocs rocheux d'où l'effet « destructeur » du phénomène. Les coulées, de consistance plus ou moins visqueuses, peuvent s'épandre sur des distances importantes.

## 6.2 Facteurs d'instabilité

La manifestation d'un glissement de terrain traduit un contexte géotechnique défavorable. Les principaux facteurs intervenant dans la stabilité des pentes sont :

- la présence d'eau (nappe, circulations d'eau ponctuelles...),
- les caractéristiques mécaniques des terrains (cohésion, angle de frottement, densité),
- la géométrie des terrains (épaisseur du recouvrement notamment),
- la pente des versants.

De plus, les agents d'érosion mécaniques (ruissellement des eaux de surface, érosion fluviale) et chimiques (phénomène d'altération des terrains superficiels) constituent un facteur aggravant.

### 6.2.1 Analyse des facteurs naturels d'instabilité relatifs aux glissements de terrain

#### 6.2.1.1 Généralités

L'**eau** est un facteur déterminant dans le processus de mise en mouvement, par ameublissement et dégradation mécanique des terrains. Sa présence constitue donc un élément défavorable à la stabilité d'une pente. De surcroît, c'est souvent ce facteur qui assure le déclenchement des glissements (après de fortes précipitations par exemple).

Les **caractéristiques mécaniques** des terrains sont étroitement liées à leur nature (argiles, marnes...), à leur histoire (mise en mouvement antérieure) et à la présence d'eau (l'eau pouvant faire chuter les caractéristiques des sols). Plus ces caractéristiques sont faibles, plus les terrains sont vulnérables.

L'**épaisseur du recouvrement** intervient dans la stabilité des pentes car la masse des glissements constitue un élément moteur essentiel (mouvement gravitaire). En conséquence, plus l'épaisseur des terrains de couverture est importante, plus les conditions d'équilibre des versants sont précaires.

Enfin, la **pen**te est un facteur capital dans l'équilibre d'un versant. D'après l'observation des phénomènes d'instabilité sur les versants de Moissac, il apparaît que :

- les pentes inférieures à 10° sont naturellement stables,
- de 10 à 25°, la stabilité dépend des caractéristiques du recouvrement et de la présence d'eau :
  - des signes topographiques suspects ont été constatés sur des pentes comprises entre 10 et 15°,
  - des loupes de glissement et des signes d'instabilité déclarés sont observables sur des pentes supérieures à 15°,
- au delà de 25°, les versants peuvent être considérés comme très sensibles.

### 6.2.1.2 Appréciation de la stabilité des pentes à partir des caractéristiques mécaniques estimées

Les mouvements affectant les versants de la zone d'étude peuvent être étudiés comme des glissements plans, avec une surface de rupture située théoriquement au contact recouvrement / substratum. Dans ces conditions, le coefficient de sécurité F, représentant le rapport des moments résistants sur les éléments moteurs, vérifie la relation suivante.

$$F = \frac{C + (\gamma H \cos^2 \beta - \gamma_w (H - H_w) \cos^2 \beta) \operatorname{tg} \varphi}{\gamma H \cos \beta \sin \beta}$$

avec :

C :	<i>cohésion</i>	}	caractéristiques mécaniques des terrains constituant le recouvrement	$\gamma_w$ :	<i>pois volumique de l'eau (= 9,81 kN.m<sup>-3</sup>)</i>
$\gamma$ :	<i>pois volumique</i>			$H$ :	<i>épaisseur du recouvrement</i>
$\varphi$ :	<i>angle de frottement</i>			$H_w$ :	<i>profondeur de la nappe</i>
				$\beta$ :	<i>pen</i> te du versant

Compte tenu des incertitudes liées à la position de la nappe et aux caractéristiques mécaniques des terrains, la stabilité des versants a été appréciée sur la base de plusieurs hypothèses de calcul. Le croisement de tous les paramètres a permis de déterminer le coefficient de sécurité F en fonction de la pente  $\beta$  du versant, sachant que la rupture se manifeste lorsque F est inférieur à 1.

Deux cas de figure ont été considérés – le premier s'intégrant dans un contexte géotechnique favorable et le second dans un contexte défavorable – afin de déterminer un intervalle caractérisant le risque de rupture en fonction de la pente du versant.

Les caractéristiques géotechniques ci-après s'appliquent aux terrains constituant le recouvrement (argiles limoneuses). Nous rappelons que ces valeurs représentent une estimation des caractéristiques moyennes des terrains s'intégrant dans une analyse globale des risques de mouvements de terrain sur les versants du bassin de risque étudié.

Caractéristiques géotechniques	Contexte considéré comme défavorable	Contexte considéré comme favorable
<i>Cohésion</i>	C = 1 kPa	C = 5 kPa
<i>Pois volumique</i>	$\gamma = 18 \text{ kN.m}^{-3}$	
<i>Angle de frottement</i>	$\varphi = 17^\circ$	$\varphi = 20^\circ$
<i>Épaisseur du recouvrement</i>	H = 2 m	
<i>Profondeur de la nappe</i>	$H_w = 0,5 \text{ m}$	$H_w = 1,5 \text{ m}$
<i>Pente du versant</i>	$5 < \beta < 30^\circ$ (soit 9 à 60 %)	

Les résultats des calculs correspondant aux contextes favorable et défavorable sont représentés sur le graphique ci-après.

À partir des hypothèses retenues, il apparaît qu'un glissement peut se déclarer :

- sur un versant dont la pente est légèrement supérieure à 10° lorsque le contexte géotechnique est défavorable,
- sur un versant dont la pente est supérieure à 25° lorsque le contexte géotechnique est favorable.

Ces résultats théoriques confirment l'observation des phénomènes naturels sur la zone d'étude. Les hypothèses optimistes et pessimistes prises en considération semblent donc correspondre, à ce stade de l'évaluation, aux paramètres réels.

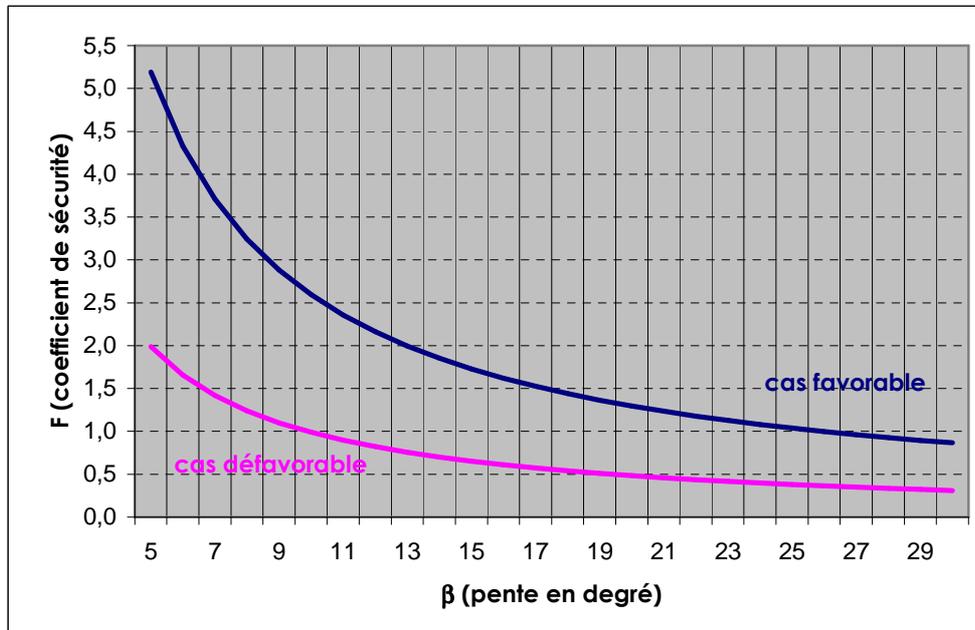


Figure 4 : Conditions d'équilibre des versants en fonction de leur pente  $\beta$   
 $F = f(\beta)$

## 6.2.2 Facteurs anthropiques

L'action de l'homme peut perturber l'équilibre du milieu naturel. Les principales modifications pouvant déclencher un mouvement de terrain sont le reprofilage des versants (talutage en pied de pente = suppression de la butée ; remblaiement en tête = surcharge) d'une part et le changement des conditions hydrogéologiques naturelles (perturbations des écoulements, apports d'eau par rejet...) d'autre part.

D'autres actions, telles que la déforestation ou le labourage, peuvent favoriser les phénomènes d'instabilité, notamment les phénomènes de type coulée boueuse.

## 7. PATHOLOGIES OBSERVEES

Les prospections *in situ*, constituant la base du diagnostic géotechnique, ont été menées en février 2005. Une carte informative au 1 / 12 500<sup>ème</sup>, jointe dans le volet 2, repère et qualifie l'ensemble des instabilités relevées.

En plus des phénomènes naturels d'instabilité, la carte fait apparaître les indices hydrogéologiques et les caractéristiques géomorphologiques marquantes.

Remarque : la carte informative des phénomènes naturels, ou carte de constat, correspond à un état des lieux objectif du périmètre d'étude à une date donnée. Il est important de signaler que ce document ne constitue pas un recensement exhaustif des phénomènes d'instabilité. De surcroît, la précision du diagnostic s'est heurtée à divers problèmes, tels que l'accessibilité réduite des versants, le couvert végétal parfois très dense, ... Enfin, les reconnaissances de terrain ayant été réalisées en période de sécheresse, il est probable que la carte ne reflète pas les caractéristiques hydrogéologiques réelles de la zone d'étude.

Les versants de la commune de Moissac présentent de nombreux signes d'instabilité. Les mouvements sont répartis sur l'ensemble du territoire.

Le phénomène le plus répandu est le fluage des sols de surface (solifluxion). Des moutonnements traduisant un déplacement lent des terrains de couverture ont été constatés sur plusieurs secteurs : en contrebas du village de Saint-Avit, au dessus de la Gare, en face du lieu-dit « Delprat » (cf. clichés suivants), à proximité immédiate de l'ancienne carrière de « Récaté », sous le calvaire (versant nord-est), au lieu-dit « la Madelaine Basse » et sur les pentes en contrebas du hameau de Saint-Laurent.

On notera que pour ce type de mouvement, seuls les plus récents sont visibles étant donné le caractère superficiel du phénomène.

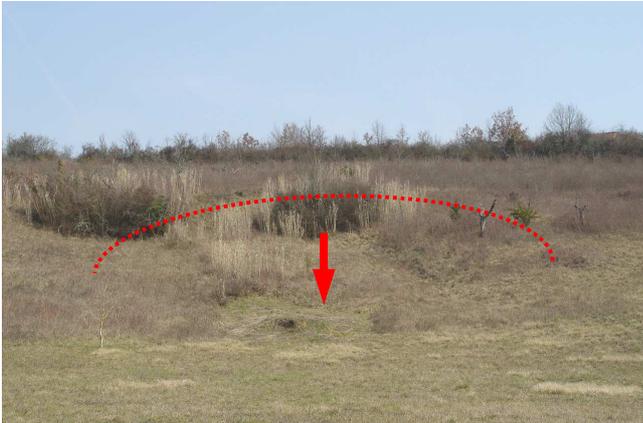


Lieu dit « Saint-Martin » (au dessus de la gare)  
Système de stabilisation d'un fluage par gabionnage



Lieu-dit « Delprat »  
Fluage / coulée

Sur le territoire communal, des loupes et des glissements plans caractéristiques ont de plus été observées sur les secteurs de « la Trenque », « Delbrel », « Delprat », sur les flancs du ruisseau de la Peyrière, aux lieux-dits « Malengane », « Carbonnières », « Montescot », « Labalo » et sur la R.D. 2.



Lieu-dit « Malengane »  
Loupe de glissement



Au bord de la voie communale menant à « Caudier »  
Loupe de glissement



Flanc du ruisseau de la Peyrière  
Glissement superficiel plan



Lieu dit « Delbrel »  
Glissement et fluage



Lieu dit « Labalo »  
Glissement plan



R.D. 2  
Affaissement de remblai

Enfin, les reconnaissances de terrains ont permis d'identifier de nombreuses pentes d'aspect douteux, c'est à dire présentant une morphologie accidentée ou remaniée pouvant correspondre aux cicatrices d'anciens mouvements.



*Lieu dit « Magnes »*  
Glissement supposé



*Lieu dit « Catiès »*  
Glissement supposé

## 8. CARACTERISATION DES ALEAS

L'évaluation des aléas représente la deuxième étape de l'analyse des risques liés aux mouvements de terrain. Cette étape d'interprétation et de synthèse a pour principal objectif d'apprécier qualitativement et quantitativement la stabilité des terrains à partir des données recueillies lors du diagnostic.

### 8.1 Définition

Le mot « aléa » vient du latin *alea* qui signifie « coup de dés ». De façon générale, ce terme peut être défini comme la probabilité de manifestation d'un phénomène naturel donné sur un territoire donné, dans une période de référence donnée. L'évaluation de l'aléa « mouvement de terrain » fait donc intervenir les éléments suivant :

- la référence à un phénomène caractérisant l'instabilité,
- une composante spatiale correspondant à la délimitation de l'aléa,
- une composante qualitative caractérisant la prédisposition d'un site à un phénomène d'instabilité donné.

### 8.2 Phénomènes de référence

Les phénomènes de référence pris en compte dans le cadre de l'évaluation des risques naturels de mouvements de terrain sont :

- les glissements de terrain (glissements de masse, loupes de glissement et glissements plans),
- les mouvements superficiels type solifluxion,
- les coulées boueuses.

### 8.3 Qualification des aléas

La qualification des aléas « mouvements de terrain » s'est basée sur :

- l'intensité des phénomènes d'instabilité,
- la prédisposition des versants vis-à-vis des phénomènes d'instabilité en fonction des caractéristiques géomécaniques des terrains de surface et de la pente.

La notion d'intensité est essentielle car elle traduit l'importance du phénomène (volume mobilisé, dynamique, énergie...), leur gravité vis-à-vis des vies humaines ou leur dommageabilité vis-à-vis des constructions. Les degrés d'intensité, gradués de faible à élevé, correspondent à des capacités croissantes de créer des préjudices. Le tableau suivant présente un exemple courant de classification des phénomènes d'instabilité suivant leur intensité.

Degré d'intensité	Phénomènes	Mesures de prévention
<i>Intensité élevée</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ glissement de masse (glissement profond)</li> <li>▪ coulée de boue</li> </ul>	Difficiles techniquement ou très coûteuses (dépassant largement le cadre de la parcelle)
<i>Intensité modérée</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ glissement localisé</li> <li>▪ coulée de boue</li> </ul>	Coûteuses et dépassant le cadre de la parcelle (généralement à maîtrise d'ouvrage collective)
<i>Intensité faible</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ solifluxion</li> <li>▪ coulée de boue</li> <li>▪ épandage de matériaux glissés</li> </ul>	D'un coût modéré et ne dépassant pas le cadre de la parcelle (généralement à maîtrise d'ouvrage individuelle)

La caractérisation de l'aléa « glissement de terrain », détaillée ci-après, a été définie directement à partir de l'intensité du phénomène :

Degré d'intensité	Niveau d'aléa
<i>faible</i>	<b>moyen</b>
<i>modéré</i>	<b>fort</b>
<i>élevé</i>	<b>fort</b>

## 8.4 Détermination des critères

L'évaluation des aléas s'est basée sur :

- l'analyse des mouvements constatés, considérés comme phénomènes de référence,
- les caractéristiques géologiques et géomécaniques des terrains de surface,
- les données topographiques (pente),
- le contexte morphologique,
- le contexte hydrogéologique.

On notera que l'aléa a été délimité sans tenir compte de la présence d'ouvrages de protection ou de dispositifs drainants ayant été mis en œuvre pour stabiliser une zone.

La carte d'aléas fait apparaître des zones instables et des zones potentiellement instables. Le niveau d'aléa dépend :

- Dans les **zones instables**, où des phénomènes d'instabilité ont été observés :
  - de l'intensité et de l'activité du mouvement,
  - des indices hydrogéologiques relevés.
- Dans les **zones potentiellement instables**, où il n'existe pas d'indices de mouvement :
  - du contexte géologique et morphologique,
  - des indices hydrogéologiques,
  - de la topographie (pente des versants).

Par conséquent, la cartographie et la hiérarchisation des aléas ont été établies en prenant en compte les critères généraux suivants :

<p>↻ <b>Aléa considéré comme nul :</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zone stable, ne présentant pas de signes d'instabilité et située dans un environnement géomorphologique favorable</li> <li>→ <i>Crêtes de coteaux caractérisés par une pente inférieure à 10° (= 18%)</i></li> </ul>	
<p>↻ <b>Aléa faible :</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zone incertaine dont la stabilité est difficilement appréciable</li> <li>- Zone supposée stable, ne présentant pas de signes d'instabilité mais pouvant évoluer par le biais d'une intervention anthropique ou à la suite de conditions pluviométriques exceptionnelles</li> <li>→ <i>Versants, hors escarpement, caractérisés par une pente comprise entre 10 et 15° (= 18 à 27 %)</i></li> </ul>	
<p>↻ <b>Aléa moyen :</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zone instable affectée par des mouvements de terrain de faible intensité</li> <li>- Zone actuellement stable mais restant fortement exposée à des mouvements de terrain d'intensité faible</li> <li>→ <i>Versants caractérisés par une pente supérieure à 15° (27 %)</i></li> <li>→ <i>Escarpement dominant la plaine : versants en état d'équilibre limite, très sensibles vis-à-vis de toute modification de l'équilibre naturelle</i></li> </ul>	
<p>↻ <b>Aléa fort :</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zone instable affectée par des mouvements d'intensité modérée à élevée</li> <li>- Zone actuellement stable mais restant fortement exposée à des mouvements de terrain d'intensité modérée à élevée</li> <li>→ <i>Escarpement dominant la plaine : partie supérieure et zone caractérisée par une situation géomorphologique très défavorable</i></li> </ul>	

## 8.5 Cartographie des aléas liés aux glissements de terrain

### 8.5.1 Lecture des cartes d'aléas

La carte d'aléa de la commune de Moissac, jointe dans le volet 2, a été dressée sur un fond de plan topographique I.G.N. agrandi au 1 / 12 500<sup>ème</sup>. Cette carte constitue le document définitif de **l'évaluation scientifique** des risques de glissements de terrain. La carte indique :

- la délimitation des zones soumises à l'aléa,
- les niveaux d'aléas (nul à fort) et leur signification.

Les aléas sont représentés par un code couleur (gradation croissante des couleurs suivant le niveau d'aléa).

### 8.5.2 Fiabilité des cartes d'aléas

La définition des critères de cartographie des aléas dépend fondamentalement des hypothèses géotechniques choisies. Ces paramètres sont très variables en fonction des situations. Par conséquent, la caractérisation des aléas a pris en compte des hypothèses « moyennes ». La cartographie finale a été validée par les observations de terrain.

La qualité de la cartographie et de l'évaluation en général dépend de la précision des levés géologiques, du recensement le plus complet possible des phénomènes naturels d'instabilité (reconnaissance de terrain, recherche d'archives...) et de l'échelle du fond de plan utilisé. Dans le présent dossier, la qualification de l'aléa « géotechnique » s'est principalement basée sur des critères qualitatifs liés à l'observation des mouvements et à la connaissance de la géologie locale.

Pour prendre en compte les incertitudes relatives à la connaissance géologique, les zones douteuses ou mal connues ont été classées dans un niveau d'aléa en limite supérieure. Par conséquent, dans les zones concernées par un enjeu majeur, la qualification pourra éventuellement être affinée au moyen d'études géotechniques détaillées qui sortent du cadre d'une évaluation globale des risques. Les conclusions de ces études pourront amener à une nouvelle qualification de l'aléa.

## 9. EVALUATION DES ENJEUX ASSOCIES

### 9.1 Méthodologie

La Direction Départementale de l'Équipement de Tarn-et-Garonne a défini les principes de cartographie des enjeux. Il s'agit de délimiter les zones urbanisées de la commune. Cette délimitation repose sur les principes suivants (extrait du relevé de conclusion daté du 12 janvier 2004).

- *« si la commune est dotée d'un Plan Local d'Urbanisme ou d'un Plan d'Occupation des Sols, la zone urbanisée correspond aux zones U, UA et NA déjà construites, et à la Partie Actuellement Urbanisée des zones NB ;*
- *si la commune est dotée d'une carte communale ou n'a pas de document d'urbanisme, la zone urbanisée est limitée aux Parties Actuellement Urbanisées. »*

### 9.2 Cartographie des enjeux

Les principaux enjeux identifiés et évalués dans le cadre de l'évaluation générale des risques de glissements de terrain sur la commune de Moissac correspondent aux **zones urbanisées** et **à urbaniser** définies dans le Plan Local d'Urbanisme daté du 30 mars 2007. Il s'agit des zones U<sub>n</sub>, AU<sub>n</sub> et AUX.

La carte des enjeux permettant de localiser les zones urbanisées de la commune est jointe dans le volet 2.

## 10. CONCLUSION

Le diagnostic géotechnique, constituant la première étape de l'élaboration du Plan de Prévention des Risques de glissements de terrain, s'est appuyé sur une prospection *in situ* et sur une étude bibliographique. Ce diagnostic a révélé entre autre la sensibilité géomécanique des versants argileux de la commune.

La connaissance de l'environnement géotechnique a permis de qualifier et de caractériser les aléas liés aux glissements de terrain. Cette approche a consisté à évaluer la prédisposition d'une pente à un phénomène d'instabilité. Sur la commune, les aléas forts correspondent aux zones instables ou très fortement exposées, les aléas moyens représentent les zones potentiellement instables et les aléas faibles correspondent aux zones stables mais restant sensibles.

Le recensement des enjeux a été réalisé par la Direction Départementale de l'Équipement de Tarn-et-Garonne. Les principaux enjeux identifiés et évalués dans le cadre de l'élaboration du Plan de Prévention des Risques de glissement de terrain correspondent aux zones urbanisées et à urbaniser.