

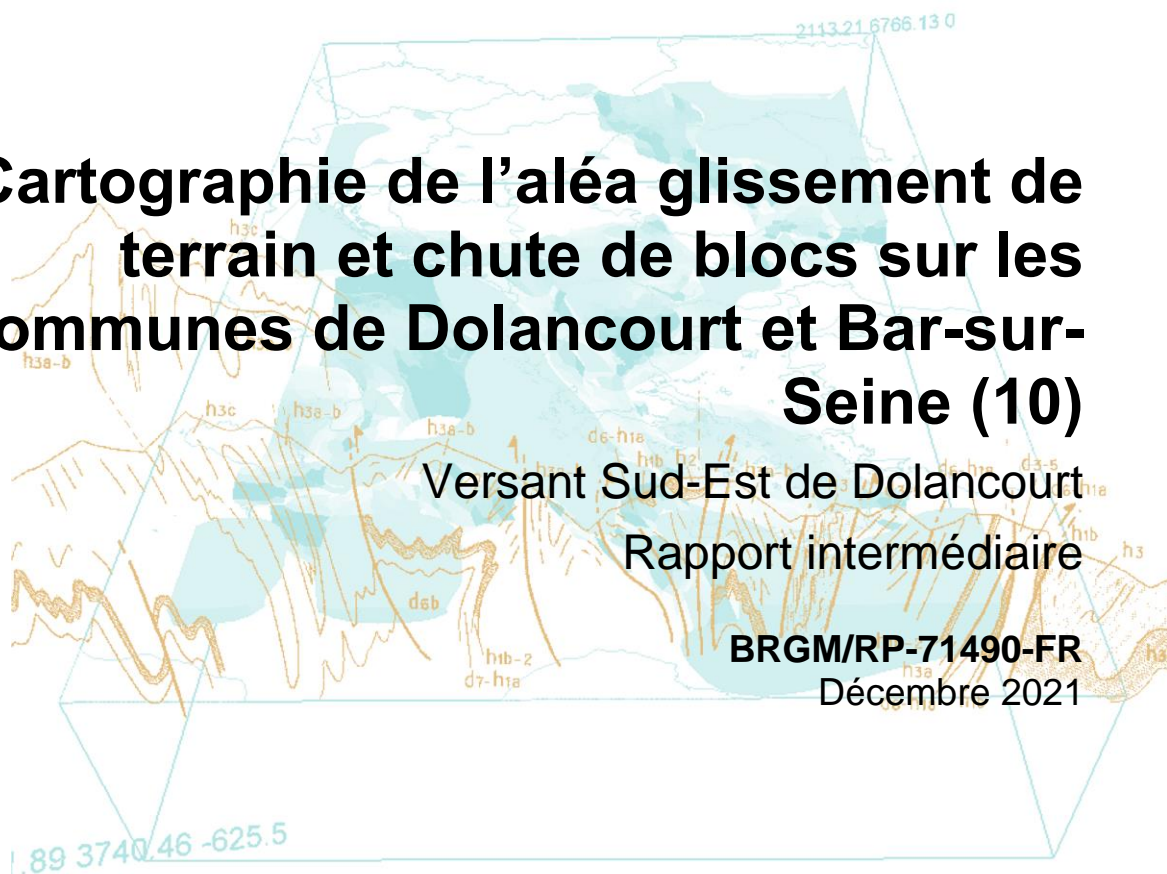
Document public



Cartographie de l'aléa glissement de terrain et chute de blocs sur les communes de Dolancourt et Bar-sur-Seine (10)

Versant Sud-Est de Dolancourt
Rapport intermédiaire

BRGM/RP-71490-FR
Décembre 2021



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Cartographie de l'aléa glissement de terrain et chute de blocs sur les communes de Dolancourt et Bar-sur-Seine (10)

Versant Sud-Est de Dolancourt
Rapport intermédiaire

BRGM/RP-71490-FR
Décembre 2021

Étude réalisée dans le cadre des projets
de Service public du BRGM

M. Szczyglowski
Avec la collaboration de
Y. Thiery et J. Le Goff

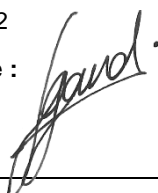
Vérificateur :

Nom : S. Gourdier

Fonction : Resp. d'unité DRP / RIG

Date : 20 janvier 2022

Signature :



Approbateur :

Nom : H. VINOT

Fonction : Directrice régionale
Déléguée

Date : 21 janvier 2022

Signature :



Le système de management de la qualité et de l'environnement
est certifié par AFNOR selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.

Contact : qualite@brgm.fr

Mots-clés : Glissement de terrain, chute de blocs, chute de pierres, mouvement de terrain, aléa, risque naturel, colluvions, calcaire, marno-calcaire, Kimméridgien, Portlandien, modélisation – Dolancourt, Bar-sur-Seine, Aube, Grand Est.

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

Szczyglowski M. avec la collaboration de Thiery Y. et Le Goff J. (2021) – Cartographie de l'aléa glissement de terrain et chute de blocs sur les communes de Dolancourt et Bar-sur-Seine (10). Versant Sud-Est de Dolancourt. Rapport intermédiaire. BRGM/RP-71490-FR, 53 p., 33 ill.

Synthèse

La Direction Départementale des Territoires de l'Aube (DDT 10) a confié au BRGM une étude technique visant à caractériser les aléas « glissement de terrain » et « chute de blocs » pour le versant Sud-Est de la commune de Dolancourt et le versant Ouest de la commune de Bar-sur-Seine (10), afin d'assurer un aménagement durable d'éventuelles futures installations.

Lors d'une précédente étude « glissement de terrain » / « chute de blocs » menée sur les communes de Fontaine et de Bar-sur-Aube (10), plus d'une soixantaine de communes sur le seul département de l'Aube, dont Dolancourt et Bar-sur-Seine, ont été identifiées comme pouvant provoquer un aléa mouvements de terrain de niveau moyen, voire fort, sur des pentes et des lithologies similaires (RP-65258-FR). En effet, l'analyse des versants de Bar-sur-Aube et Fontaine a permis de mettre en évidence des couches géologiques et pentes suffisantes pour créer des phénomènes de glissement et de chute de blocs. Cette étude faisant suite à la survenue d'un glissement de terrain ayant engendré des chutes de blocs qui menaçaient des habitations et une route communale en contre-bas en mars en 2014 (RP-63522-FR).

La première phase de l'étude, sujet du présent rapport, s'intéresse essentiellement à l'évaluation de l'aléa glissement de terrain sur le versant Sud-Est de Dolancourt. L'aléa chute de blocs n'est ici pas évalué, aucun affleurement rocheux n'ayant été relevé sur le versant. L'étude a pour objectif de présenter la méthodologie d'évaluation de l'aléa glissement de terrain adoptée et de proposer des mesures de protection et de prévention, à l'échelle du versant mais également en fonction des niveaux d'aléa mis en évidence.

L'évaluation de l'aléa est principalement basée sur des modélisations réalisées avec le code ©ALICE, développé par le BRGM, qui tiennent compte de différentes configurations (caractéristiques géotechniques médiocres à bonnes, angle de rupture élevée à faible, niveau de nappe affleurant à bas). Elles donnent notamment des informations sur la susceptibilité des terrains aux phénomènes de glissements de terrain. La modélisation la plus sécuritaire est ensuite retenue pour l'évaluation de l'aléa, après croisement avec l'intensité. Un aléa fort est défini sur deux secteurs (sur moins de 10 000 m² chacun), à proximité d'un talus anthropique et d'un chemin forestier, et un aléa moyen couvre le milieu-bas de versant sous couvert forestier.

Le facteur « eau » étant prédominant dans le déclenchement de nouveaux glissements de terrain ou la réactivation de phénomènes anciens, une gestion raisonnée des eaux de surface et également des eaux souterraines est nécessaire. Il convient notamment d'empêcher une infiltration concentrée de grandes quantités d'eau et on veillera à constituer et/ou entretenir un aménagement hydraulique adéquat. Par ailleurs, en cas de nouvel aménagement, en particulier dans des zones en aléa moyen ou fort, la réalisation au préalable d'études géotechniques est fortement recommandée afin de préciser la nature des terrains présents au droit de la zone de projet et de prévoir un dimensionnement adapté des ouvrages.

Sommaire

1. Introduction	9
2. Inventaire des indices de mouvements de terrain	12
2.1. ENQUETE ET INFORMATIONS RECEUILLIES	12
2.1.1. Bilan sur les évènements récents survenus sur la commune de Bar-sur-Aube 12	
2.1.2. Base de données des mouvements de terrain du BRGM et Base de données Gaspar des catastrophes naturelles.....	13
2.2. CARTOGRAPHIE DE TERRAIN	13
2.2.1. Géologie de la zone d'étude et prédisposition au mouvement de terrain.	13
2.2.2. Hydrogéologie et hydrographie	16
2.2.3. Inventaire des mouvements de terrain	17
3. Typologie des mouvements de terrain	25
3.1. LES CHUTES DE BLOCS ET DE PIERRES.....	25
3.2. LES MOUVEMENTS DE TERRAIN SANS PLAN DE RUPTURE.....	26
3.3. LES GLISSEMENTS DE TERRAIN	26
3.3.1. Les glissements pelliculaires.....	26
3.3.2. Les glissements plans ou translationnels	27
3.3.3. Les glissements rotationnels ou circulaires	27
3.4. L'EROSION DES BERGES.....	28
4. Méthodologie d'évaluation de l'aléa glissements de terrain	29
4.1. PRINCIPE DE L'EVALUATION DE L'ALEA	29
4.2. LES DIFFERENTES METHODES D'EVALUATION DE L'ALEA	30
4.2.1. Les méthodes empiriques (ou qualitatives)	30
4.2.2. Les méthodes quantitatives	30
4.3. METHODE RETENUE POUR L'ETUDE	31
4.3.1. Critères pour le choix de la méthode.....	31
4.3.2. Méthode retenue : Modélisation à base physique sous ALICE®.....	33
5. Cartographie de l'aléa glissements de terrain sur le versant Sud-Est de Dolancourt 	35
5.1. DONNEES D'ENTREE POUR LA MODELISATION	35
5.2. PARAMETRES DE MODELISATION.....	36

5.2.1. Géométrie du modèle	36
5.2.2. Caractéristiques géotechniques des formations	37
5.2.3. Paramètres des glissements modélisés.....	38
5.2.4. Hydrogéologie	39
5.3. CARTOGRAPHIE DE L’ALEA	39
5.3.1. Susceptibilité des terrains aux glissements de terrain.....	39
5.3.2. Intensité des phénomènes.....	42
5.3.3. Caractérisation de l’aléa	43
6. Propositions de mesures de protection et de prévention.....	45
6.1. PRECONISATIONS GENERALES	45
6.1.1. Généralités	45
6.1.2. Les eaux souterraines et de surface	45
6.2. RECOMMANDATIONS PARTICULIERES VIS-A-VIS DES GLISSEMENTS DE TERRAIN.....	46
6.2.1. Recommandations en termes de prévention, de protection et de sauvegarde 46	
6.2.2. Recommandations sur les biens et activités existantes	46
6.2.3. Recommandations sur les nouveaux projets	47
7. Bibliographie	49

Liste des figures

Illustration 1 - Localisation des deux zones d'études (Dolancourt : environ 0,7 km ² ; Bar-sur-Seine : environ 1,9 km ²).....	11
Illustration 2 – Arrêtés de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle sur la commune de Dolancourt (www.georisques.gouv.fr).....	13
Illustration 3 – Carte géologique de la zone d'étude (encadrée en rose) (carte harmonisée BRGM – modifiée d'après observations de terrain, échelle 1/50 000, feuille n°1399, Projet : Aube)	15
Illustration 4 – Log lithostratigraphique synthétique des formations rencontrées sur les secteurs d'étude du département de l'Aube (modifié d'après le rapport BRGM RP-55722-FR)	16
Illustration 5 – Arbre pipé repéré dans le versant boisé (davantage en milieu à bas de versant, pente plus forte qu'en tête de versant)	17
Illustration 6 – Ancienne cicatrice de glissement supposée (le long d'un chemin, talus anthropique)	18
Illustration 7 – Prairie en milieu-bas de versant présentant un moutonnement à grande longueur d'onde (Sud de la zone d'étude).....	18
Illustration 8 – Affleurement de colluvions en milieu de versant (secteur Sud).....	19
Illustration 9 – Accumulation de pierres et de petits blocs issus des colluvions en arrière d'un bâtiment du parc d'attractions.....	19
Illustration 10 – Le Landion au Sud de la zone d'étude (profil du cours d'eau repris, zone marécageuse)	20
Illustration 11 – Erosion des berges le long du Landion dans le centre-bourg de Dolancourt (régression de la rive d'environ 1 m)	21
Illustration 12 – Mur de soutènement en rive concave du Landion dans le centre-bourg de Dolancourt.....	21
Illustration 13 – Enrochement mis en place en zone de déblais dans l'enceinte du parc d'attraction	22
Illustration 14 – Talus anthropique en limite d'emprise du parc d'attractions	22
Illustration 15 – Affleurement de colluvions sur marnes dans une tranchée en pied de versant (secteur Nord-Est).....	23
Illustration 16 – Observations de terrain – fond carte IGN scan 25	24
Illustration 17 – Talus anthropique en lisière de bois et du parc d'attraction (pente mesurée de 55°, léger enrochement en pied de talus, pas de formation rocheuse à l'affleurement)	26
Illustration 18 – Schéma d'un glissement plan (www.brgm.fr)	27
Illustration 19 – Bloc diagramme d'un glissement rotationnel complexe (Flageolet (1989) et Cruden et Varnes (1996))	28
Illustration 20 – Erosion de berge sur une rive concave	28
Illustration 21 – Méthodes pour évaluer la susceptibilité et l'aléa glissements de terrain (d'après Soeters et van Westen, 1996 ; van Westen et al., 2006 ; Fell et al., 2008 ; Corominas et al., 2014 – Thiery et Terrier, 2018).....	30
Illustration 22 – Classification des méthodes, de leur précision et du champ d'application selon l'échelle de travail (d'après Cascini, 2008 – Thiery et Terrier, 2018) - X = recommandé ; (X) = applicable avec précautions ou développements spécifiques ; [X] = non recommandé)	32

Illustration 23 – Classification des différents niveaux de zonage de l'aléa glissements de terrain en fonction des méthodes et données utilisées (d'après Cascini, 2008 et Fressard, 2013 – Thiery et Terrier, 2018)	32
Illustration 24 – Concepts et principes d'ALICE : a) structure modulaire d'ALICE couplée au module hydrogéologique GARDENIA, b) exemple de profils 2D calculés avec ALICE et extraction de la couche lithologique pour un profil et c) représentation schématique des différents glissements de terrain pris en compte par ALICE et les principes de calcul FoS pour des glissements de terrain translationnels peu profonds, rotationnels profonds et complexes profonds (Vandromme et al., 2020)	34
Illustration 25 – Profils topographiques suivant les lignes de plus grande pente d'un Modèle Numérique de Terrain, le long desquels sont effectués les calculs de stabilité	35
Illustration 26 – Carte des formations superficielles – fond carte IGN scan 25.....	37
Illustration 27 – Caractéristiques géotechniques des formations rencontrées utilisées pour la modélisation. Les valeurs entre parenthèses sont des valeurs étendues issues de la bibliographie (il s'agit de valeurs de formations colluvionnaires et alluvionnaires dont la composition peut varier en terme de proportion d'éléments).....	38
Illustration 28 – Seuils utilisés pour les différentes classes de susceptibilité aux glissements de terrain	39
Illustration 29 – Simulations ALICE® avec calculs en FoS tenant compte de valeurs minimum pour les caractéristiques mécaniques (encadré en rouge : cas le plus sécuritaire servant de référence pour la cartographie de l'aléa glissement de terrain)	40
Illustration 30 – Exemples de simulations ALICE® avec calculs en FoS tenant compte de valeurs maximum pour les caractéristiques mécaniques (à gauche) et en probabilité (à droite)	41
Illustration 31 – Exemple d'échelle d'intensité (guide méthodologique (1999), cotech et retour d'expérience du BRGM) (extrait du rapport RP-69748-FR)	43
Illustration 32 – Matrice de définition de l'aléa (modifiée d'après cotech n°1) (les cases grisées sont les cas non rencontrés sur la commune)	43
Illustration 33 – Cartographie de l'aléa final sur le versant Sud-Est de la commune de Dolancourt (sur fond scan 25 IGN).....	44

1. Introduction

La Direction Départementale des Territoires de l'Aube (DDT 10) a confié au BRGM une étude technique visant à caractériser les aléas « glissement de terrain » et « chute de blocs » pour le versant Sud-Est de la commune de Dolancourt et du versant Ouest de la commune de Bar-sur-Seine (10).

Lors d'une précédente étude « glissement de terrain » / « chute de blocs » menée sur les communes de Fontaine et de Bar-sur-Aube (10), plus d'une soixantaine de communes sur le seul département de l'Aube, dont Dolancourt et Bar-sur-Seine, ont été identifiées comme pouvant provoquer un aléa mouvements de terrain de niveau moyen, voire fort, sur des pentes et des lithologies similaires (RP-65258-FR). En effet, l'analyse des versants de Bar-sur-Aube et Fontaine a permis de mettre en évidence des couches géologiques et pentes suffisantes pour créer des phénomènes de glissement et de chute de blocs. Cette étude faisant suite à la survenue d'un glissement de terrain ayant engendré des chutes de blocs qui menaçaient des habitations et une route communale en contre-bas en mars en 2014 (RP-63522-FR).

Les phénomènes pris en compte se limitent aux glissements de terrain et aux chutes de blocs. Ces phénomènes correspondent à ceux qui sont les plus répandus pour les territoires concernés et qui justifient la présente étude. Les autres phénomènes de mouvements de terrain, du type affaissement, effondrement et érosion des berges notamment, n'ont pas été retenus sur ces deux communes pour la cartographie de l'aléa. En outre le phénomène de retrait-gonflement des sols argileux a déjà été traité à l'échelle départementale (rapport BRGM RP-56710-FR).

Les périmètres d'étude ont été définis par la DDT 10 dans le cadre d'éventuels futurs aménagement au vu du contexte similaire aux communes de Bar-sur-Aube et Fontaine. Ils peuvent se définir comme suit (Illustration 1) :

- commune de Dolancourt : Versant Sud-Est dit de « La prairie », vallée du Landion ;
- commune de Bar-sur-Seine : Versant Ouest dit de « La Croix Bleue », vallon de Vauldon.

Le présent rapport traite de la première partie de l'étude, à savoir l'analyse des mouvements de terrain et leur cartographie sur le versant Sud-Est de Dolancourt. L'aléa glissement de terrain et l'aléa chute de blocs sur le versant Ouest de Bar-sur-Seine feront l'objet d'une évaluation et d'une cartographie dans un second rapport.

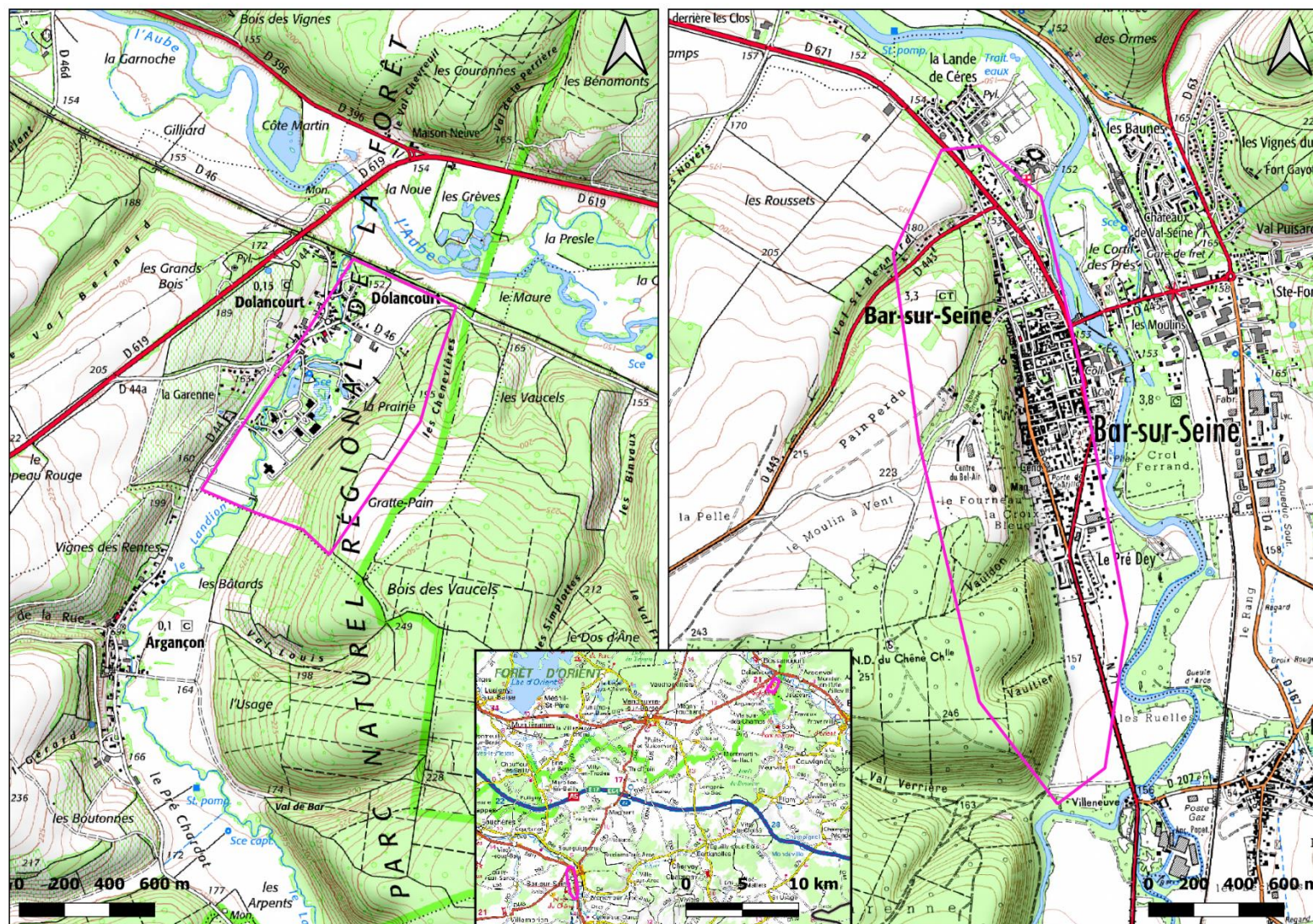


Illustration 1 - Localisation des deux zones d'études (Dolancourt : environ 0,7 km² ; Bar-sur-Seine : environ 1,9 km²)

2. Inventaire des indices de mouvements de terrain

2.1. ENQUETE ET INFORMATIONS RECEUILLIES

Plusieurs contacts ont eu lieu avec la mairie de Dolancourt, notamment par le biais de l'agence territoriale de la DDT 10 à Bar-sur-Aube.

Au lancement de l'étude, un échange s'est déroulé le 8 septembre 2020 en mairie de Dolancourt en présence de la DDT 10 et de la maire de la commune. Il s'agissait de présenter très succinctement l'étude et de faire un bilan sur les données existantes de la thématique « mouvements de terrain » sur le secteur.

La mairie de Dolancourt n'a pas d'éléments sur le secteur et aucun phénomène n'aurait été constaté sur le territoire d'étude. La Direction Départementale des Territoires de l'Aube ne possède aucun document dans les archives départementales récemment produites.

Il est à noter qu'en 1992, le BRGM a réalisé une carte de l'aléa mouvement de terrain sur le vignoble champenois pour le compte du Comité Interprofessionnel du Vin de Champagne (rapport BRGM/RR-36789-FR). Un aléa modéré avait été identifié en partie basse du versant dans le secteur Sud de l'actuelle zone d'étude.

2.1.1. Bilan sur les évènements récents survenus sur la commune de Bar-sur-Aube

Glissement de terrain survenu en 2003

Un glissement de terrain s'est produit en 2003 en amont de la route communale reliant Fontaine à Bar-sur-Aube, route endommagée par les terrains glissés. A l'époque, un diagnostic géotechnique a été réalisé par un bureau d'études. Il a conclu que les désordres observés étaient vraisemblablement liés à un emboîtement de ruptures pseudo-circulaires (loupes de glissement) affectant des sols argileux décomprimés rencontrés sur des épaisseurs de 3,50 à 6,20 m au droit des forages réalisés.

Chute de blocs survenue en 2014

En mars 2014, un mouvement de terrain s'est déclaré sur la colline Sainte Germaine. Il a fait l'objet d'une expertise par le BRGM (rapport BRGM RP-63522-FR). Ce phénomène a entraîné l'apparition d'une niche d'arrachement de 2 m de haut sur 20 m de large, d'une fissure de détente à 0,5 m en amont de cette niche et d'une coulée de débris composée en grande partie par des blocs de calcaires d'environ 1 m³. Le mouvement de terrain est dû à un phénomène de glissement très superficiel affectant les formations marneuses altérées de surface. Le mouvement s'explique par la conjonction de plusieurs éléments naturels : présence d'un contact géologique, de sources et d'érosion régressive engendrée par l'incision de l'Aube.

Au regard de la présence d'un replat topographique sur lequel la coulée de débris s'est arrêtée, il a été considéré que la probabilité d'atteinte de la maison située en contre-bas restait faible. Une étude plus large a cependant été réalisée pour qualifier l'aléa « mouvements de terrain » (glissement et chute de blocs) sur ce secteur du territoire communal et proposer des mesures de protection actives et / ou réglementaires (rapport BRGM RP-65258-FR).

2.1.2. Base de données des mouvements de terrain du BRGM et Base de données Gaspar des catastrophes naturelles

La base de données des mouvements de terrain du BRGM disponible sur www.georisques.gouv.fr ne recense qu'un mouvement de terrain sur le territoire communal de Dolancourt. Il s'agit d'une coulée de boue survenue en-dehors de la zone d'étude, sur le versant Ouest de la vallée du Landion (Id. 61000027). Ce phénomène s'est produit en 2003 et semble s'être propagé sur environ 45 m de dénivelé avec une amplitude de propagation de 800 m.

Selon la base de données des catastrophes naturelles GASPAR disponible sur www.georisques.gouv.fr, la commune de Dolancourt a fait l'objet de six arrêtés CATNAT. L'ensemble des arrêtés portent sur des phénomènes d'inondations et de coulées de boue (Illustration 2).

Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain : 1

Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le Journal Officiel du
10PREF19990142	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999

Inondations et coulées de boue : 4

Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le Journal Officiel du
10PREF20180015	15/01/2018	05/02/2018	14/02/2018	15/02/2018
10PREF20130185	05/05/2013	07/05/2013	20/06/2013	27/06/2013
10PREF19850006	13/05/1985	15/05/1985	15/07/1985	27/07/1985
10PREF19830016	10/04/1983	20/04/1983	21/06/1983	24/06/1983

Inondations par remontées de nappe phréatique : 1

Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le Journal Officiel du
10PREF20190036	20/01/2018	10/02/2018	04/10/2018	03/11/2018

Illustration 2 – Arrêtés de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle sur la commune de Dolancourt (www.georisques.gouv.fr)

2.2. CARTOGRAPHIE DE TERRAIN

L'ensemble des observations de terrain sont présentées à l'illustration 16.

2.2.1. Géologie de la zone d'étude et prédisposition au mouvement de terrain

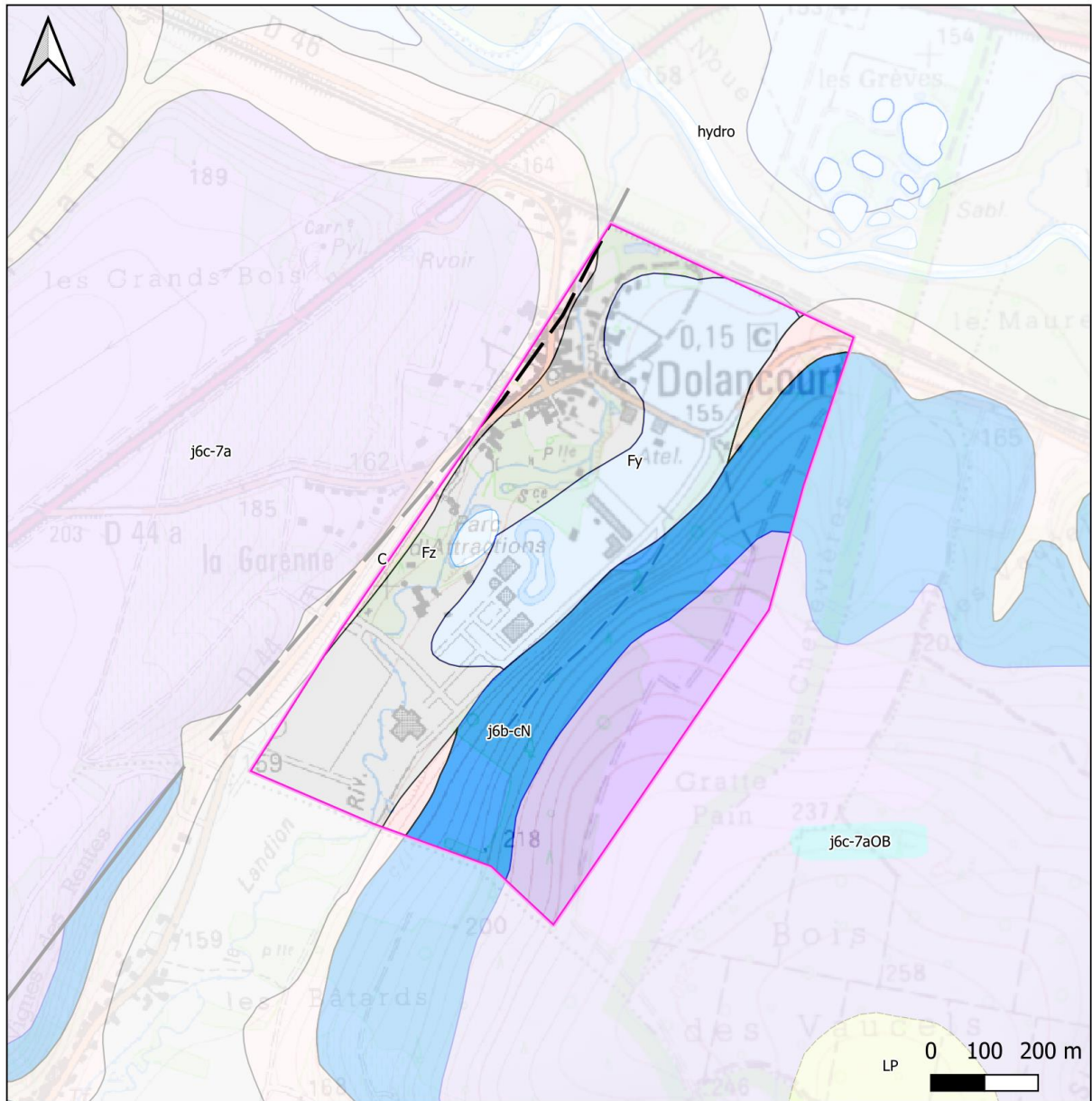
La région de Dolancourt se situe sur la bordure orientale du Bassin de Paris dans la région naturelle du Barrois. Les terrains géologiques, uniquement sédimentaires, forment une série continue depuis le Kimméridgien moyen (j6b-cN, Illustration 3 et Illustration 4) jusqu'au Portlandien (j6c-7a). Les dépôts quaternaires se présentent sous la forme d'alluvions anciennes (pléistocènes, Fy) et actuelles (Fz). Une faille, orientée N 45° et présentant un rejet à regard nord-ouest, découpe le relief du versant Ouest de Dolancourt.

Le relief actuel correspond à la nature des roches à l'affleurement. Les plateaux à bords abrupts sont formés par les calcaires du Portlandien. Les dépressions sont creusées dans les marnes du Kimméridgien. La région présente une forte différence d'altitude entre les plateaux et la vallée de l'Aube qui est assez étroite et profonde dans ces secteurs calcaires.

Dans le détail, la succession géologique (de la formation la plus récente à la plus ancienne) est la suivante :

- C : Quaternaire. Colluvions qui tapissent les pentes, le fond des vallées et les dépressions. Elles sont généralement formées d'éléments remaniés de tailles variables issus du substratum avoisinant. Les colluvions, composées d'une forte proportion d'argile, présentent une prédisposition aux glissements de terrain. Elles peuvent également contenir des éléments sableux, limoneux, calcaires ou marneux. Leur épaisseur peut atteindre plusieurs mètres. Il est à noter que les visites de terrains ont révélé une forte proportion de dépôts colluvionnés sur les premiers mètres des marno-calcaires kimméridgiens (environ 1 à 2 m d'épaisseur) ;
- Fz : Holocène. Alluvions actuelles à récentes généralement très limoneuses. On y rencontre des matériaux argilo-sableux à sableux, des cailloutis, graviers et granules crayeux ou des silex. Elles peuvent également être localement tourbeuses. L'épaisseur des alluvions actuelles est de l'ordre du mètre (jusqu'à 6 m localement). Dans le centre-bourg de Dolancourt, au niveau du Landion, elles sont soumises à l'érosion de berge ;
- Fy : Pléistocène. Alluvions anciennes de sables et de graviers calcaires dont l'âge est bien déterminé par les restes de vertébrés et les silex taillés rencontrés dans les régions voisines. Elles peuvent atteindre jusqu'à 10 m d'épaisseur ;
- j6c-7a : Portlandien (Kimméridgien supérieur à Tithonien inférieur). Suite à l'érosion, le Portlandien n'est représenté que par ses assises inférieures constituées par des calcaires blanchâtres sublithographiques durs et compacts durs. L'épaisseur de la formation est d'environ 50 m. Ces calcaires peuvent présenter une prédisposition à la chute de blocs s'ils se retrouvent à l'affleurement. Cependant, sur le terrain, ils sont systématiquement recouverts de prairies ou de cultures céréalières et ne sont donc pas soumis en l'état au risque de chute de blocs ;
- j6b-cN : Kimméridgien supérieur et moyen. Cette couche est constituée par une alternance marno-calcaire : trois assises de marnes grises, les « Marnes à Exogyres », séparées par deux assises de calcaires marneux durs à grains fins. Cette formation est présente sur une bonne partie de la zone d'étude ; elle forme les bas-versants de l'Aube et du Landion. Dans son ensemble, l'épaisseur peut atteindre 80 m et les niveaux marneux présentent une prédisposition au glissement de terrain (les marnes sont composées d'une forte proportion d'argile). Les niveaux calcaires peuvent présenter une susceptibilité aux chutes de blocs. Elles sont naturellement recouvertes par plusieurs mètres de formations colluviales.

Il est à noter que la limite entre les calcaires du Portlandien et les Marnes à Exogyres a été modifiée sur l'illustration 3 (limite Nord de la zone d'étude), tenant compte des observations de terrain.



Carte géologique 1/50 000 vecteur harmonisée

- C : Colluvions indifférenciées (Quaternaire)
- Fz : Alluvions actuelles et récentes (Quaternaire-Holocène)
- Fy : Alluvions anciennes (Quaternaire-Pléistocène supérieur)
- LP : Limons des plateaux (Quaternaire)
- j6c-7aOB : Oolite de Bure, Oolite d'Arrentières (Jurassique supérieur-Kimméridgien à Tithonien inférieur)
- j6c-7a : Calcaires portlandiens, Calcaires du Barrois (Jurassique supérieur-Kimméridgien supérieur à Tithonien inférieur)
- j6b-cN : Marnes à Exogyres, Calcaires, calcaires argileux (Jurassique supérieur-Kimméridgien moyen à supérieur)
- hydrographie
- Faille

Illustration 3 – Carte géologique de la zone d'étude (encadrée en rose) (carte harmonisée BRGM – modifiée d'après observations de terrain, échelle 1/50 000, feuille n°1399, Projet : Aube)

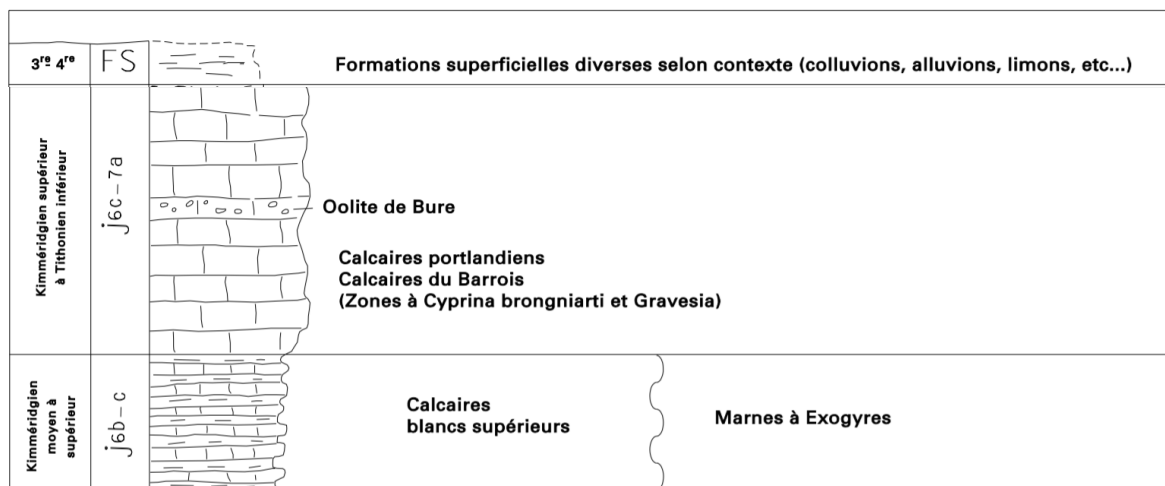


Illustration 4 – Log lithostratigraphique synthétique des formations rencontrées sur les secteurs d'étude du département de l'Aube (modifié d'après le rapport BRGM RP-55722-FR)

2.2.2. Hydrogéologie et hydrographie

Le réseau hydrographique est marqué par la présence de l'Aube au Nord de la zone d'étude qui entaille de manière assez profonde les couches calcaires du Jurassique supérieur. Dans une moindre mesure, le Landion incise ces mêmes formations dans la partie Ouest du secteur d'étude (Parc Nigloland).

Les nappes aquifères se présentent dans l'ordre suivant depuis les terrains les plus récents au plus anciens :

- la nappe pléistocène (correspondant aux alluvions de fond de vallée) ;
- la nappe du Kimméridgien moyen (dans les calcaires au-dessus des assises marneuses).

Des sources peuvent apparaître à la faveur des interfaces entre marnes et calcaires mais également à la base des dépôts colluvionnés. Lors de fouilles réalisées sur la commune voisine de Bar-sur-Aube, Hydrogéotechnique (rapport C/T/04/C/103/C/043, 2003) a rencontré « des suintements d'eau stagnant en fond de fouille [...] à partir de 3,80 m de profondeur côté amont, et 2,95 m de profondeur côté aval [...]. Il s'agissait vraisemblablement de circulations erratiques en partie inférieure de la couche 10 (éboulis : argiles à cailloux et blocs calcaires). ». Il n'a cependant été observé aucune mare ou source lors des investigations de terrain sur le versant. Seules une mare a été relevée au nord de la zone et une source identifiée dans la BSS (Banque de données du Sous-Sol, BSS000WPDP dans l'emprise du Parc Nigloland), toutes deux dans les alluvions de la vallée du Landion.

Par ailleurs, des mouvements de terrain de type affaissement ont été repérés sur le terrain (sur le versant), témoins de fonctionnements hydrologiques complexes avec une influence karstique.

2.2.3. Inventaire des mouvements de terrain

Deux campagnes de terrains ont été réalisées (18 décembre 2020 et 18 février 2021) pour améliorer la connaissance de la géologie et de l'hydrogéologie locale, mais également pour inventorier et classer les mouvements de terrain rencontrés. Il est à noter que l'emprise du parc Nigloland n'a pas fait l'objet de visites de terrain. Les observations se sont donc limitées au versant Sud-Est de la vallée du Landion et au centre-bourg de Dolancourt au Nord.

Versant Sud-Est de Dolancourt

Une grande majorité du versant est couverte par une végétation dense, ce qui limite les observations de terrain. Quelques indices de mouvements de terrain superficiels et lents (fluage) ont cependant pu être repérés sous forêt, notamment quelques dizaines d'arbres pipés (Illustration 5). Ils sont présents en milieu et bas de versant, zone où les pentes sont plus marquées.



Illustration 5 – Arbre pipé repéré dans le versant boisé (davantage en milieu à bas de versant, pente plus forte qu'en tête de versant)

Deux potentielles anciennes cicatrices de glissements de terrain sont visibles en milieu-bas de versant. Il s'agit a priori de glissements superficiels, de l'ordre d'1,5 à 2 m de hauteur au niveau de la tête de glissement pour 10 à 15 m de longueur latéralement. La propagation des glissements n'a cependant pas pu être estimée au regard de leur localisation (secteurs remaniés, masses glissées non visibles). L'une se situe le long d'un chemin où un talus anthropique a été aménagé (terrains reprofilés). Il ne s'agit donc pas d'un glissement survenu sur le profil naturel du versant (Illustration 6).



Illustration 6 – Ancienne cicatrice de glissement supposée (le long d'un chemin, talus anthropique)

Dans la partie Sud de la zone d'étude, le versant est marqué par une grande prairie avec une végétation rase. La pente présente plusieurs irrégularités interprétées comme du moutonnement à grande longueur d'onde (Illustration 7).



Illustration 7 – Prairie en milieu-bas de versant présentant un moutonnement à grande longueur d'onde (Sud de la zone d'étude)

Aucun affleurement rocheux n'a été observé. Seuls deux affleurements mettant en évidence une épaisseur d'1 à 2 m de colluvions ont été constatés (Illustration 8). Ces colluvions sont généralement formées d'une matrice argilo-marneuse et de pierres calcaires de l'ordre de la centaine de mètres cubes. Le risque de chute de pierres ou de blocs peut donc être considéré comme très limité.



Illustration 8 – Affleurement de colluvions en milieu de versant (secteur Sud)

On trouve par ailleurs une accumulation de pierres et de petits blocs issus des colluvions de pente en bas de versant. Nombre d'entre eux sont accolés à un grillage créé en amont d'un bâtiment du parc d'attractions, probablement pour tenir les éléments rocheux à distance du bâti (Illustration 9). Il est à noter que le grillage fait toute la hauteur du bâtiment.



Illustration 9 – Accumulation de pierres et de petits blocs issus des colluvions en arrière d'un bâtiment du parc d'attractions

L'existence d'un réseau d'eaux pluviales (cuves enterrées ?) a été constaté en milieu de versant, dans la partie Sud de la zone d'étude. Une végétation hydrophile se développe dans ce secteur. Il semble que ce réseau soit relié au parc d'attractions présent en contre-bas.

Par ailleurs, il est à noter qu'aucun désordre ou indice de glissement de terrain n'a été observé sur les bâtiments d'habitations présents en pied de versant, dans la partie Nord de la zone d'étude (au Nord de la D46).

Vallée du Landion

Une zone humide est présente au Sud de la zone d'étude, autour du Landion. Le cours d'eau semble avoir été aménagé et détourné dans ce secteur, créant ainsi une zone marécageuse (Illustration 10).



Illustration 10 – Le Landion au Sud de la zone d'étude (profil du cours d'eau repris, zone marécageuse)

Le bâti et les berges du Landion ont fait l'objet d'une attention particulière dans le centre bourg de Dolancourt. Il n'a pas été relevé de bâtiments fissurés qui pourraient avoir un lien avec un éventuel mouvement de terrain. Les berges, laissées naturelles au Sud de la route départementale qui passe dans le centre-bourg, présentent des signes d'érosion (Illustration 11). En direction de l'Aube, les berges sont davantage maçonnées, en particulier le long des rives concaves davantage sujettes à l'érosion (Illustration 12). Plusieurs murs de soutènement sont ponctuellement fissurés.



Illustration 11 – Erosion des berges le long du Landion dans le centre-bourg de Dolancourt (régression de la rive d'environ 1 m)



Illustration 12 – Mur de soutènement en rive concave du Landion dans le centre-bourg de Dolancourt

Pour rappel, l'enceinte du parc d'attractions n'a pas fait l'objet de visites de terrain. Il a pu cependant être réalisé quelques observations depuis le bas de versant. Un enrochement a été mis en place sur une zone aménagée en déblais pour retenir les terres en arrière (Illustration 13). Aucun ouvrage de soutènement n'a été créé au niveau du talus anthropique en bas de versant. Il présente pourtant une pente sub-verticale et une hauteur de 1 à 2 m. Seul un grillage a été mis en place à moins d'1 m du talus pour matérialiser la limite d'emprise du parc (Illustration 14). Une rupture de talus n'est pas à exclure en cas d'évènement climatique remarquable (fortes précipitations).



Illustration 13 – Enrochement mis en place en zone de déblais dans l'enceinte du parc d'attraction



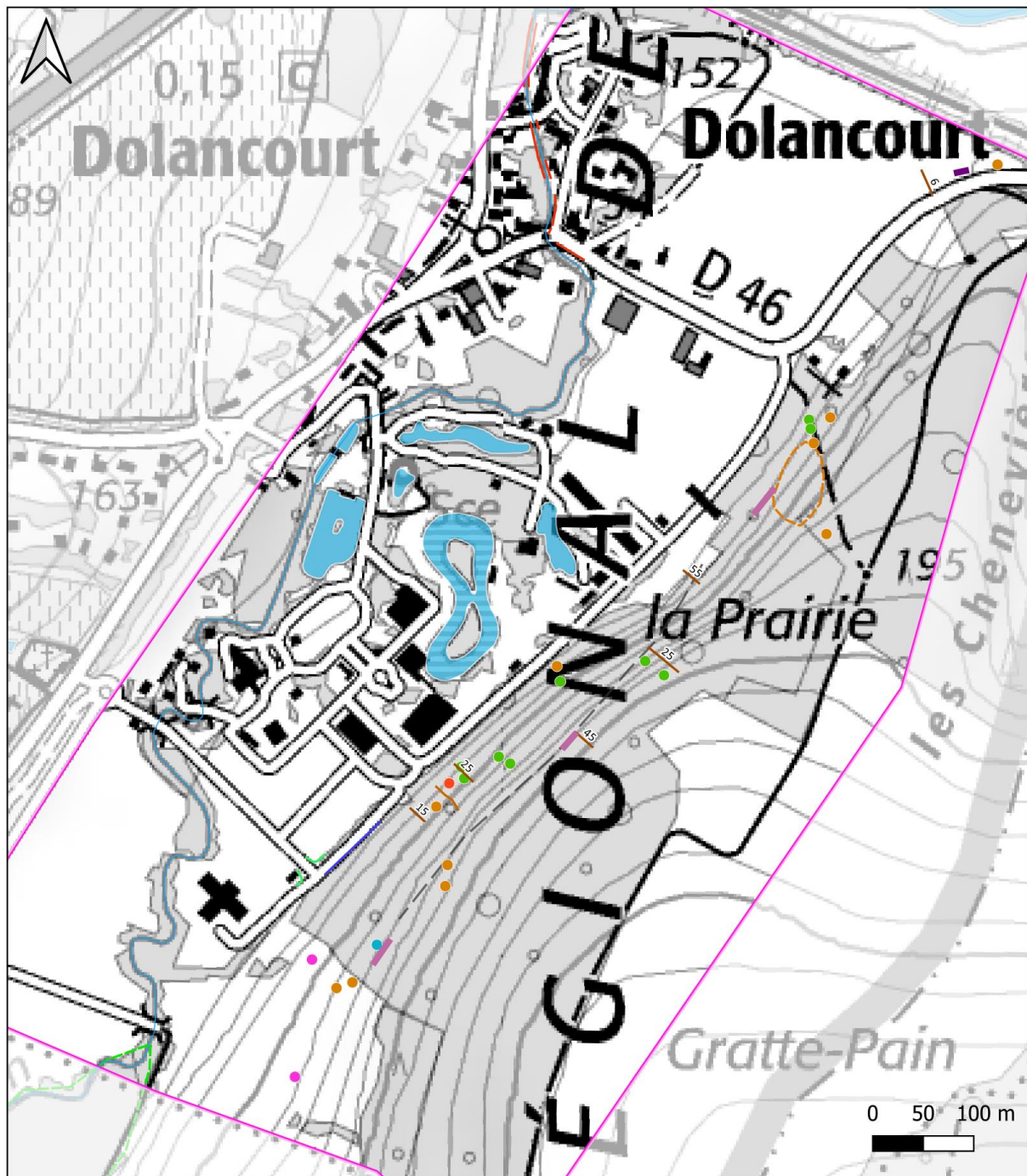
Illustration 14 – Talus anthropique en limite d'emprise du parc d'attractions

Un affleurement a été mis en évidence par une tranchée au Nord de la zone d'étude. Une épaisseur de 0,5 m de colluvions semblables à ceux observés sur le versant est visible sur des matériaux davantage marneux (Illustration 15).



Illustration 15 – Affleurement de colluvions sur marnes dans une tranchée en pied de versant (secteur Nord-Est)

Par ailleurs, plusieurs indices de mouvements de terrain d'origine karstique ont été relevés. Des dolines de l'ordre d'1 m de diamètre ont été observées en milieu et bas de versant.



Versant

- Ancienne cicatrice de glissement
- Arbre pipé
- Moutonnement
- Végétation hydrophile
- Doline (karst)
- ▭ Remaniement anthropique

Vallée

- Mur de soutènement (Landion)
- Talus anthropique
- Enrochement
- Ravine
- ▭ Zone humide

Géologie et pente

- Colluvions
- Colluvions (sur marnes)
- Pentés mesurées (°)

Illustration 16 – Observations de terrain – fond carte IGN scan 25

3. Typologie des mouvements de terrain

3.1. LES CHUTES DE BLOCS ET DE PIERRES

Les chutes de blocs peuvent être définies comme des phénomènes rapides ou événementiels, qui mobilisent des blocs de roches plus ou moins homogènes depuis un sommet ou une pente. Elles consistent en la chute libre ou le roulement, après rupture, de blocs engendrés par la fragmentation des massifs.

Lors des mouvements tectoniques, des décompressions induites par l'incision d'un cours d'eau ou lors des glaciations des périodes froides du Quaternaire, la roche subit de fortes contraintes mais sa rigidité limite sa capacité de déformation et conduit à la rupture (fracturation / fissuration). L'altération et la dégradation du massif vont ensuite conduire à l'ouverture progressive de certaines fractures et provoquer le détachement et la chute de blocs dès que l'équilibre entre les forces de contact et la gravité est rompu. Dans les roches massives comme les calcaires kimméridgiens et portlandien, la masse de calcaire est fondue dans les marnes et soumise à la rupture au moment du glissement des marnes.

Cependant, sur le secteur d'étude, aucune zone de départ de bloc n'a été identifiée (pas d'affleurement rocheux). La pente joue également un rôle important dans le déclenchement des chutes de blocs. Il est possible d'identifier les zones de départ potentielles de blocs à partir d'un MNT grâce à la formule suivante qui donne la valeur limite de cette pente apparente :

$$\alpha = 55^\circ \times \text{RES}^{(-0,075)} \quad \text{avec RES} = \text{résolution du MNT (Berger et al., 2009)}$$

dans le cadre de la présente étude, il a été utilisé un MNT au pas de 5 m. Ainsi, la valeur limite de la pente apparente permettant de produire des blocs est de 48°. Hors, un nombre très limité de secteurs (très réduits) présentent des pentes supérieures ou égales à 48°. D'après le MNT, le seul secteur susceptible de produire des blocs correspond à la voie de garage en décroché le long du parc d'attraction. Le versant a été reprofilé dans cette zone accentuant significativement la pente sur quelques mètres. Un enrochement a été mis en place sur, au maximum, 1 m de hauteur, en pied du talus anthropique. Sur le terrain, cette zone ne présente aucun affleurement rocheux susceptibles de produire des blocs. Quelques pierres et petits blocs sont visibles en pied de talus, probablement issus de colluvions de pentes ou de remaniements anthropiques (Illustration 18).



Illustration 17 – Talus anthropique en lisière de bois et du parc d'attraction (pente mesurée de 55°, léger enrochement en pied de talus, pas de formation rocheuse à l'affleurement)

3.2. LES MOUVEMENTS DE TERRAIN SANS PLAN DE RUPTURE

Ces types de mouvements ne sont pas considérés comme des glissements à proprement parler puisque la mise en mouvement n'est pas caractérisée par un plan de cisaillement identifiable. Dans notre zone d'étude, c'est la frange superficielle des terrains qui est affectée par ce type de mouvements.

Le fluage est un phénomène physique provoquant des déformations gravitaires irréversibles sous des sollicitations constantes atteignant le domaine plastique (Philipponnat et al., 2008). C'est un mouvement lent d'une masse de terrain (à matrice fine argileuse ou silteuse) non limitée par une surface de rupture clairement définie se manifestant sur des faibles ou fortes pentes. Il peut se repérer par un moutonnement de faible amplitude et relativement serré. Les arbres peuvent être inclinés ou présenter des troncs qui tendent ensuite à se redresser pour donner une forme « en tête de pipe » à leur base.

3.3. LES GLISSEMENTS DE TERRAIN

3.3.1. Les glissements pelliculaires

Le glissement pelliculaire est un décrochement superficiel gravitaire affectant une mince frange de terrain à matrice fine et limitée par une surface de rupture identifiable (<5 m de profondeur), recouvrant les versants à pentes moyennes à raides (>20%). Cette frange est fortement altérée avec des caractéristiques mécaniques faibles, cela peut également affecter les colluvions. Suite à une saturation en eau des matériaux, la cohésion et/ou l'angle de frottement interne sont diminués par l'augmentation de la teneur en eau et rend le sol instable. Le terrain se détache du haut du versant et glisse par petits paquets vers le bas (Mathon et al., 2005). Ce type de glissement fait généralement suite au phénomène de reptation.

La morphologie de ces glissements est caractérisée par une surface moutonnée ou par des petites terrasses dans les versants, et de courtes fissures arquées ou rectilignes soulignent la tête des instabilités.

3.3.2. Les glissements plans ou translationnels

Il s'agit de mouvements gravitaires se traduisant par la translation d'un volume de sol ou de roche d'un versant, sur une surface de rupture approximativement plane, généralement selon la ligne de plus grande pente (Illustration 24). La différence majoritaire avec le glissement pelliculaire vient de la profondeur de sa surface de rupture qui est ici plus importante.

La particularité de ce glissement tient dans la géométrie de sa surface de rupture qui est plus ou moins rectiligne. Généralement, elle est héritée d'une discontinuité naturelle préexistante dans le terrain : joints ou limites stratigraphiques, plans de failles ou diaclases, plans de schistosité. Elle peut également correspondre soit à une couche mince de mauvaises caractéristiques mécaniques (on parlera de « couche-savon ») sur laquelle s'exerce souvent l'action de l'eau.

Les glissements plans sont le plus souvent associés à des fissures en tête et des bourrelets en pieds. Ils peuvent se développer sur des épaisseurs de plusieurs dizaines de mètres et peuvent affecter des versants de pente moyenne (< 20%) pour autant que les facteurs de prédisposition soient réunis.

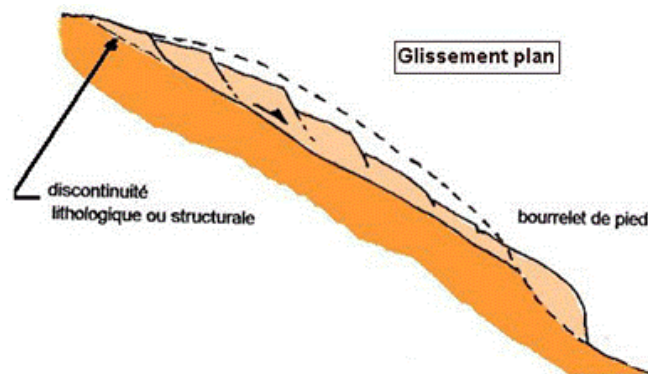


Illustration 18 – Schéma d'un glissement plan (www.brgm.fr)

3.3.3. Les glissements rotationnels ou circulaires

Ils correspondent à des mouvements gravitaires et peuvent présenter une brusque rupture de pente ainsi que des fissures en tête et des bourrelets en pied (Illustration 25). Leur surface de rupture de forme circulaire et concave les différencie des glissements plans. On peut noter la présence de contre-pente au sein de la masse glissée. Par ailleurs, plusieurs glissements rotationnels peuvent s'emboîter et former un glissement circulaire complexe. L'apparition d'un premier glissement en bas de pente entraîne une perte de butée pour les terres situées au-dessus et provoque des glissements successifs remontant vers l'amont : on parle d'évolution régressive (Philipponnat et al., 2008). Les glissements circulaires peuvent avoir des profondeurs et des volumes en mouvement très variables.

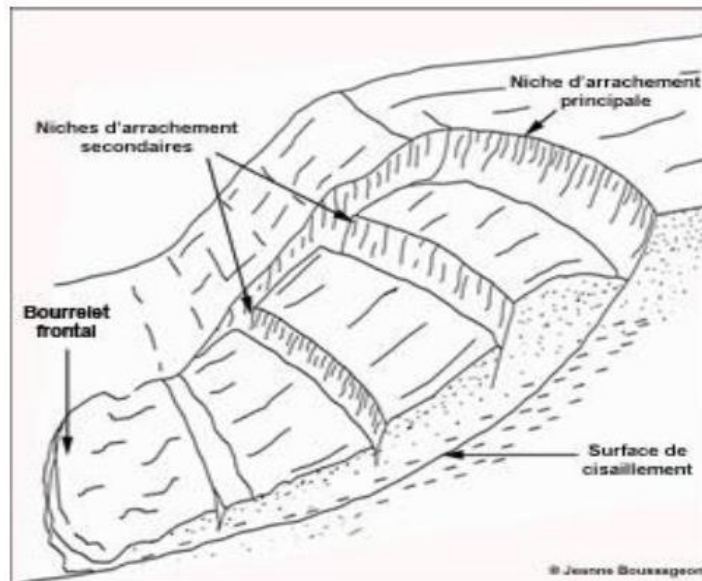


Illustration 19 – Bloc diagramme d'un glissement rotationnel complexe (Flageollet (1989) et Cruden et Varnes (1996))

3.4. L'ÉROSION DES BERGES

L'érosion de berges est un phénomène affectant exclusivement les berges et les bords de rivières ou de fleuves. Ce mouvement de terrain a été inventorié dans le cadre des visites de terrain, cependant, il n'est pas l'objet de la présente étude et n'est pas inclus dans la cartographie de l'aléa. Ils résultent de :

- La force érosive de l'écoulement des eaux qui sape le pied des rives et conduit au glissement ou à l'éboulement de la berge par suppression de la butée de pied qui assurait l'équilibre ;
- L'enfoncement des cours d'eau au fil du temps, qui conduit également au glissement ou à l'éboulement de la berge.

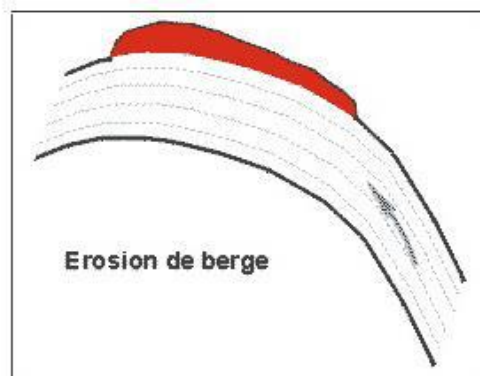


Illustration 20 – Erosion de berge sur une rive concave

4. Méthodologie d'évaluation de l'aléa glissements de terrain

4.1. PRINCIPE DE L'EVALUATION DE L'ALEA

Dans le but de cerner l'ampleur du phénomène qui pourrait se produire et dont il faut protéger les populations et les biens, il convient de déterminer le phénomène de référence pour chaque type de mouvement de terrain dans un secteur homogène donné. Celui-ci correspond au « plus fort événement historique connu ou potentiel, à considérer comme vraisemblable à échéance centennale ou plus » (référence guide méthodologique PPR mouvement de terrain, MEDDE).

Il convient de délimiter le périmètre où les phénomènes considérés doivent être pris en compte en termes de prévention des risques et de hiérarchiser ces zones en différents niveaux d'aléa. La démarche reste difficile et est sujette à de nombreuses limites liées notamment (i) à la nature discontinue dans le temps et l'espace des phénomènes, (ii) à la qualité des informations disponibles (données historiques fiables et complètes, données spatiales incomplètes, etc.), (iii) aux difficultés d'identifier les causes des phénomènes ; (iv) aux erreurs d'appréciation inhérentes à la personne en charge du dossier et son degré d'expertise.

Compte tenu de la complexité des phénomènes de mouvements de terrain et de l'absence de données sur une longue série temporelle, on privilégie une approche qualitative en retenant la probabilité maximale pour les phénomènes déclarés et pour les phénomènes potentiels en retenant l'importance des différents facteurs de prédisposition identifiés. Une approche par analogie avec des événements observés dans un secteur proche présentant un contexte géologique, géomorphologique et structural similaire peut également être retenue.

Evaluer l'aléa glissements de terrain revient à évaluer la probabilité d'occurrence spatiale (susceptibilité : probabilité spatiale qu'un type de phénomène se produise sur un territoire pour différentes conditions environnementales locales), temporelle (période de retour) et de propagation d'un phénomène d'intensité donnée (Cruden et Fell, 1997 ; Fell et al., 2005). Cela suppose que tous les phénomènes soient identifiés et classés (inventaire) et qu'ils se (re)produiront selon les mêmes conditions géologiques, géomorphologiques, hydrologiques et climatiques que les phénomènes connus. Cependant, quantifier un niveau d'aléa reste un exercice difficile. En effet, les données nécessaires à une analyse complète et rigoureuse (incluant facteurs déclenchants, date de déclenchement, âge, etc.) ne sont pas toujours disponibles ou insuffisamment détaillées. Par conséquent, fréquemment à l'échelle du bassin versant, seule la susceptibilité des terrains à un type de phénomène est analysée.

L'identification et l'analyse des facteurs de prédisposition s'appuie ainsi sur des documents existants (notamment cartes géologiques, carte des pentes, données géotechniques, photos aériennes...), des observations de terrain (géomorphologie, indices...) et sur la connaissance du terrain et des phénomènes connus par les acteurs locaux.

L'aléa peut également être évalué en fonction du niveau d'importance des mesures à prendre pour se prémunir du phénomène potentiel et de l'ordre de grandeur des coûts et du niveau de prise en charge : propriétaire individuel, promoteur ou aménageur, collectivité locale, Etat...

4.2. LES DIFFERENTES METHODES D'ÉVALUATION DE L'ALEA

4.2.1. Les méthodes empiriques (ou qualitatives)

Il s'agit des méthodes communément utilisées pour la cartographie de l'aléa pour les Plans de Prévention des Risques (PPR). Elles utilisent soit des méthodes dites directes, basées sur une analyse géomorphologique, soit des méthodes indirectes (Illustration 20). Ces méthodes, principalement fondées sur l'expertise, donnent un poids important aux observations de terrain et nécessitent donc un inventaire exhaustif et riche de données.

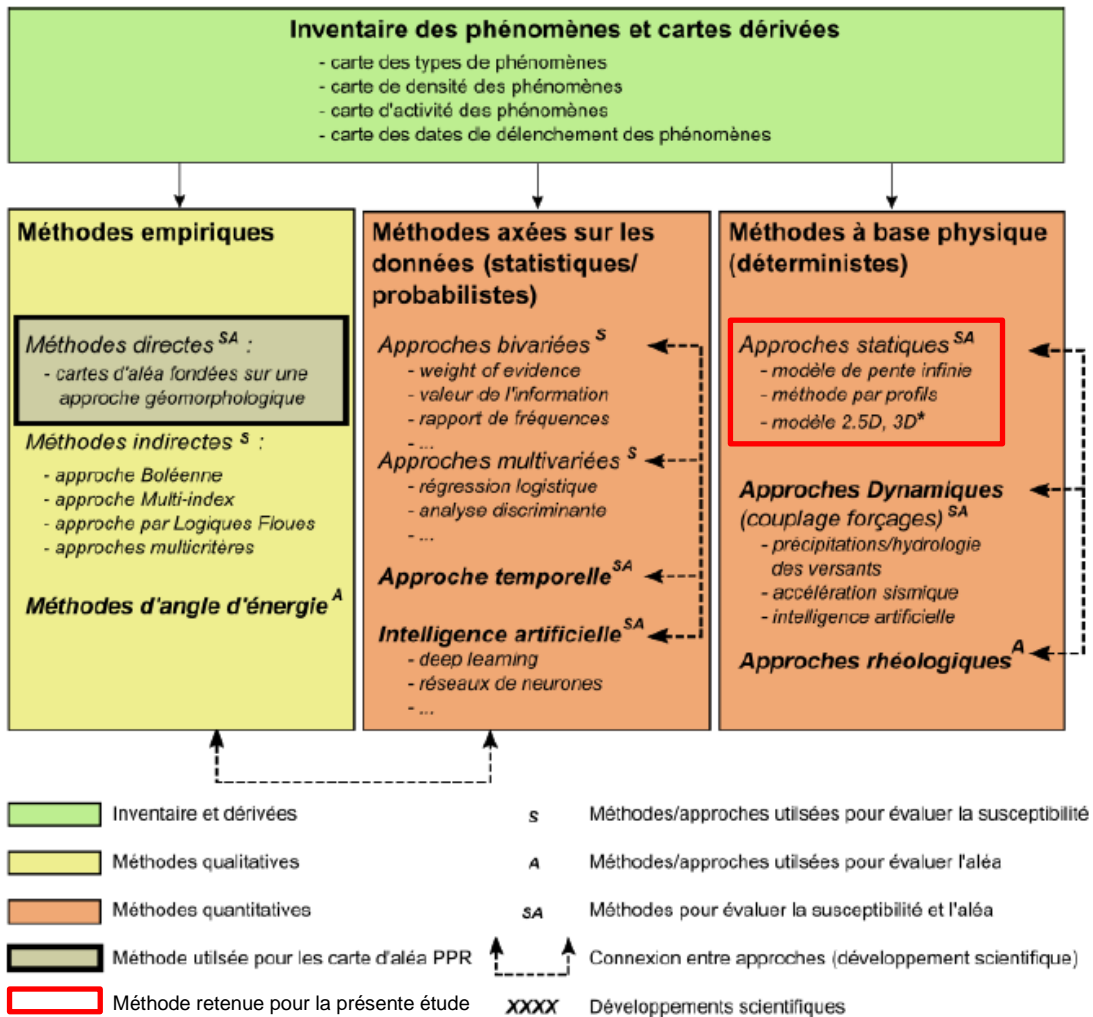


Illustration 21 – Méthodes pour évaluer la susceptibilité et l'aléa glissements de terrain (d'après Soeters et van Westen, 1996 ; van Westen et al., 2006 ; Fell et al., 2008 ; Corominas et al., 2014 – Thiery et Terrier, 2018)

4.2.2. Les méthodes quantitatives

Les méthodes quantitatives sont théoriquement reproductibles pour des environnements similaires en produisant des résultats identiques avec un même jeu de variables (Thiery, 2007, Fressard, 2013). On y distingue les méthodes statistiques/probabilistes (axées sur les données) et les méthodes déterministes (à base physique).

Par rapport aux approches décrites précédemment, ces méthodes demandent des informations supplémentaires comme des données hydrologiques (saturation des sols, perméabilité, conductivité hydraulique, etc.) et géotechniques (épaisseur des matériaux, cohésion, angle de frottement interne, poids spécifique, etc.).

Méthodes statistiques (ou probabilistes)

Le principe repose sur la distribution spatiale des phénomènes et sur une comparaison avec les différents facteurs qui sont ensuite pondérés de manière objective (de prédisposition comme la lithologie, la pente, etc. ou de déclenchement tels que la pluviométrie et les actions anthropiques).

Méthodes déterministes (ou à base physique)

Elles sont fondées sur des modèles de calcul d'équilibre limite (calcul de facteur de sécurité - FS). Deux approches sont utilisées : des approches statiques et des approches dynamiques, qui tiennent compte de la composante temporelle (il est possible de faire de la prévision avec cette seconde approche). Elles reposent principalement sur des modèles de pentes et tiennent compte des facteurs de déclenchement.

Contrairement aux méthodes statistiques/probabilistes, ces méthodes sont considérées comme plus concrètes et moins exploratoires, les processus physiques étant intégrés et des valeurs quantitatives de stabilité calculées (Corominas et al., 2014).

4.3. METHODE RETENUE POUR L'ETUDE

4.3.1. Critères pour le choix de la méthode

Plusieurs critères ont permis de choisir la méthode la plus adaptée à l'étude. Ils ont notamment porté sur l'échelle d'étude et sur les données disponibles.

Dans un premier temps, l'échelle de travail correspond à l'échelle de rendu de l'étude. Dans le cadre de la présente étude, le travail s'effectue à l'échelle locale, à une échelle comprise entre 1 : 10 000 et 1 : 5 000. D'après Cascini (2008), les différentes méthodes d'évaluation peuvent être utilisées (Illustration 21).

Echelle		Méthode d'évaluation			Niveau de précision spatiale			Type de cartographie		Proposition d'application
		Basique	Intermédiaire	Sophistiqué	Faible	Moyen	Fort	Susceptibilité	Aléa	
Petite (nationale)	<1:250 000	X			X			X		Cartographie régionale : informative
Moyenne (régionale)	1 :250 000 – 1 :25 000	X	(X)		X	(X)		X	(X)	Cartographie régionale : consultative
Large (locale)	1 :25 000 – 1 :5 000	X	X	(X)	X	X	(X)	X	(X)	Cartographie locale : Informative, Consultative, Prescriptions et recommandations
Détaillée (site)	>1 :5 000	[X]	(X)	X	[X]	(X)	X	X	X	Cartographie spécifique locale : Informative, Consultative Prescriptions et recommandations, aide à l'aménagement

Illustration 22 – Classification des méthodes, de leur précision et du champ d'application selon l'échelle de travail (d'après Cascini, 2008 – Thiery et Terrier, 2018) - X = recommandé ; (X) = applicable avec précautions ou développements spécifiques ; [X] = non recommandé

Dans un second temps, les données disponibles correspondent aux potentielles données d'entrée et vont ainsi contraindre le type de méthode pouvant être adoptée. Dans le cadre de la présente étude, de nombreuses données sont disponibles (MNT, géologie, photos aériennes, paramètres géotechniques issus de la bibliographie) et permettent donc d'utiliser toutes les méthodes, mêmes les méthodes quantitatives statistique ou déterministe (Illustration 22).

Niveau de zonage considéré	Méthodes	Données d'entrée		
		Carte d'inventaire ; photographies aériennes, topographie (MNT), géologie, géomorphologie, incidents	Facteurs déclenchants	Paramètres géotechniques/ rhéologiques
Basique	Qualitative	X		
Intermédiaire	Quantitative : statistique/probabiliste	X	X	
Sophistiqué	Quantitative : statistique ou déterministe	X	X	X

Illustration 23 – Classification des différents niveaux de zonage de l'aléa glissements de terrain en fonction des méthodes et données utilisées (d'après Cascini, 2008 et Fressard, 2013 – Thiery et Terrier, 2018)

L'inventaire des phénomènes est cependant très réduit et les visites de terrain n'ont pas permis de l'enrichir suffisamment pour choisir l'une ou l'autre des méthodes les plus classiquement utilisées ; à savoir :

- Une méthode empirique, avec une approche géomorphologique, qui nécessiterait un inventaire des observations de terrain et des phénomènes à l'échelle locale bien détaillé ;
- Une méthode statistique/probabiliste, axée sur les données et sur la comparaison avec des contextes similaires, qui nécessiterait un inventaire des phénomènes survenus dans un contexte similaire à l'échelle régionale (par exemple) bien détaillé.

Pour pallier ces lacunes, il a été choisi une méthode quantitative à base physique/déterministe. Ce type de méthode permet de quantifier l'aléa de rupture, c'est-à-dire de calculer des enveloppes potentielles de déstabilisation indiquant les terrains les plus favorables aux glissements de terrain. Le BRGM a développé un modèle appartenant à ce type de méthode en lien avec la thématique glissement de terrain. Il s'agit du logiciel d'aide à l'évaluation et à la cartographie de l'aléa glissements de terrain ALICE® (Assessment of Landslides Induced by Climatic Events).

4.3.2. Méthode retenue : Modélisation à base physique sous ALICE®

Le logiciel ALICE® a été conçu pour être utilisé dans le cadre d'études régionales de plusieurs kilomètres carrés, mais peut fournir des résultats tout à fait cohérents à l'échelle du bassin versant, communale voire infra-communale, tant que les données d'entrée sont adaptées pour un rendu à cette échelle (zones allant de bassins hydrographiques élémentaires à de vastes zones – Sedan et al., 2013 ; Thiery et al., 2017, Vandromme et al., 2015). L'objectif final de la modélisation est de disposer d'un outil permettant de réaliser une modélisation de la susceptibilité des terrains à la rupture « glissement de terrain » à grande échelle et à coût modéré.

Il s'agit d'un modèle d'évaluation basé sur une approche mécanique (modèle géotechnique), pour lequel les principales propriétés physiques du milieu (poids volumique, angle de friction, cohésion, épaisseur des matériaux) sont quantifiées et utilisées par un modèle mathématique qui calcule un facteur de sécurité. Pour des glissements de terrain de type translationnel ou rotationnel, ce facteur est calculé selon la formule de Morgenstern and Price (1967) (Sedan et al., 2012). Il peut donc intégrer différentes géométries de glissements, les hétérogénéités spatiales et inhérentes des dépôts de surface et de la géologie ainsi que leurs paramètres géotechniques, facteurs déclenchants (i.e. eau) et le changement d'occupation des sols.

La modélisation ALICE® nécessite de connaître la répartition spatiale (et parfois temporelle) des paramètres qui vont conditionner la stabilité des sols (caractéristiques mécaniques, paramètres de la nappe...). L'intérêt principal de son utilisation est de permettre la prise en compte des incertitudes liées à l'environnement, comme par exemple des paramètres géotechniques très variables selon la localisation sur la zone d'étude, grâce à une approche probabiliste. Ainsi, les caractéristiques géotechniques peuvent être définies soit par des constantes soit par des distributions. Le résultat final se traduit par un facteur de sécurité (FoS) ou par une probabilité d'occurrence de glissement pour chaque cellule de calcul (Illustration 25).

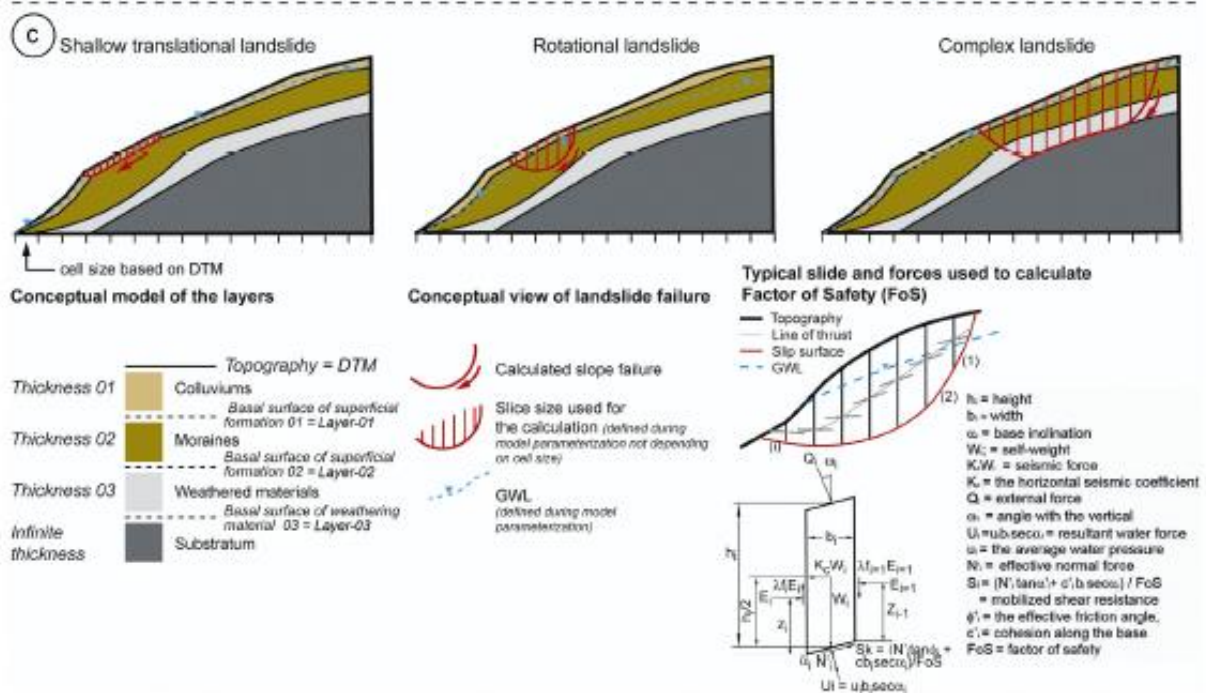
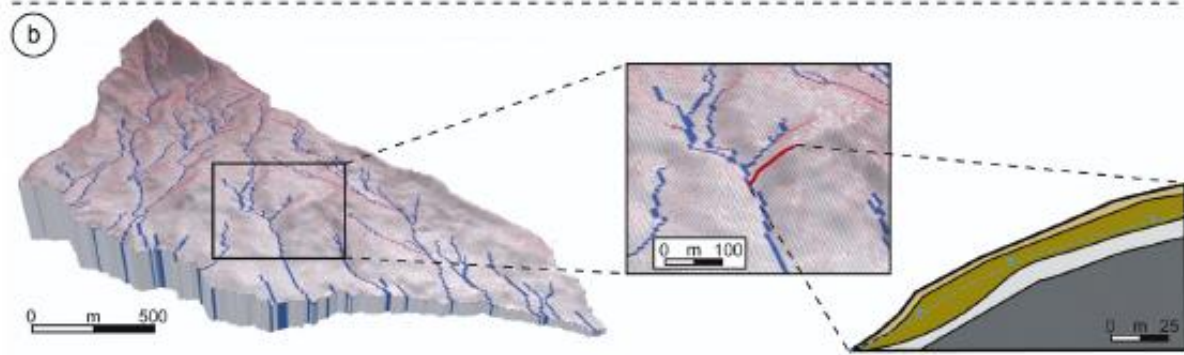
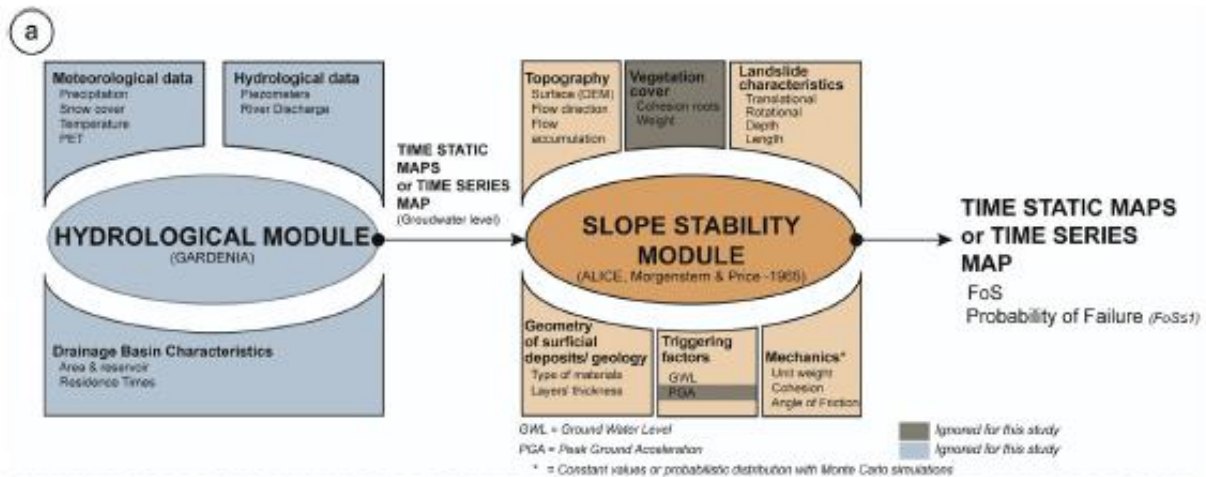


Illustration 24 – Concepts et principes d'ALICE : a) structure modulaire d'ALICE couplée au module hydrogéologique GARDENIA, b) exemple de profils 2D calculés avec ALICE et extraction de la couche lithologique pour un profil et c) représentation schématique des différents glissements de terrain pris en compte par ALICE et les principes de calcul FoS pour des glissements de terrain translationnels peu profonds, rotationnels profonds et complexes profonds (Vandromme et al., 2020)

5. Cartographie de l'aléa glissements de terrain sur le versant Sud-Est de Dolancourt

5.1. DONNEES D'ENTREE POUR LA MODELISATION

Les données en entrée pour la modélisation sont :

- Un Modèle Numérique de Terrain (MNT), qui va permettre le calcul d'une carte des pentes et d'une carte des directions d'écoulement (le MNT utilisé pour la modélisation est issu du MNT 5 m de l'IGN) ;
- Un modèle géologique en trois dimensions réalisé à partir de la carte géologique, de la cartographie de terrain, permettant notamment d'intégrer des formations superficielles, ainsi que des données obtenues lors de la campagne de sondages (épaisseur supposée des glissements, caractéristiques mécaniques précises des formations) ;
- Un niveau de nappe situé dans les formations superficielles d'altération.

Le principe de modélisation du logiciel est basé sur le calcul de facteurs de sécurité ou de probabilité d'occurrence pour plusieurs positions de glissements le long des profils 2D définis sur les lignes de plus grande pente sur l'ensemble de la zone (Illustration 26).

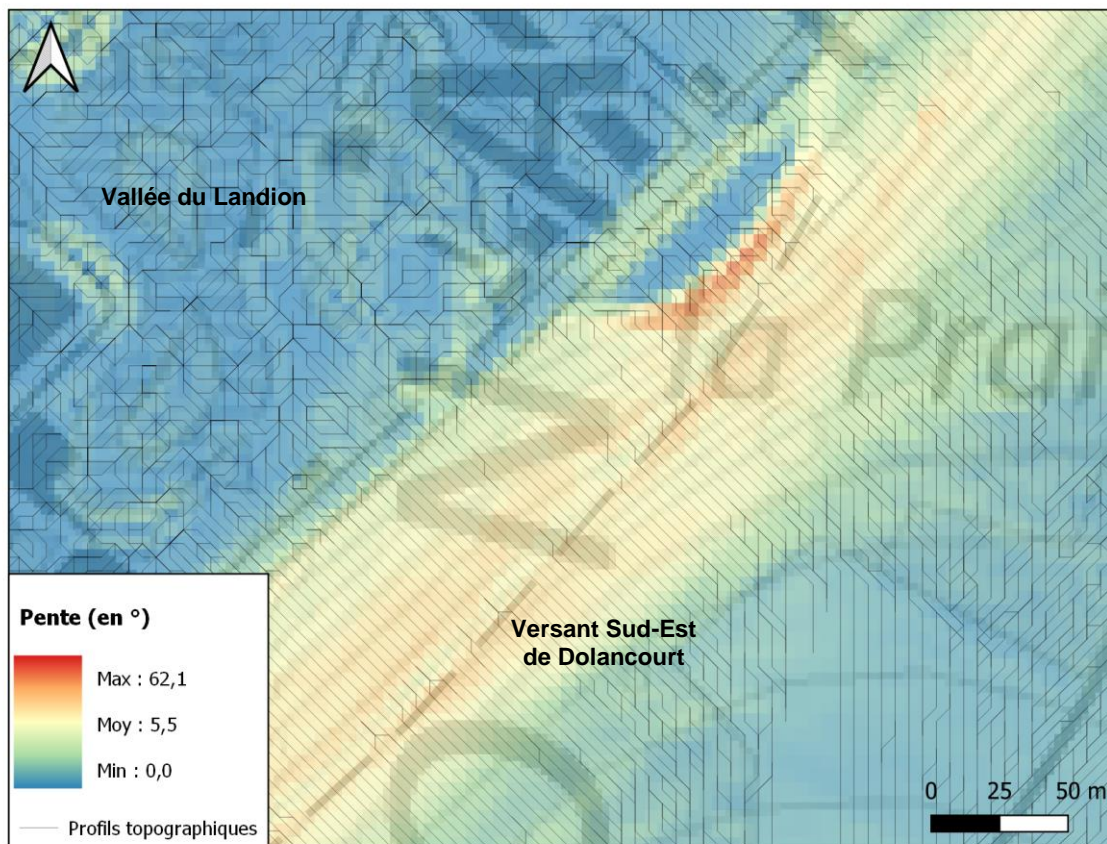


Illustration 25 – Profils topographiques suivant les lignes de plus grande pente d'un Modèle Numérique de Terrain, le long desquels sont effectués les calculs de stabilité

Pour chaque série de modélisation effectuée, plusieurs calculs sont réalisés pour chaque position en utilisant un tirage de type Monte-Carlo dans les distributions des caractéristiques géotechniques. La probabilité d'obtenir un facteur de sécurité inférieur à 1 représente la probabilité d'occurrence du glissement pour un scénario de déclenchement déterminé (type et taille du glissement, profondeur de la nappe).

5.2. PARAMETRES DE MODELISATION

5.2.1. Géométrie du modèle

Pour rappel, la modélisation ALICE® repose sur un modèle géologique simple puisque le pendage quasiment nul (stratification globalement horizontale) des strates a permis d'associer une cote constante pour chaque interface entre les couches en place. Cette cote a été affinée à partir de données disponibles en bibliographie, ainsi que par les données de forages.

Le modèle géologique intègre trois types de formations superficielles :

- Les produits d'altération des calcaires portlandiens (altérites) ;
- Les colluvions ;
- Les alluvions.

Les formations superficielles peuvent présenter de grandes variations latérales de faciès et d'épaisseur. Pour la construction du modèle géométrique, l'épaisseur des formations superficielles a donc été choisie d'après les données disponibles dans la littérature et des observations de terrain :

- Produits d'altération calcaire : épaisseur variable (de l'ordre du mètre) ;
- Colluvions : une épaisseur d'1 à 2 m a été observée sur le versant et de 0,5 m en bas de versant. Hydrogéotechnique (Rapport C/T/04/C/103/C/043, 2003) identifie des colluvions jusqu'à plus de 3 m de profondeur en forages sur la commune voisine de Bar-sur-Aube ;
- Alluvions (indifférenciées - anciennes et actuelles à récentes) : épaisseur généralement métrique pouvant atteindre 6 m localement, pour les alluvions actuelles à récentes, et 10 m, pour les alluvions anciennes (RP-55722-FR).

Une carte des formations superficielles a été créée à partir de la carte géologique du secteur à l'échelle du 1:50 000^{ème} et de photo-interprétation (issue de la BD ORTHO®, IGN) aidée par des reconnaissances de terrain (Illustration 27). Cette carte a permis d'élaborer un modèle géologique 3D simplifié du versant Est de Dolancourt, utilisé pour réaliser les modélisations ALICE®.

Les modélisations ont été réalisées avec un MNT 5 m (à partir des données de l'IGN).

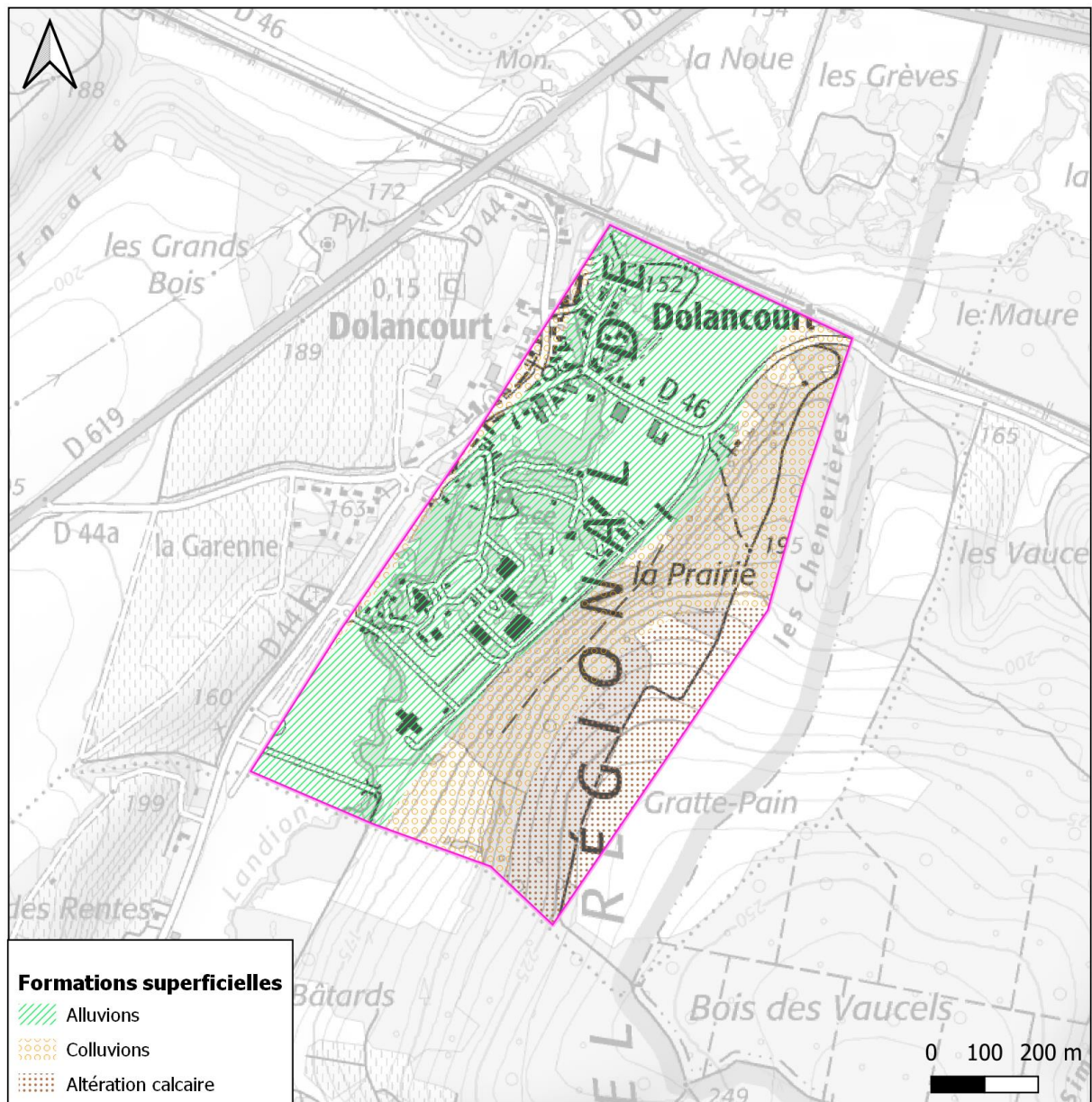


Illustration 26 – Carte des formations superficielles – fond carte IGN scan 25

5.2.2. Caractéristiques géotechniques des formations

Les caractéristiques géotechniques (poids volumique γ , cohésion c et angle de frottement ϕ) intégrées au modèle sont issues des données disponibles en bibliographie (Philipponnat et Zerhoui (1993), Fleming et Johnson (1994), Hydrogéotechnique C/T/04/C/103/C/043 et C/T/03/B/068/F/081 (2003), Geotec 2010/5651/BORDX (2011)).

Le tableau suivant liste, par formation géologique, les principales caractéristiques géotechniques utilisées pour la modélisation sur Dolancourt :

	Formations superficielles			Substratum	
	Altérites (argilo-calcaires, plateau)	Colluvions (argileux à marno-calcaires, versant)	Alluvions (matériaux hétérogènes, vallée)	Calcaires portlandiens (plateau)	Marnes et calcaires (versant)
γ (kN/m ³)	15,8-20	12,3-19	12-16	20	18-27
c (kPa)	10-30	5-25 (0-69)	5-15 (0-60)	50-115	79-1 000
φ (°)	20-32	20-25 (11-37)	5-11 (29-35)	20-30	30-42

Illustration 27 – Caractéristiques géotechniques des formations rencontrées utilisées pour la modélisation. Les valeurs entre parenthèses sont des valeurs étendues issues de la bibliographie (il s'agit de valeurs de formations colluvionnaires et alluvionnaires dont la composition peut varier en terme de proportion d'éléments)

Au regard de la variabilité des caractéristiques géotechniques des formations observées, en particulier en ce qui concerne les colluvions, plusieurs valeurs de cohésion et d'angle de frottement ont été considérées dans les modélisations :

- Les valeurs « minimum » des caractéristiques géotechniques : dans ces calculs, il a été considéré des valeurs de cohésion de 5 kPa et d'angle de frottement de 20°. Ces valeurs peuvent correspondre à des scénarii dits conservateurs ou cas extrêmes ;
- Les valeurs « maximum » utilisées pour des scénarii dits optimistes ;
- Un spectre des valeurs géomécaniques (cohésion et angle de frottement) avec les valeurs minimum et maximum afin d'obtenir des probabilités spatiales qu'un facteur de sécurité soit inférieur à 1. Ce type d'approche permet de tenir compte de la variabilité naturelle des caractéristiques géomécaniques des matériaux.

5.2.3. Paramètres des glissements modélisés

Au regard du contexte géomorphologique et hydrogéologique, un seul type de glissement a été pris en compte dans la modélisation :

- Les glissements translationnels (plans) superficiels qui se localisent préférentiellement dans les colluvions.

Une seule taille de glissement a été prise en compte dans la modélisation (on entend par taille de glissement la longueur de la rupture) et sélectionnée au regard des glissements observés sur le secteur de Bar-sur-Aube, dans un contexte similaire.

En termes de profondeur, les surfaces de glissement intégrées au modèle sont situées à l'interface entre les formations superficielles (colluvions) et le substratum (marnes à Exogyres).

Deux angles de rupture ont été pris en compte dans les modélisations (Vandromme et al., 2020), au regard du type de glissement considéré (plan) et de la pente moyenne du versant :

- Un premier angle de 35° ;
- Un second angle de 45°.

Ces paramètres sont ceux adaptés au contexte de cuesta en Normandie qui, morphologiquement, est proche des cuestas champenoises (Meire et al., 2016).

5.2.4. Hydrogéologie

L'eau joue un rôle prépondérant dans l'instabilité des pentes, car elle agit directement sur l'état des contraintes dans le sol par les pressions interstitielles qu'elle engendre, conduisant à la modification de l'équilibre entre les forces de résistance et les forces motrices. Ce rôle est pris en compte dans ALICE à partir du niveau piézométrique estimé de manière empirique entre deux interfaces.

Deux niveaux d'eau ont été introduits entre les interfaces choisies :

- Le niveau d'eau 0 correspond à une situation sèche, c'est-à-dire que la saturation est nulle (absence d'eau dans le milieu). Ce niveau d'eau minimum est situé au contact entre les formations superficielles et le substratum ;
- Le niveau d'eau 1 correspond à des conditions très humides, c'est-à-dire que les formations sont saturées. Ce niveau d'eau maximum est situé à la surface topographique.

Cette méthodologie permet d'évaluer l'influence de différents paramètres (caractéristiques mécaniques des matériaux, angle de rupture du glissement, saturation en eau) sur les coefficients de sécurité et l'occurrence ou non de glissement. Ainsi, douze cartes ont été calculées. Les résultats des simulations ALICE® sont présentées au paragraphe 5.3.2.

5.3. CARTOGRAPHIE DE L'ALEA

5.3.1. Susceptibilité des terrains aux glissements de terrain

Deux types de simulations ont été réalisés sous ALICE® :

- Les huit modélisations réalisées en FoS (facteur de sécurité) permettent d'obtenir des informations sur la stabilité de la pente avec des valeurs de caractéristiques géomécaniques minimum (Illustration 29) et maximum (Illustration 30) en fonction du niveau de nappe d'eau choisi ;
- Les autres modélisations réalisées en probabilité de rupture donnent des indications sur la probabilité de déstabilisation des terrains selon un niveau de nappe choisi (Ill. 30).

La stabilité de pentes et la probabilité de rupture ont été divisées en cinq classes, inspirées des normes internationales données par le JTC-1 (Joint Technical Committee) (Illustration 28).

Classes de susceptibilité	Valeur de simulation exprimée en FoS		Valeur de simulation exprimée en probabilité de rupture	
	Très forte	FoS ≤ 1	Instable de manière récurrente	0,1 < p ≤ 1
Forte	1 < FoS ≤ 1,2	Proche de l'instabilité	0,01 < p ≤ 0,1	Forte
Moyenne	1,2 < FoS ≤ 1,5	Instable sous conditions	0,001 < FoS ≤ 0,01	Moyenne
Faible	1,5 < FoS ≤ 2	Stable	0,0001 < FoS ≤ 0,001	Faible
Nulle	2 < FoS ≤ 1 000	Pas de rupture possible	0,00001 < FoS ≤ 0,0001	Nulle

Illustration 28 – Seuils utilisés pour les différentes classes de susceptibilité aux glissements de terrain

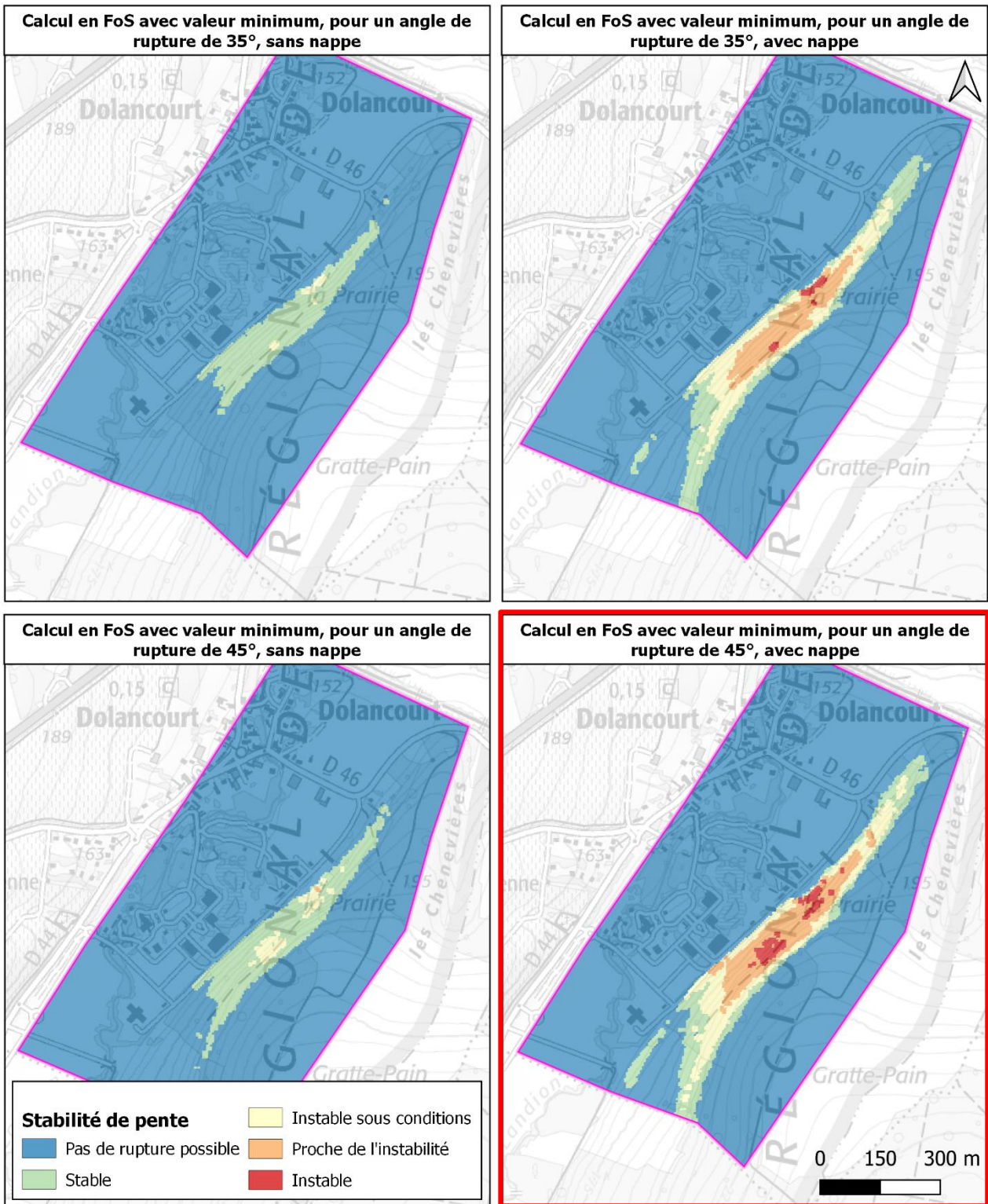


Illustration 29 – Simulations ALICE® avec calculs en FoS tenant compte de valeurs minimum pour les caractéristiques mécaniques (encadré en rouge : cas le plus sécuritaire servant de référence pour la cartographie de l'aléa glissement de terrain)

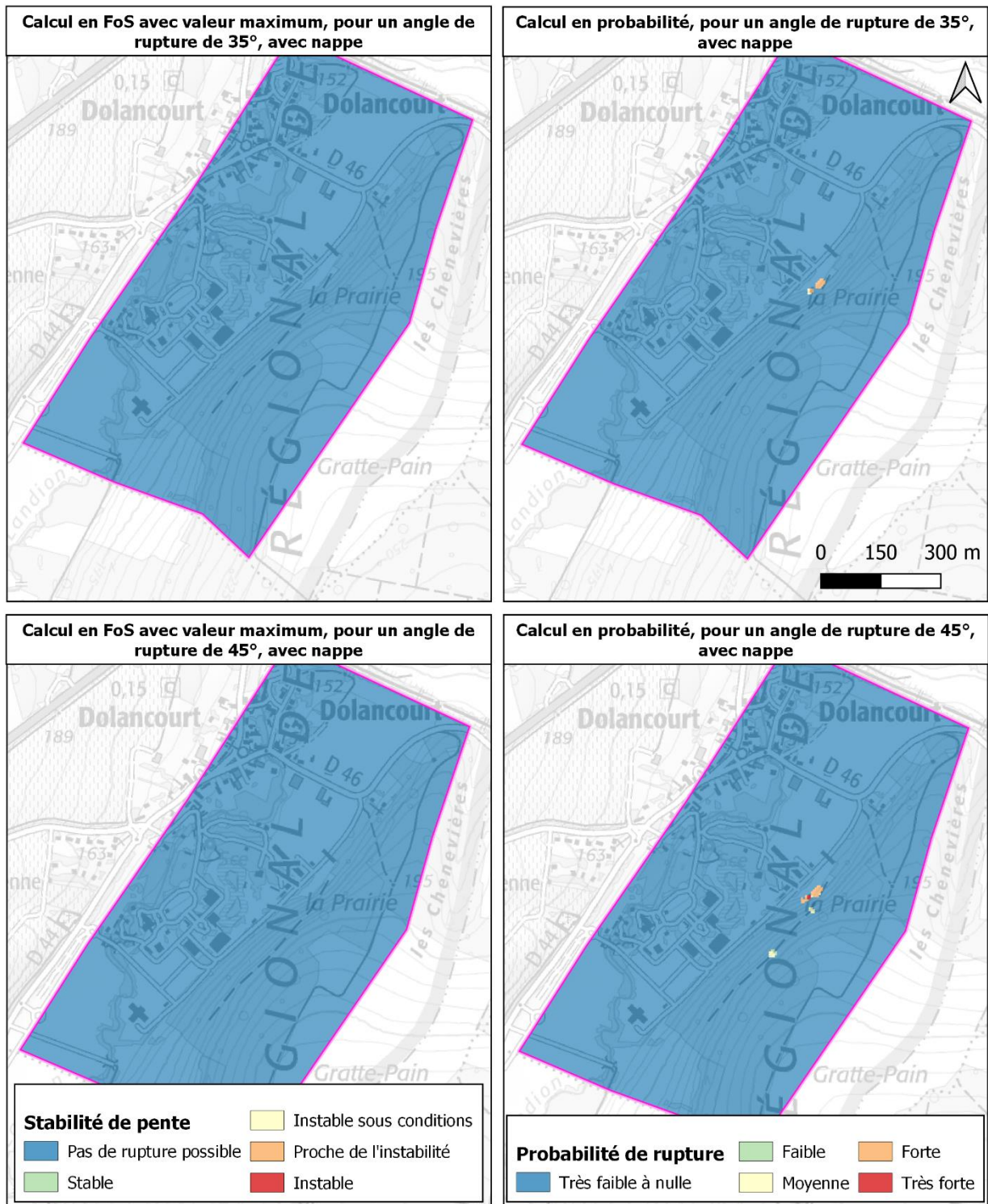


Illustration 30 – Exemples de simulations ALICE® avec calculs en FoS tenant compte de valeurs maximum pour les caractéristiques mécaniques (à gauche) et en probabilité (à droite)

Résultats des modélisations

Les différentes simulations réalisées (Illustrations 29 & 30) permettent d'apprécier l'influence des différents paramètres considérés sur la stabilité de pente et la probabilité de rupture.

Les caractéristiques mécaniques des colluvions jouent un rôle prépondérant sur la stabilité de pente. En effet, lorsque sont considérées de bonnes caractéristiques géotechniques pour les colluvions, l'ensemble du versant reste stable quelles que soient les variations appliquées aux autres paramètres (Illustration 30). De manière plus localisée, la saturation en eau des terrains agit sur la probabilité de rupture. La probabilité de rupture au niveau du talus anthropique présent en bas de versant est moyenne à forte lorsque les terrains sont saturés (Illustration 30). L'angle de rupture semble, quant à lui, jouer un rôle mineur mais néanmoins non négligeable dans la déstabilisation du versant, notamment lorsque les terrains sont saturés (Illustrations 29 & 30).

D'après les résultats des simulations, le versant Sud-Est de Dolancourt semble relativement stable (en considérant des paramètres moyens). Dans le cas le plus sécuritaire (simulation à considérer pour la suite), tenant compte de faibles caractéristiques mécaniques des matériaux, d'un angle de rupture élevé (45°) et d'une saturation totale des terrains, seule la partie basse du versant présente une instabilité de manière récurrente (Illustration 29, simulation entourée en rouge). Ce secteur coïncide également avec les secteurs à plus forte pente.

Perspectives d'amélioration des modélisations

Les modélisations réalisées ont mis en évidence l'incidence des lacunes de données concernant les caractéristiques géotechniques des formations rencontrées. En effet, à l'heure actuelle, ces paramètres sont mal connus à l'échelle de la zone d'étude. L'une des pistes pour améliorer la pertinence de la modélisation et la connaissance sur les formations superficielles (variations de faciès, épaisseur, état d'altération, caractéristiques mécaniques) serait la réalisation de sondages à la tarière (mécanique ou manuelle) ou carottés peu profonds (jusqu'à une dizaine de mètres de profondeurs avec prélèvement d'échantillons et réalisations d'essais en laboratoire).

Dans le cadre des modélisations, le levier « niveau de nappe » a été utilisé pour prendre en compte l'état de saturation des terrains en eau. Cela reste toutefois très imprécis compte-tenu du manque d'observations sur le terrain. Il semble donc intéressant de coupler la modélisation avec un modèle hydrogéologique.

Les modélisations réalisées restent néanmoins cohérentes avec la réalité de terrain, ce qui semble être une base solide pour la cartographie de l'aléa glissements de terrain et la proposition de mesures de protection et de prévention.

5.3.2. Intensité des phénomènes

L'évaluation de l'intensité des phénomènes s'appuie sur une approche naturaliste de type expertise, excluant tout recours à des études complémentaires, sauf lorsque celles-ci sont déjà disponibles. Elle est basée sur l'ampleur des mesures à mettre en œuvre pour se prémunir des effets d'un glissement de terrain (Illustration 31).

L'intensité des phénomènes pris en compte pour la cartographie de l'aléa est définie sur la base des indices de mouvements observés sur le terrain, mais également sur le retour d'expérience du BRGM et des phénomènes connus dans des contextes géologiques similaires à l'échelle régionale, ou ponctuellement à dire d'expert, basé sur les caractéristiques géomécaniques moyennes des lithologies responsables des mouvements.

Intensité	Niveau d'importance des parades	Niveau d'importance des dégâts	Niveau d'importance de l'aire géographique et du volume attendu	
Limitée	Parades réalisables à l'échelle de la parcelle - Supportables financièrement par un propriétaire individuel	Pas de dommage structurel, gros œuvre très peu touché	Surface mobilisée faible, inférieure à 1 000 m ²	Volume mobilisé faible inférieur à 1000 m ³
Modérée	Parades réalisables à l'échelle de la collectivité - Supportables financièrement par un groupe restreint de propriétaires (immeuble collectif, petit lotissement)	Dommage au gros œuvre sans ruine probable dans les 100 ans – réparation possible	Surface mobilisée de l'ordre de 1 000 à 100 000 m ²	Volume mobilisé relativement important de l'ordre de 1 000 à 10 000 m ³
Elevée	Parades au cout prohibitif et/ ou techniquement difficile	Dommage important au bâti (gros œuvre) avec ruine probable dans les 100 ans – réparation très couteuse	Intéressant une aire géographique débordant le cadre parcellaire - Surface mobilisé de l'ordre du km ²	Volume mobilisé important de l'ordre de 10 000 à 100 000 m ³
Majeure	Parades au cout prohibitif et/ ou techniquement impossible	Destruction des bâtiments de la zone		Volume mobilisé très important : plusieurs millions de m ³

Illustration 31 – Exemple d'échelle d'intensité (guide méthodologique (1999), cotech et retour d'expérience du BRGM) (extrait du rapport RP-69748-FR)

Le versant Sud-Est de Dolancourt présente très peu d'indices de glissements de terrain. Les observations de terrain sont cohérentes avec des niveaux d'intensité limitée à modérée. Aucun phénomène d'intensité élevée à majeure n'est identifié.

5.3.3. Caractérisation de l'aléa

La carte d'aléa « glissement de terrain », établie sur le versant Sud-Est de la commune de Dolancourt, est basée sur les résultats de la modélisation la plus sécuritaire, considérant un grand angle de rupture, des caractéristiques mécaniques médiocres et une nappe affleurante. Le niveau d'aléa résulte ainsi du croisement de la susceptibilité, définie par les simulations réalisées, et de l'intensité, définie sur le terrain en fonction des phénomènes observés (Illustration 32).

		Intensité			
		Nulle	Limitée	Modérée	Elevée
Susceptibilité	Nulle	Nul	Nul	Nul	Nul
	Faible	Nul	Faible	Moyen	Fort
	Moyenne	Nul	Faible	Moyen	Fort
	Forte	Nul	Moyen	Fort	Fort
	Très forte	Nul	Moyen	Fort	Très fort

Illustration 32 – Matrice de définition de l'aléa (modifiée d'après cotech n°1) (les cases grisées sont les cas non rencontrés sur la commune)

Différents réajustements sont réalisés à partir de la simulation ALICE® la plus conservatrice afin d'obtenir une cartographie de l'aléa plus homogène. Les contours des classes d'aléa sont ainsi réajustés en fonction des observations de terrain et lissés, puis les éventuelles enclaves sont rattachées au niveau d'aléa le plus proche. Une zone tampon de 10 m est affectée à chaque niveau d'aléa pour prendre en compte la propagation éventuelle du phénomène de glissement.

Cette zone de sécurité est définie en fonction des indices de mouvements repérés sur le terrain et des connaissances dans des contextes similaires sur des communes à proximité. Un second tampon peut être appliqué localement pour tenir compte de la succession logique entre les niveaux d'aléa. Par exemple, une zone d'aléa moyen peut être ajoutée au contact entre une zone d'aléa fort et une zone d'aléa faible.

La carte d'aléa finale obtenue est présentée à l'illustration 33.

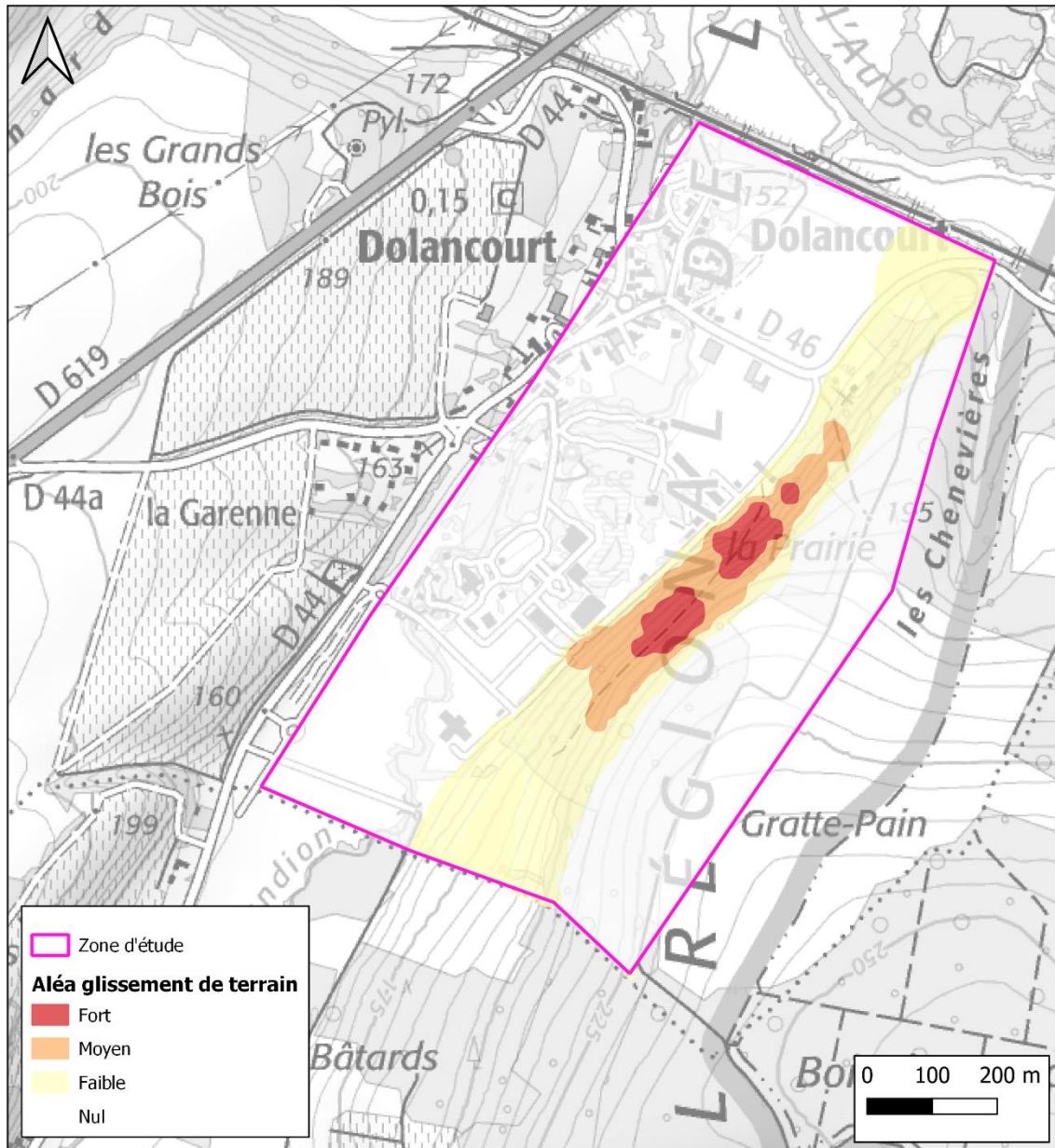


Illustration 33 – Cartographie de l'aléa final sur le versant Sud-Est de la commune de Dolancourt (sur fond scan 25 IGN)

6. Propositions de mesures de protection et de prévention

Les travaux menés doivent permettre d'améliorer la prise en compte du risque glissement de terrain dans l'aménagement.

Les dispositions d'aménagement à proposer, en l'absence de PPR existant, devrait s'appuyer sur une doctrine orientant les décisions en matière d'aménagement avec la préconisation d'études géotechniques locales par exemple. Cette doctrine devra naturellement être en accord avec les orientations régionales de la DREAL en matière de prévention du risque mouvement de terrain.

6.1. PRECONISATIONS GENERALES

6.1.1. Généralités

Au vu de l'évaluation du risque, c'est-à-dire de la présence à la fois d'un aléa et d'un enjeu, il s'agit ici de proposer des mesures de prévention à caractère réglementaire tant en matière d'études ou de travaux à réaliser par les collectivités publiques qu'en mesures d'adaptation des bâtiments et des ouvrages existants ou futurs afin de réduire leur vulnérabilité. Ces mesures préconisées peuvent être réalistes au regard des coûts engendrés pour la collectivité ou le particulier, et adaptées au contexte local rencontré.

Les mesures proposées favorisent à la fois l'aménagement parcellaire et l'aménagement global, pour la gestion des eaux notamment. Les travaux à réaliser doivent être envisagés à une échelle cohérente vis-à-vis du risque.

6.1.2. Les eaux souterraines et de surface

Le facteur « eau » étant prédominant dans le déclenchement de nouveaux glissements ou la réactivation de phénomènes anciens, une gestion raisonnée des eaux de surface et également des eaux souterraines est nécessaire. Il convient notamment d'empêcher une infiltration concentrée de grandes quantités d'eau et on veillera en outre à constituer et/ou entretenir un aménagement hydraulique adéquat.

Les différentes observations réalisées sur le terrain permettent de mieux comprendre la circulation et la gestion actuelle des eaux :

a) La circulation des eaux

Suivant le niveau de la nappe, celui-ci peut donner lieu à l'apparition de sources au sein du versant. Ces eaux, ensuite, se réinfiltrent plus en aval et ressortent en pied de versant.

La circulation des eaux peut être très changeante et mouvante. Bien qu'aucune résurgence d'eau n'ait été identifiée dans le versant, la potentielle circulation des eaux erratiques est un paramètre à prendre en compte dans l'aménagement.

b) Les aménagements rencontrés

Le versant étant majoritairement boisé, il n'a pas été observé un nombre important d'aménagements. Seul un système de gestion des eaux pluviales, qui semble relié au parc d'attraction en contre-bas, a été répertorié en milieu de versant, dans la partie Sud de la zone d'étude.

En ce qui concerne les eaux usées, seuls trois maisons d'habitations se situent en bas de versant, au Nord de la zone d'étude. L'écoulement des eaux s'effectue de façon naturelle sur le reste du versant.

6.2. RECOMMANDATIONS PARTICULIERES VIS-A-VIS DES GLISSEMENTS DE TERRAIN

Au regard de la variabilité des résultats des modélisations, contraints par des paramètres souvent mal connus à l'échelle locale, ce sous-chapitre présentera des recommandations en matière de gestion du risque glissement de terrain indépendamment de l'aléa.

Les objectifs principaux sont de ne pas augmenter le risque dans les secteurs les plus sensibles (milieu de versant) et de pouvoir réaliser des projets nouveaux et permettre l'aménagement à condition de maîtriser les eaux et la stabilité des terrains.

6.2.1. Recommandations en termes de prévention, de protection et de sauvegarde

La végétalisation du versant joue sans doute un rôle non négligeable sur la stabilité des terrains meubles de surface. Il est donc recommandé le maintien de l'état boisé des terrains et l'interdiction de coupes rases de surface supérieure à 50 ares, en particulier dans les zones en aléa moyen ou fort. De même, un couvert végétal herbacé ou arbustif devra être établi au niveau du talus anthropique identifié en bas de versant, le long du parc d'attractions. Le but est de limiter l'érosion superficielle liée aux eaux de ruissellement, le réseau racinaire fixant les horizons superficiels.

La réalisation d'une étude de stabilité est fortement préconisée pour les affouillements et exhaussements de sol de plus de 2 m de hauteur sur le milieu de versant, en particulier dans les zones situées en aléa moyen ou fort.

Par ailleurs, l'eau étant un facteur de déclenchement des glissements de terrain, **il est recommandé d'interdire toute infiltration concentrée de grandes quantités d'eau sur l'ensemble du versant.** Par défaut, il convient de maîtriser (aménagements hydrauliques) les eaux collectées, par le drainage notamment, et de les rejeter à l'aval en dehors de la zone, en pied de versant.

6.2.2. Recommandations sur les biens et activités existantes

La mauvaise – voire l'absence – de gestion des eaux de surface des habitations et des voies de circulations est la cause majeure dans le déclenchement de mouvements de terrain. L'amélioration de la gestion des eaux de surface à l'échelle du versant (collecte des eaux pluviales essentiellement) est le point principal de mitigation du risque glissement. Elle nécessite une gestion intégrée des gestionnaires de route, de la municipalité et des entreprises.

D'une manière générale, sur des secteurs exposés aux glissements de terrain, plusieurs mesures apparaissent comme nécessaires pour réduire le risque sur l'existant :

- Systématiser la mise en place de collecteurs d'eau pluviale sur les voiries, situées en tête ou dans le versant, et les entretenir pour s'assurer que l'exutoire n'aggrave pas le risque. Les réseaux de collecte des eaux pluviales en bas de versant, le long de la D46 notamment, doivent être dimensionnés pour une pluie *a minima* décennale, conçus correctement (contre-pente / cunette et parapet au niveau des chaussées...) ;
- Améliorer la gestion des eaux sur la parcelle : collecte des eaux pluviales (puisard interdit, obligation de raccordement au réseau collectif), refoulement d'eaux usées... ;
- S'assurer de la bonne étanchéité des réseaux collectifs (eaux pluviales, eau potable, eaux usées) et privées (eaux usées notamment) ;
- Entretien régulièrement les cours d'eaux et notamment supprimer les embâcles dans le cours des rivières ;
- Contrôler le bon respect des règles de l'art des murs de soutènement existants (murs ferrillés, mises en place de barbacanes) ;
- Pour les parcelles agricoles, dans la partie Est en amont, privilégier des pratiques agricoles qui n'accroissent pas le ruissellement vers l'aval, notamment l'orientation des sillons en fonction de la pente.

6.2.3. Recommandations sur les nouveaux projets

La réalisation d'études géotechnique et hydrogéologique est très fortement recommandée à l'échelle du versant, en particulier dans des contextes sensibles aux glissements de terrain (aléa moyen et fort), en préalable à tout projet de construction, en particulier s'il s'agit d'un Etablissement Recevant du Public (ERP) ou d'une Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (ICPE).

Ces études, de type G1 (étude préalable) et G2 (étude géotechnique de projet) au sens de la norme NF-P 94-500, seront confiées à un bureau d'études spécialisé. Ces études doivent, dans un premier temps, permettre d'évaluer la stabilité naturelle du versant, puis dans un second temps, dimensionner les ouvrages nécessaires à la construction dans un contexte glissement sans remettre en cause la stabilité générale du versant.

Elles devront spécifier :

- les caractéristiques mécaniques et hydrogéologiques des terrains environnants, la nature du terrain d'emprise du projet, de manière à préciser les contraintes à respecter, d'une part pour garantir la sécurité du projet vis-à-vis de l'instabilité des terrains, d'autre part pour éviter toute conséquence défavorable du projet sur le terrain environnant. Cela suppose la réalisation de sondages carottés avec enregistrement des paramètres de foration (*a minima* vitesse d'avancement et pression sur l'outil) et prélèvements d'échantillons intacts pour essais en laboratoire, et mise en place de piézomètres si des niveaux d'eau venaient à être rencontrés ;

- les modalités de terrassement, de soutènement de talus sur les parcelles concernées par le projet : les pentes des talus et de fouilles en provisoire et en définitif à respecter pour garantir leur stabilité (fondations adaptées à un contexte de pente, ouvrages de soutènement des talus ferrailés avec semelle anti-basculement et barbicanes) ;
- les modalités de drainage ou d'irrigation des parcelles concernées par le projet : proposition d'un aménagement approprié au site (chaussée bétonnée et drainante, implantation de bassins de décantation...).

Toute nouvelle construction devra présenter une conception résistante au fluage. De même que pour les constructions existantes, les eaux devront être maîtrisées (puisard interdit, obligation de raccordement aux réseaux des communes ou de mise en place de fosse étanche).

Ces études pourront également venir alimenter les modélisations ALICE® afin d'affiner les résultats en tenant compte de paramètres propres au site d'étude.

7. Bibliographie

Berger F., Clouet N., Monnet J-M., Lopez J., Mermin E., Tardif P., Bigot C., Jancke O. (2009) – Expertise trajectographique en 3 dimensions, de l'aléa chute de pierres et de blocs rocheux, pour l'aide à la réalisation de la révision du PPR de la commune de Veyrier-du-Lac

Cerema (2020) – Projet National C2ROP. Caractérisation de l'aléa éboulement rocheux – Etat de l'art. Collection Connaissances. ISBN 978-2-37180-470-8. 68 p.

Fleming R.W. et Johnson A.M. (1994) – Landslides in Colluvium. Landslides of the Cincinnati, Ohio, Area. U.S. Geological Survey Bulletin 2059-B.

Geotec (2011) – Etude géotechnique d'avant-projet (G12). 2010/5651/BORDX. 46240 VAILLAC. Lieu-dit « Combe de Paris ». Retenue d'eau artificielle Projet « Céou Amout » ;

Hydrogéotechnique (2003) – Bar-sur-Aube, Lieu-dit « Fontaine Ste Germaine ». Instabilité de pente. Etude géotechnique – AB/RC. Rapport C/T/04/C/103/C/043.

Hydrogéotechnique (2003) – Bar-sur-Aube, Lieu-dit « Fontaine Germaine », Château d'eau. Instabilité de pente. Etude géotechnique, mission G0 – G12 (phases 1 et 2) et G52. Rapport C/T/03/B/068/F/081.

Laville, Pierre ; RAMBAUD.D. ; Hatrival, Jean-Noël ; Morfaux, Pierre ; PINTE.J.C. (1993) - Cive - région du vignoble champenois - carte des aléas de glissement de terrain. BRGM/RR-36789-FR, 13 p.

Meire B., Thiéry Y., Cochery R., Ardito L., Branellec M., Ridet L. (2015) – Cartographie de l'aléa glissement de terrain en Basse-Normandie. Tranche 4 : caractérisation géotechnique de glissements de terrain bas-normands et modélisation ALICE. Rapport final. BRGM/RP-65292-FR. 45 p., 21 ill., 3 tabl., 2 ann., 1 CD.

Olivier M., Monod B., Sedan O. (2012) – Projet DO –SMS : utilisation du logiciel ALICE® pour l'élaboration de carte d'aléa glissement de terrain. Rapport final. BRGM/RP-60249-FR. volume 1, 70 p., 50 fig., 5 ann.

Philipponnat G. et Zerhouni M. (1993) – Interprétation de l'essai au Phicomètre, Revue Française de Géotechnique, n°65, pp. 3-28.

Sedan O. (2011) – Logiciel Alice version 7 – guide utilisateur. Rapport final. BRGM/RP-60004-FR. 44 p.

Thiéry Y., Terrier M. (2018) – Evaluation de l'aléa glissements de terrain : état de l'art et perspectives. Journées Nationales de Géotechnique et de Géologie de l'Ingénieur. 24 p.

Thuon Y. avec la collaboration de Bollot N. et Le Duy P. (2010) – Inventaire départemental des mouvements de terrain de l'Aube. Rapport final. BRM/RP-58754-FR. 72 p., 31 ill., 3 ann., 1 pl. hors-texte.

Thuon Y. (2014) – Bar-sur-Aube (10) –Examen des risques de mouvements de terrain au lieu-dit « Ste Germaine ». Rapport d'expertise. Rapport BRGM/RP-63522-FR. 14 p., 8 fig.

Thuon Y., Leprêtre F. (2015) - Cartographie de l'aléa glissement de terrain et chute de blocs rocheux. Versants des communes de Fontaine et Bar-Sur-Aube (10). Rapport final. BRGM/RP-65268-FR. 74 pages, 45 illustrations, 3 annexes.

Turner A.K. (1996) – Colluvium and Talus. Landslides : Investigations and Mitigation. Chapter 20, pp. 525-554.

Vernhet Y. (2007) – Carte géologique harmonisée du département de l'Aube. BRGM/RP-55722-FR. 103 p., 3 fig., 4 tabl., 3 pl. hors-texte.

Carte géologique harmonisée au 1/50 000 (feuille n° 1399, Projet Aube)

Notice de la carte géologique imprimée au 1/50 000 (feuille n°299, Brienne-le-Chateau, 2002)



Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemain – BP 36009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34 - www.brgm.fr

Direction régionale Champagne-Ardenne
1, rue Maurice Hollande – Bâtiment B1
51100 – Reims – France
Tél. : 03 26 84 47 70