



**Analyse critique de la carte de
prédisposition aux risques
mouvements de terrain réalisée par la
DREAL de Basse-Normandie.
Tranche 2 : cartographie de l'aléa
glissement de terrain à Cordebugle et
Courtonne-les-deux-Eglises (14),
Condeau et Pervençères (61)**

Rapport final

BRGM/RP-62599-FR
Novembre 2013

**Analyse critique de la carte de
prédisposition aux risques mouvements
de terrain réalisée par la DREAL de
Basse-Normandie.**

**Tranche 2 : cartographie de l'aléa
glissement de terrain à Cordebugle et
Courtonne-les-deux-Eglises (14),
Condeau et Pervençhères (61)**

Rapport final

BRGM/RP-62599-FR

Septembre 2013

P. Pannet, B. Meire, C. Vincent

Vérificateur :

Nom :

Date :

Signature :

Approbateur :

Nom :

Date :

Signature :

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



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Mots-clés : Glissement de terrain, argile, glauconie, sables, cartographie, aléa, prédisposition, Cordebugle, Courtonne-les-deux-églises, Condeau, Pervençères, Calvados, Orne, Basse-Normandie.

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

Pannet P., Meire B., Vincent C. (2013) – Analyse de la carte de prédisposition au risque mouvement de terrain réalisée par le DREAL Basse-Normandie. Tranche 2 : cartographie de l'aléa glissement de terrain à Cordebugle et Courtonne-les-deux-églises (14), Condeau et Pervençères (61). Rapport final. BRGM/RP-62599-FR, 95 p., 17 ill., fig., 3 ann., 1 CD.

Synthèse

La Basse-Normandie, dans sa diversité géologique, possède plusieurs secteurs propices au développement de mouvements de terrain. Le déclenchement de ces phénomènes est la conséquence de différents facteurs : principalement d'ordre géomorphologique, géologique, hydrogéologique et également anthropique.

Dans ce contexte, la DREAL de Basse-Normandie a réalisé sur l'ensemble de la région une carte de prédisposition aux risques de manifestation de mouvements de terrain (notamment chute de blocs et glissements de terrain) sur la base d'une analyse des pentes, et des données issues de la carte géologique au 1/50 000 (pour ce qui concerne les glissements de terrain).

Il est communément admis que la mise en place de ce type d'instabilité de terrain relève d'interactions complexes entre différents facteurs, que la carte de prédisposition, bien que pertinente à son échelle de validité, ne peut pas prendre en compte

La validation/adaptation de cette carte nécessitant une analyse s'appuyant notamment sur des observations de terrain détaillées, la DREAL de Basse-Normandie a commandité au BRGM l'étude de secteurs aux contextes géologiques variés pour en définir les niveaux d'aléa « mouvements de terrain » (chute de blocs et glissements), en vue d'une analyse critique de la carte de prédisposition à la manifestation de ces phénomènes.

Ce rapport présente les résultats de la première partie des études concernant les phénomènes de glissement de terrain. L'objectif ici est d'identifier une méthodologie de cartographie adaptée au contexte bas-normand et de commencer une analyse critique de la carte de prédisposition à partir de l'étude de deux contextes géologiques distincts. Cette analyse devra être complétée par une analyse des autres contextes géologiques régionaux susceptibles aux instabilités de versant de type glissement de terrain.

Cette première partie d'étude met en évidence plusieurs points :

La cartographie des formations superficielles est quasiment inexistante. Or, il apparaît fondamental à l'issue de ces travaux de cartographie d'aléa, de connaître les formations superficielles de versant, et notamment d'identifier les masses glissées par le passé, qui apparaissent comme des zones très instables.

La présence d'eau joue un rôle très important, et est souvent lié aux dynamiques passées de glissement de terrain.

Aussi, si ces éléments ne sont pas correctement cartographiés, il apparaît compliqué de modéliser la susceptibilité de chaque versant au phénomène de glissement de terrain, donc de modéliser l'aléa.

C'est pour cela que l'analyse de la carte de prédisposition montre sur un contexte géologique complexe d'importantes disparités avec la carte d'aléa.

Cette étude propose donc une méthodologie adaptée à la cartographie de l'aléa glissement de terrain en Basse-Normandie.

Elle permet d'identifier des pistes de progrès pour la carte de prédisposition, ainsi que des points bloquants.

Ces points bloquants concernent l'eau et les formations superficielles. L'appréhension et la définition d'une méthode de cartographie de ces deux éléments permettrait par la suite une cartographie systématique de l'aléa sur les versants des bas-plateaux à l'aide de modèles de stabilité de versant (de type ALICE), et ce à moindre coût. C'est donc dans cette direction que doit se porter la suite de l'étude et d'éventuelles recherches, afin de pouvoir proposer aux décideurs un outil fiable d'aide à la décision permettant la cartographie de l'aléa à grande échelle.

Sommaire

À faire en automatique : onglet « références » « tables des matières » « insérer une table des matières » et valider.

1. Introduction	9
2. Contexte géographique et géologique des communes étudiées.....	11
2.1.1. Courtonne-les-Deux-Eglises et Cordebugle (Calvados)	11
2.1.2. Pervençères.....	15
2.1.3. Condeau	17
3. Notions théoriques simplifiées.....	21
3.1. LA DYNAMIQUE DES GLISSEMENTS DE TERRAIN	21
3.1.1. Définition.....	21
3.1.2. Les mécanismes de versant	21
3.2. FACTEURS INTERVENANTS DANS LA MISE EN PLACE DES GLISSEMENTS DE TERRAIN	22
3.2.1. Facteurs de prédisposition	22
3.2.2. Facteurs de déclenchement.....	22
3.3. LES DIFFERENTS TYPES DE GLISSEMENT	23
3.3.1. Les glissements rotationnels.....	23
3.3.2. Les glissements translationnels (ou plans).....	26
3.3.3. Le fluage.....	29
4. Méthodologie.....	31
5. l'approche geomorphologique	33
5.1.1. Dynamique gravitaire	33
5.1.2. Hydrodynamique.....	34
5.1.3. Dynamique éolienne	34
5.1.4. Cartographie géomorphologique.....	35
6. Carte des formations superficielles	37
7. Recensement des phénomènes historiques	39
8. Définition et cartographie de l'aléa	42
8.1. DEFINITION DE PHENOMENES DE REFERENCE	42
8.2. QUALIFICATION DE L'ALEA.....	42
8.2.1. Facteurs pris en compte.....	42
8.2.2. Estimation de la probabilité d'occurrence du phénomène	43

8.2.3. Estimation de l'intensité du phénomène	43
8.3. DETERMINATION DU NIVEAU D'ALEA	44
8.4. CARTOGRAPHIE DE L'ALEA	44
9. Analyse critique de la carte de prédisposition	48
9.1. CRITERES PRIS EN COMPTE PAR LA CARTE DE PREDISPOSITION.....	48
9.2. COMPARAISON.....	48
10. Conclusion	51
11. Bibliographie.....	53

Liste des illustrations

Illustration 1 : Carte géologie de la Basse-Normandie, extrait de la carte géologique de la France au 1 : 1 000 000. ©BRGM.....	11
Illustration 2 : Cordebugle (Calvados). Extrait du scan25 ©IGN	12
Illustration 3 : Courtonne-les-Deux-Eglises (Calvados). Extrait du scan25 ©IGN	12
Illustration 4 : Coupe géologique schématique du secteur de Cordebugle et Courtonne-les-deux-Eglises.....	13
Illustration 5 : Géologie de Cordebugle. Extrait des cartes géologiques au 1 :50 000 de Livarot (147) et Berney (148). ©BRGM.....	14
Illustration 6 : Pervençères (Orne). Extrait du scan25 ©IGN	15
Illustration 7 : Géologie de Pervençères. Extrait de la carte au 1 :50 000 de Mortagne-au-Perche (252). ©BRGM	16
Illustration 8 : Condeau (Orne). Extrait du scan25 ©IGN	18
Illustration 9 : Géologie de Condeau. Extrait de la carte géologique au 1 :50 000 de Nogent-le-Rotrou (289). ©BRGM	19
Illustration 10 : Schéma de principe de stabilité d'un versant soumis aux glissements de terrain (Rivet et al., 2011).....	21
Illustration 11 : Schéma descriptif d'un glissement rotatonnel	24
Illustration 12 : Coupe schématique simplifiée d'un glissement rotationnel classique	25
Illustration 13 : Vue en plan du phénomène. En orange le glissement originel, probablement déjà réactivé par le passé, en marron, sa réactivation de 2001.....	25
Illustration 14 : Coupe schématique simplifiée d'un glissement plan	26
Illustration 15 : Coupe schématique du glissement de Bellou-sur-Huisne	28
Illustration 16 : Exemple de carte des formations superficielles. Commune de Pervençères. .	38
Illustration 17 : Exemple de carte historique des glissements de terrain. Commune de Courtonne-les-deux-Eglises.....	40

Illustration 18 : Tableau de détermination de l'aléa.....	44
Illustration 19 : Exemple de cartographie de l'aléa : commune de Cordebugle.....	45

1. Introduction

La Basse-Normandie, dans sa diversité géologique, possède plusieurs secteurs propices au développement de mouvements de terrain. Le déclenchement de ces phénomènes est la conséquence de différents facteurs : principalement d'ordre géomorphologique, géologique, hydrogéologique et également anthropique.

Dans ce contexte, la DREAL de Basse-Normandie a réalisé sur l'ensemble de la région une carte de prédisposition aux risques de manifestation de mouvements de terrain (notamment chute de blocs et glissements de terrain) sur la base d'une analyse des pentes, et des données issues de la carte géologique au 1/50 000 (pour ce qui concerne les glissements de terrain).

Il est communément admis que la mise en place de ce type d'instabilité de terrain relève d'interactions complexes entre différents facteurs, que la carte de prédisposition, bien que pertinente à son échelle de validité, ne peut pas prendre en compte

La validation/adaptation de cette carte nécessitant une analyse s'appuyant notamment sur des observations de terrain détaillées, la DREAL de Basse-Normandie a commandité au BRGM l'étude de secteurs aux contextes géologiques variés pour en définir les niveaux d'aléa « mouvements de terrain » (chute de blocs et glissements), en vue d'une analyse critique de la carte de prédisposition à la manifestation de ces phénomènes.

Ce projet s'articule en deux tranches distinctes :

- la première concernait le volet chute de blocs et a fait l'objet d'une étude des sites de Cherbourg-Octeville, Saint-Lô et Vire. L'étude a été présentée à la DREAL de Basse-Normandie en 2012 (*Pannet et al., 2012*) ;
- la seconde concerne le volet glissements de terrain. Le phénomène étant plus complexe dans sa mise en place, il a été fait le choix de travailler sur des zones peu urbanisées afin d'éviter au maximum des considérations anthropiques. Par ailleurs, la géologie de la région, diversifiée, engendre des typologies de glissements de terrain diverses selon les endroits. Quatre contextes géologiques différents seront donc étudiés afin d'appréhender l'ensemble des possibilités d'instabilité. Pour cela, ce volet glissement de terrain a été découpé en deux tranches, indissociables.

La première, faisant l'objet de ce rapport propose le développement d'une méthodologie adaptée de cartographie d'aléa à fine échelle (1/10 000, 1/5 000) puis une cartographie de cet aléa. Elle traite de quatre communes situées dans deux contextes géologiques distincts. Une première analyse critique de la carte de prédisposition sera possible à l'issue de cette phase par un examen comparatif entre les cartes d'aléa produites et la carte de prédisposition. Il s'agit toutefois d'une analyse partielle et intermédiaire, les conclusions ne pouvant être réellement tirées qu'après avoir étudié l'ensemble des contextes susceptibles de produire des glissements de terrain.

La seconde, qui fera l'objet d'une suite de l'étude consistera en une cartographie de l'aléa sur quelques communes dans d'autres contextes géologiques, selon la même méthodologie, puis proposera une tentative de modélisation du phénomène de glissement qui pourrait permettre par la suite une cartographie à grande échelle.

2. Contexte géographique et géologique des communes étudiées

D'un point de vue géologique, la Basse-Normandie est à cheval sur deux grandes structures : le Massif Armoricain à l'ouest et le Bassin Parisien à l'est. Les quatre communes étudiées sont situées sur les roches sédimentaires de la marge nord-ouest du Bassin de Paris, dans les départements du Calvados et de l'Orne.

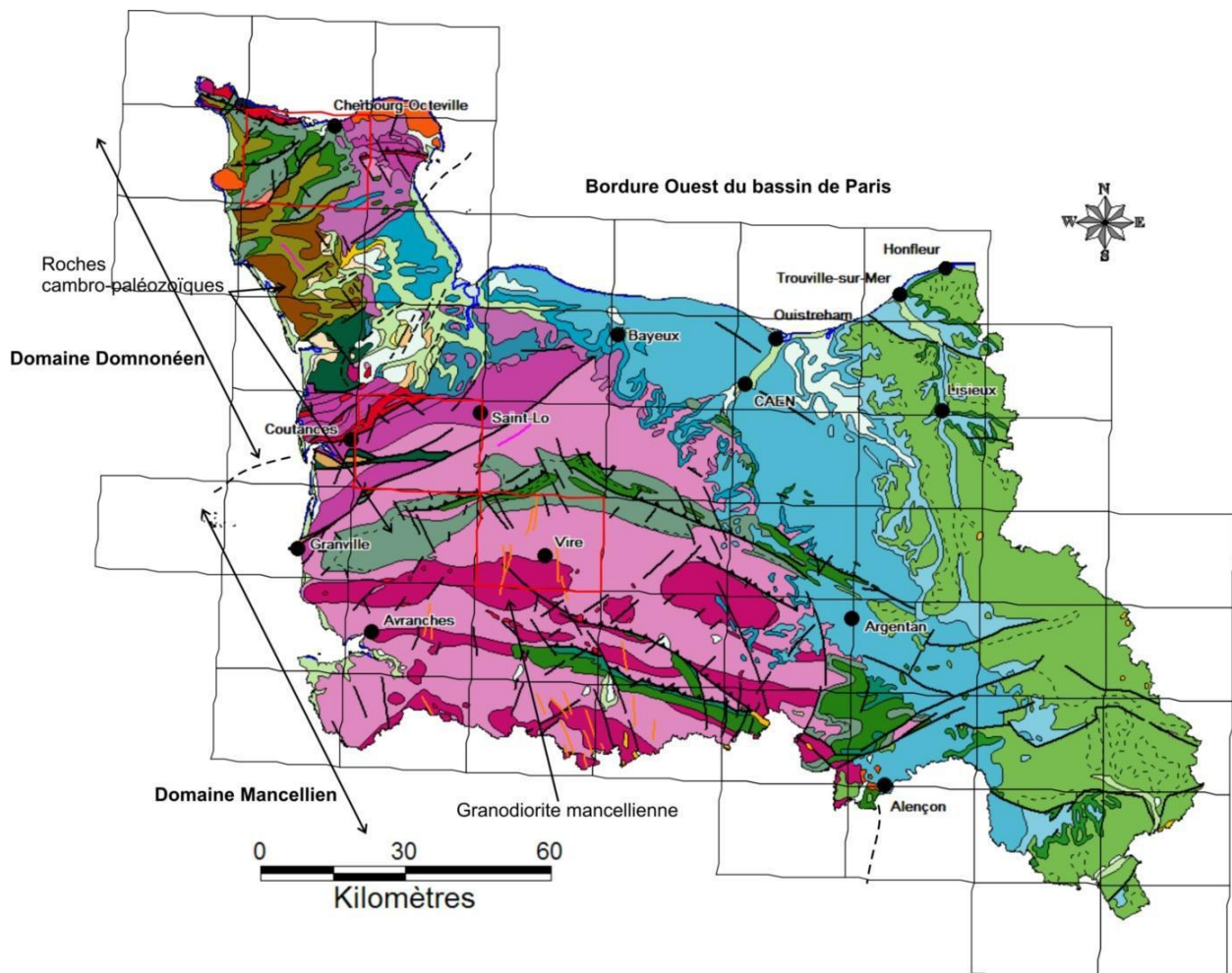


Illustration 1 : Carte géologie de la Basse-Normandie, extrait de la carte géologique de la France au 1 : 1 000 000. ©BRGM

2.1.1. Courtonne-les-Deux-Eglises et Cordebugle (Calvados)

a) Contexte géographique et géomorphologique

Ces communes sont situées sur la bordure est du Pays d'Auge à la limite avec le département de l'Eure (région Haute-Normandie). Le Pays d'Auge est limité à l'ouest par la vallée de la Dives, qui fait office de frontière naturelle avec les paysages monotones de la plaine de Caen.

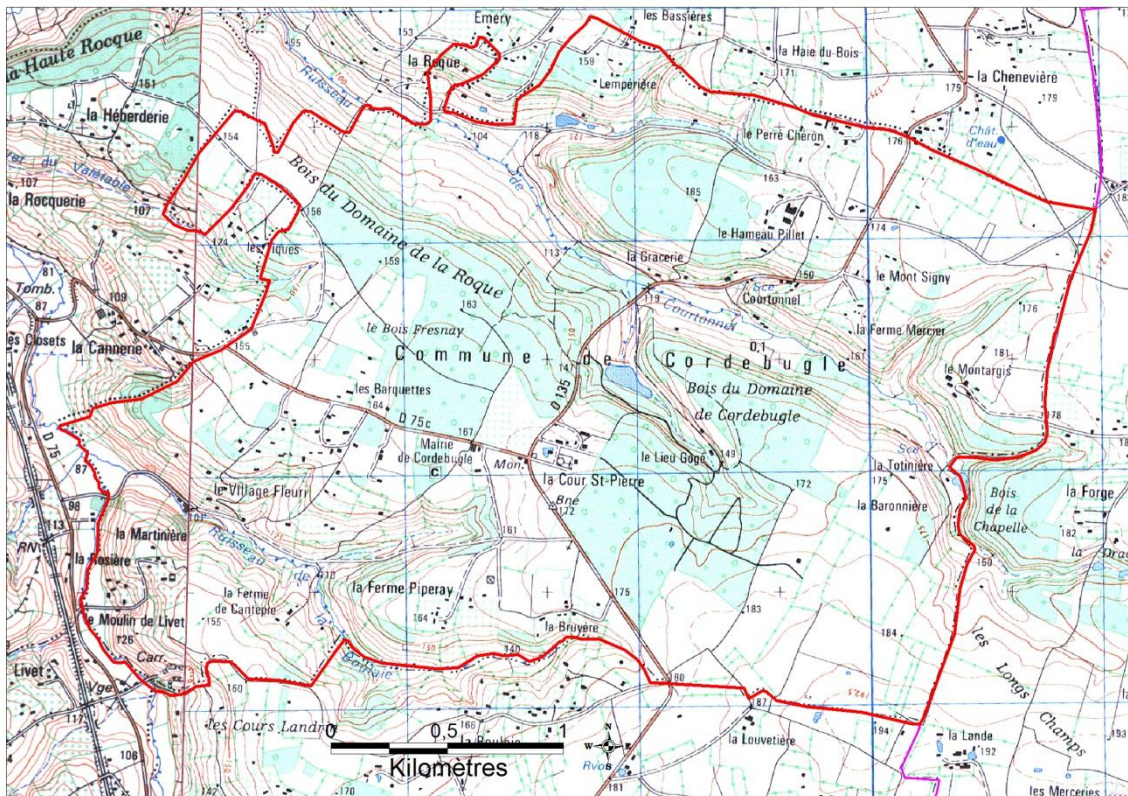


Illustration 2 : Cordebugle (Calvados). Extrait du scan25 ©IGN

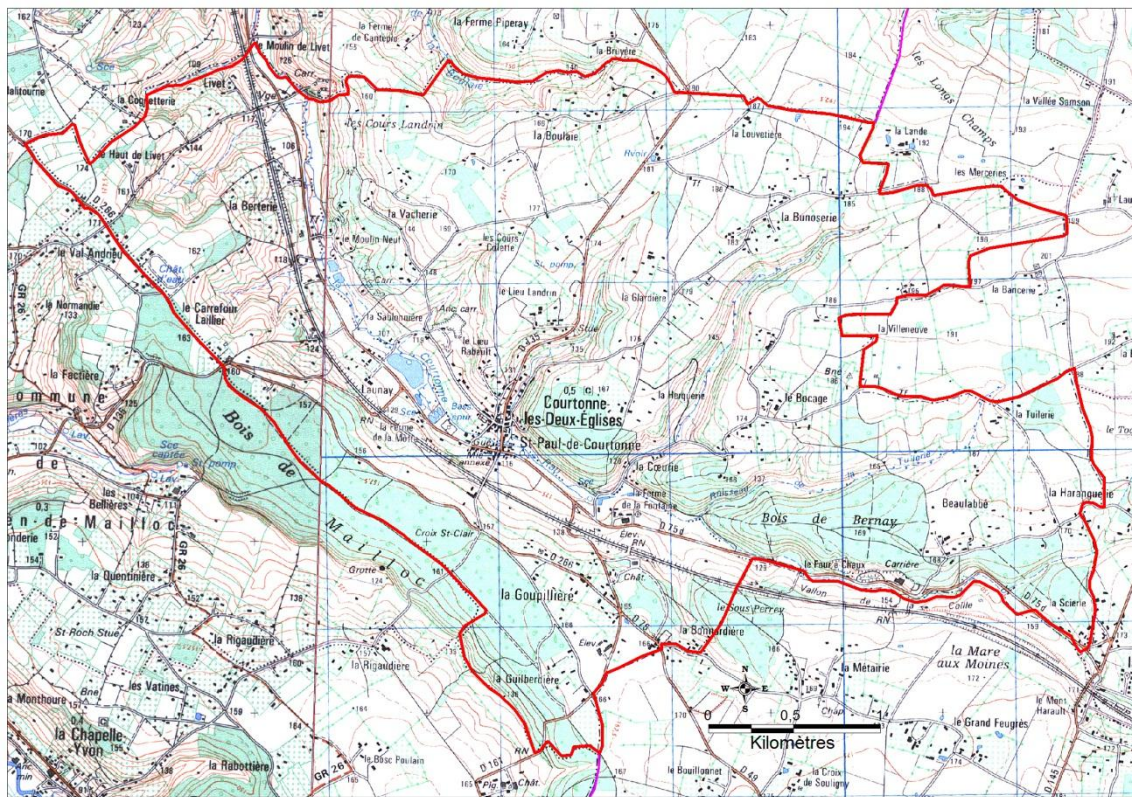


Illustration 3 : Courtonne-les-Deux-Eglises (Calvados). Extrait du scan25 ©IGN

D'un point de vue géomorphologique, l'érosion par ruissellement, accompagnée d'une légère surrection a incisé les plateaux crayeux en vallées à fond plat ou en auge dans lesquelles circulent de petits ruisseaux, affluents de la Courtonne. Ces vallées présentent par endroits des versants abrupts, favorisant les phénomènes gravitaires. L'altitude moyenne des plateaux avoisine les 190m (NGF), tandis que l'altitude moyenne des vallées avoisine la centaine de mètre.

b) Contexte géologique

Les plateaux crayeux qui entourent les communes de Courtonne-les-Deux-Eglises et de Cordebugle sont essentiellement formés par la craie glauconieuse du Cénomaniens (noté c1G, en vert foncé sur la carte, illustration 6 ; coupe en illustration 4) sur laquelle repose le faciès limono-argileux de la Formation résiduelle à silex (notée RS), liée à la décalcification des craies du Crétacé Supérieur. La partie supérieure de la craie cénomaniens est parfois complètement décarbonatée, altérée, pour former un faciès très argileux, verdâtre : l'argile verte de décarbonatation de la craie (notée Ac, en vert clair sur la carte).

L'incision des vallées a permis de mettre à jour les formations sous-jacentes du Crétacé inférieur, caractérisées par la glauconitite de la Glauconie de base de l'Albien (noté n6, en vert foncé sur la carte) et exceptionnellement par les faciès argilo-sableux de l'Aptien (noté n5, en jaune sur la carte). Ces formations reposent en discordance sur les faciès sableux de l'Oxfordien supérieur, caractérisés par le faciès des Sables de Glos, autrefois très exploités (noté j7, en bleu sur la carte) au sommet desquelles il est possible, dans d'anciennes sablonnières, d'observer un niveau argileux gris correspondant aux argiles de Villerville.

Cette alternance en « mille-feuilles » de couches tantôt imperméables, tantôt perméables constitue un facteur aggravant pour les phénomènes de glissements en masse et les instabilités de versants.

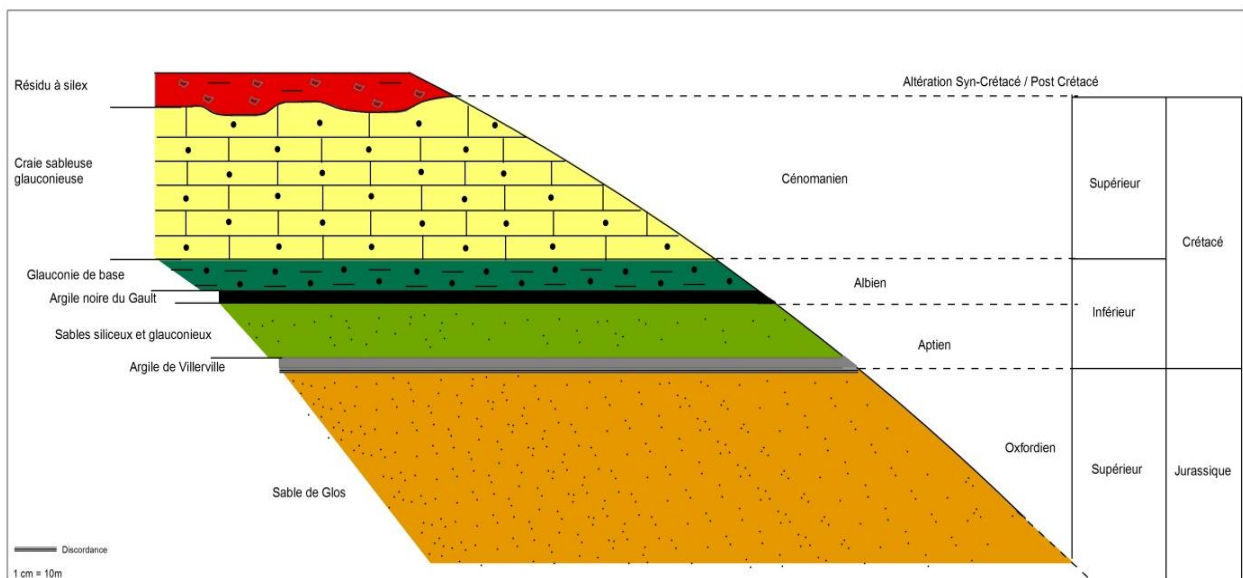


Illustration 4 : Coupe géologique schématique du secteur de Cordebugle et Courtonne-les-deux-Eglises

D'un point de vue structural, une faille non visible à l'affleurement, orientée NW-SE traverse le centre-bourg de la commune de Courtonne-les-Deux-Eglises. La commune de Cordebugle n'est concernée par aucun accident.

Les communes de Courtonne-les-Deux-Eglises et de Cordebugle sont situées à la jonction entre deux cartes géologiques au 1/50 000 (©BRGM): feuille n°147 (Livarot) et n°148 (Bernay).

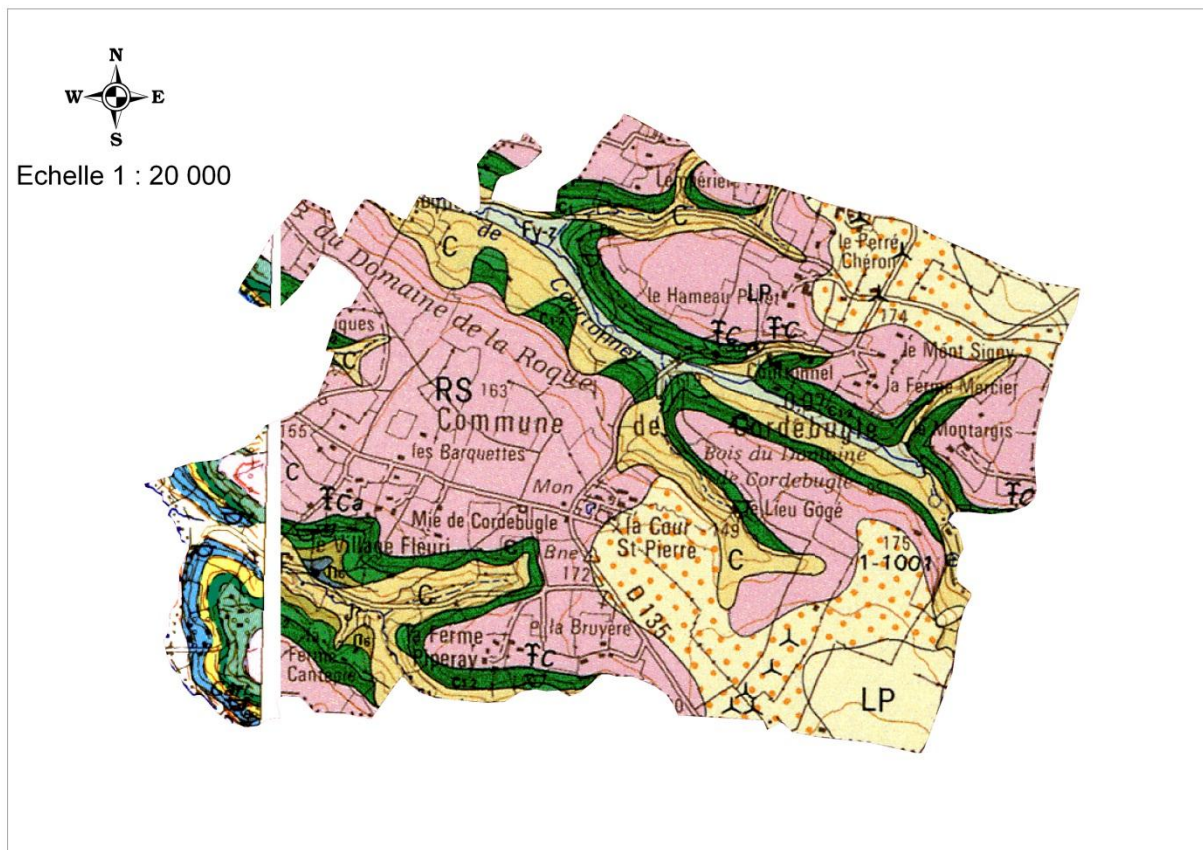


Illustration 5 : Géologie de Cordebugle. Extrait des cartes géologiques au 1 :50 000 de Livarot (147) et Berney (148). ©BRGM

c) Contexte hydrologique et hydrogéologique

La partie est de la carte de Livarot, qui comprend les communes de Courtonne-les-Deux-Eglises et Cordebugle est située dans le bassin versant de la Touques, qui reçoit les eaux de l'Orbiquet, dont la Courtonne est l'affluent principal.

D'un point de vue hydrogéologique, l'aquifère principal est celui de la craie du Cénomanién. La Glauconie de base de l'Albien constitue le plancher imperméable de cet aquifère qui peut être localement renforcé par l'Aptien argileux. L'aquifère de la craie est donc libre et perché. La formation résiduelle à silex qui couvre les formations crayeuses constitue une protection naturelle contre les pollutions. Les fluctuations de la nappe de la craie du Cénomanién est mesurée grâce à de nombreux piézomètres répartis en Haute et Basse Normandie. Deux stations d'enregistrement sont situées dans les environs de notre zone d'étude : la station de Saint-Mards-de-Fresnes (point BSS n°01482X0055/P) et la station d'Auquainville (point BSS n° 01473X0087/S).

Un autre aquifère est situé dans les formations calcaires de l'Oxfordien Supérieur. Bien qu'absente dans notre zone d'étude, cet aquifère est suivi par la station piézométrique de Glos, situé à environ 5 km au nord-ouest de Cordebugle (point BSS n°01474X0074/F).

d) Contexte climatique

D'après la notice de la carte géologique de Livarot le climat est de type océanique humide et tempéré. La température inter-annuelle est de 10.2°C. La température minimale (moyenne mensuelle) se situe en janvier et février (4.3°C), et la température maximale en juillet (17°C). Les précipitations annuelles dans les alentours de Lisieux (situé à 15 km de Courtonne-les-Deux-Eglises et Cordebugle) sont de l'ordre de 809 mm. Les pluies les plus faibles se situent en été (août = 56 mm), et les pluies les plus importantes ont lieu en automne (novembre = 94 mm).

2.1.2. Pervenchères

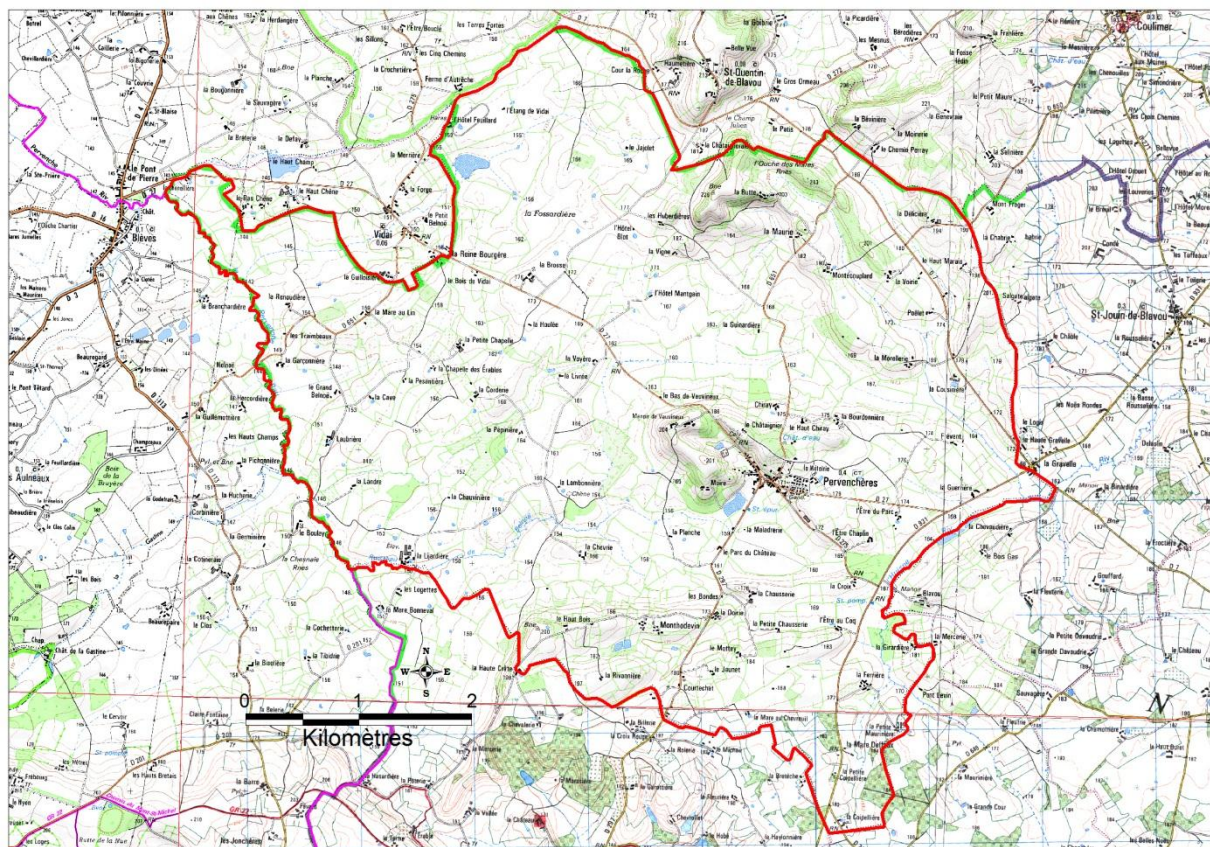


Illustration 6 : Pervenchères (Orne). Extrait du scan25 ©IGN

a) Contexte géographique et géomorphologique

La commune de Pervenchères se situe à la limite sud du département de l'Orne, à la limite avec la Sarthe (région Pays-de-la-Loire), dans la région géographique du Perche ornais.

D'un point de vue géomorphologique, le village de Pervenchères se situe sur les flancs d'une importante butte-témoin, morphologie typique des zones soumises à une érosion différentielle.

Cette butte-témoin est au centre d'un alignement NNE-SSW de deux autres buttes, Elles constituent les restes isolés d'un large plateau crayeux que l'on retrouve au nord-est, érodé par ruissellement par les eaux de l'Huisne, de la Sarthe et de leurs affluents. Le point culminant de la butte de Pervençhères est 201 mètres (NGF), tandis que la rivière de l'Huisne s'écoule dans une vallée aux altitudes proches de 160 mètres.

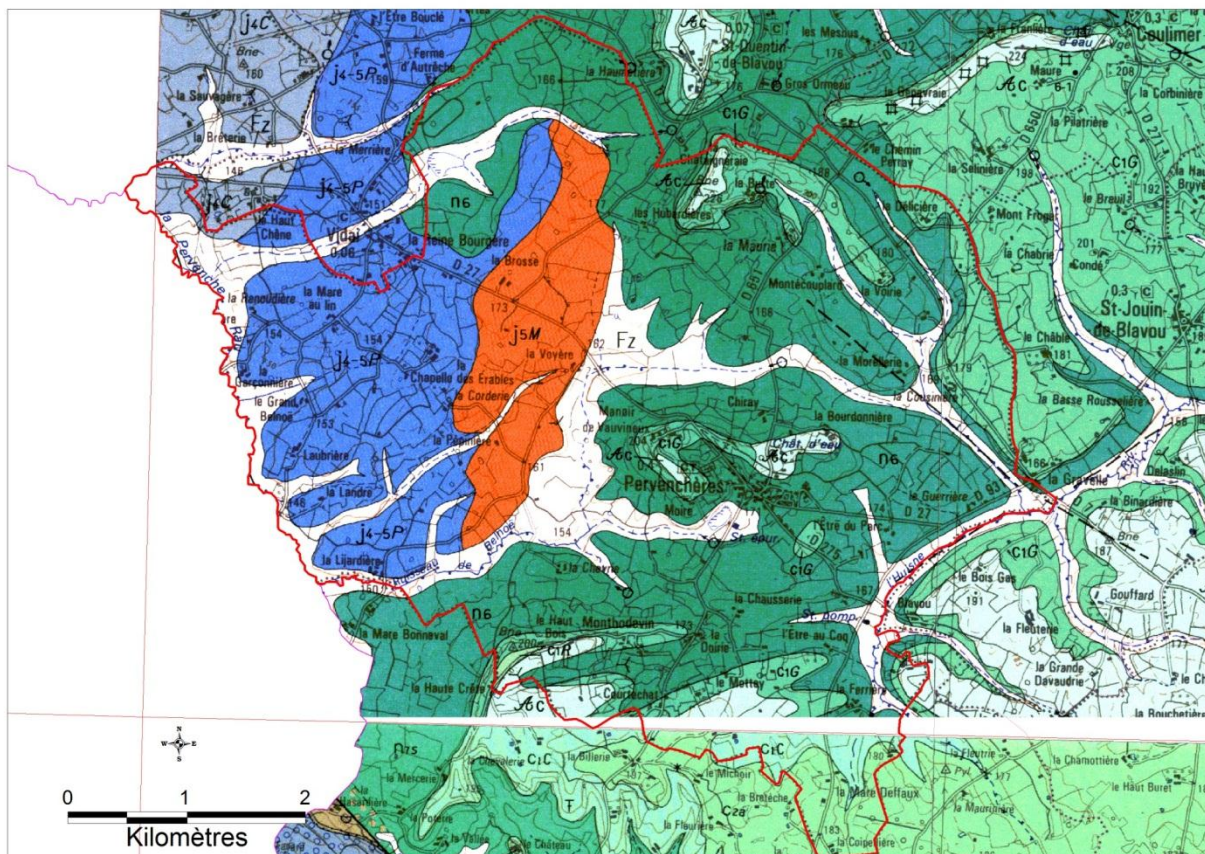


Illustration 7 : Géologie de Pervençhères. Extrait de la carte au 1 :50 000 de Mortagne-au-Perche (252). ©BRGM

b) Contexte géologique

Les buttes-témoin résultent de l'érosion d'un ancien plateau sédimentaire constitué des faciès du Cénomaniens : les faciès crayeux (craie glauconieuse du Cénomaniens Inférieur, noté c1G et craie de Rouen du Cénomaniens Moyen, noté c1R, en vert sur la carte, illustration 8) puis les faciès sableux des Sables du Perche (Cénomaniens Supérieur). Cet ensemble est parfois surmonté par les craies marneuses du Turonien (partie est de la feuille de Mortagne-au-Perche). Le sommet du plateau est constitué par les faciès d'altération de la « Formation résiduelle à silex ». La butte-témoin de Pervençhères est constituée des craies glauconiennes du Cénomaniens Inférieur sur lesquelles reposent parfois des dépôts résiduels argileux issus de la décarbonatation de la craie (argile verte de décarbonatation de la craie, noté Ac, en bleu-vert sur la carte). Cet ensemble repose en concordance sur le niveau sableux très glauconieux dit « Glauconie de base » de l'Albien supérieur. Sur la commune de Pervençhères, l'érosion a permis de dégager les assises jurassiques du Callovien supérieur (faciès sablo-silteux de l'Assise des Carreaux, faciès marneux des Marnes à Pernes) sur lesquelles reposent le faciès de l'Oxfordien inférieur (Sables roux ferrugineux de Mortagne). Les ensembles crétaqués

reposent en discordance sur les terrains jurassiques. Les fonds des vallées situées autour de la butte-témoin sont constitués d'alluvions et des formations fluvio-palustres holocènes.

D'un point de vue structural, il n'y a aucune faille visible sur la commune de Pervençères, les premiers accidents étant situés à une dizaine de kilomètres au nord-est, vers la ville de Mortagne-au-Perche.

Le territoire de Pervençères est couvert par la carte géologique au 1/50 000 (© BRGM) : feuille n° 252 (Mortagne-au-Perche).

c) Contexte hydrologique et hydrogéologique

Les points bas de la commune de Pervençères correspondent à d'anciens marais, actuellement asséchés pour l'agriculture. D'un point de vue hydrologique, le territoire de Pervençères est drainé par de petits ruisseaux. L'Huisne et la Pervenche sont les principaux cours d'eau du territoire de Pervençères. La Pervenche marque la frontière avec la région Pays-de-la-Loire.

D'un point de vue hydrogéologique, d'après la notice de la carte géologique de Mortagne-au-Perche, l'aquifère majeur exploité dans la région est celui du Cénomaniens inférieur et moyen (Craie glauconieuse – Craie de Rouen). Cet aquifère est essentiellement exploité pour l'alimentation en eau potable.

d) Contexte climatique

D'après la notice de la carte géologique de Mortagne-au-Perche, la région de Pervençères est soumise à un climat océanique, humide et tempéré. Cependant, on note une continentalité du climat, qui se traduit par des hivers un peu plus rigoureux (janvier = 6.4°C) et des gelées plus fréquentes et plus tardives. Les températures estivales restent modérées (juillet = 23.3°C) mais les jours de chaleur sont deux à trois fois plus nombreux que sur le littoral.

La moyenne interannuelle des hauteurs de pluies qui tombent sur la région est comprise entre 700 et 750 mm.

2.1.3. Condeau

a) Contexte géographique et géomorphologique

La commune de Condeau se situe à l'extrémité sud-est du département de l'Orne, à la limite avec le département de l'Eure-et-Loir (région Centre), dans la région géographique du Perche ornais.

La topographie de cette partie du Perche consiste en une série de buttes-témoin (pouvant atteindre des altitudes de 270m NGF) alignés selon une orientation SW-NE surmontant le plateau crayeux situé à une altitude moyenne d'environ 200 m. Ce plateau est creusé par de profondes vallées (jusqu'à 100 m dans la vallée de l'Huisne) aux versant parfois très abrupts. Cette morphologie est liée aux formations géologiques sous-jacentes, caractérisées par une alternance entre des couches dures et des couches plus tendres.

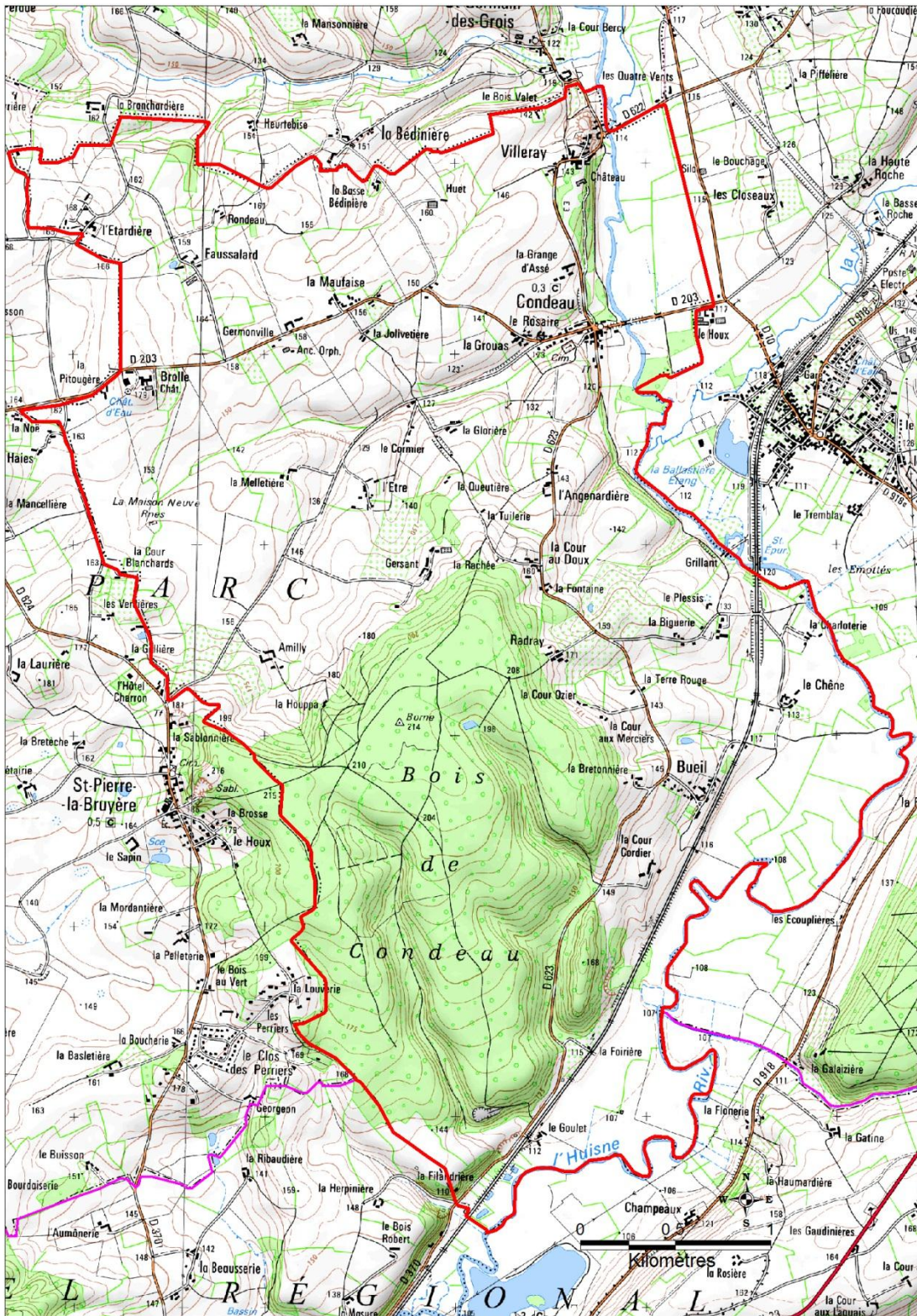


Illustration 8 : Condeau (Orne). Extrait du scan25 ©IGN

cette zone, surmontés par le Résidu à silex (noté RS, en jaune sur la carte, illustration 10) ainsi que des dépôts de limons de plateaux. Cette couverture de Résidu à silex limite l'érosion des sables pourtant très sensibles aux phénomènes érosifs. Cet ensemble repose sur les strates cénomaniennes supérieures de la Craie glauconieuse de Rouen, déposées sur une couche de gaize. La partie supérieure des craies est constituée d'un faciès argileux lié à la décarbonatation de la craie (noté Ac, en vert clair sur la carte). Ces séries du Cénomaniens supérieur reposent en discordance sur les sables verts très glauconieux de l'Albien supérieur, non visibles à l'affleurement sur la commune de Condeau. Les formations quaternaires sont présentes sur la commune sous forme d'alluvions récentes (fond de vallée de l'Huisne), ainsi que d'alluvions de basse, moyenne et haute terrasse, témoins de l'enfoncement progressif de l'Huisne. Les versants pentus de la rive ouest de l'Huisne présentent parfois des formations hétérogènes de pente issues des argiles à silex et des sables du Perche.

Le territoire de Condeau est couvert par la carte géologique au 1/50 000 (©BRGM) : feuille n°289 (Nogent-le-Rotrou).

c) Contexte hydrologique et hydrogéologique

D'après la notice de la carte géologique de Nogent-le-Rotrou, la commune de Condeau est située à la limite entre les deux bassins versants de l'Huisne et du Loir. La partie sud du territoire de la commune correspond à celui de l'Huisne.

D'un point de vue hydrogéologique, deux nappes cénomaniennes constituent l'essentiel de la ressource en eau. L'aquifère des Sables du Perche, alimenté essentiellement par un apport latéral puisque la couverture du Résidu à silex, imperméable, limite l'infiltration verticale. Cette nappe alimente de nombreuses sources exploitées. D'autres sources non captées provoquent la formation de zones humides dans lesquelles les sols sont engorgés en permanence. L'épaisseur des Sables du Perche permet une très bonne qualité des eaux.

L'aquifère de la craie de Rouen et de la gaize constitue un réservoir important. Il repose sur les sables verts glauconieux du Crétacé Inférieur. Les exutoires sont nombreux, captés ou non.

d) Contexte climatique

Le bassin de l'Huisne, à l'abri du Massif Armoricain, est en limite orientale de la zone océanique : on note donc un climat océanique à tendance continentale. La commune de Condeau reçoit en moyenne 750 mm par an avec une augmentation de la pluviométrie sur les reliefs (850 mm). Les mois les plus humides sont novembre et décembre et les pluies faiblissent au printemps et en été avec un mois d'août sec, correspondant aux périodes d'orages dans le Perche. Les mois les plus secs correspondent aux périodes d'étiage des cours d'eau

3. Notions théoriques simplifiées

3.1. LA DYNAMIQUE DES GLISSEMENTS DE TERRAIN

3.1.1. Définition

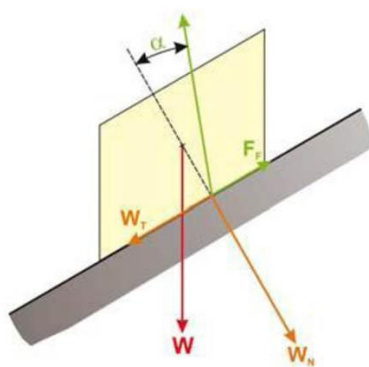
Un glissement de terrain correspond à un déplacement, généralement lent (quelques millimètres par an à quelques mètres par jour) sur une pente, le long d'une surface de rupture dite surface de cisaillement, d'une masse de terrain cohérente, de volume et d'épaisseur variables : quelques m^3 dans le cas du simple glissement de talus ponctuel à quelques millions de m^3 dans le cas d'un mouvement de grande ampleur pouvant concerner l'ensemble d'un versant (Rivet et al., 2011).

3.1.2. Les mécanismes de versant

La stabilité des versants est un rapport de force entre cohésion et gravité:

- ➔ la cohésion (force résistante), qui est la force d'attraction qui permet aux particules du sol de se maintenir reliées les unes aux autres,
- ➔ la gravité (force motrice), c'est-à-dire la force qui attire les corps vers le centre de la terre.

Autrement dit, un versant est stable lorsque la cohésion du sol est plus importante que la contrainte exercée par la gravité. Lorsque ce rapport s'inverse, le seuil de stabilité est dépassé et le déséquilibre se manifeste par un départ en masse de matériaux, correspondant à un glissement de terrain.



Principe de base (schématique)

Un objet posé sur un plan est soumis :

- à une force motrice W_T (composante parallèle au plan de son poids W) ;
- à une force résistante F_f (composante parallèle au plan du frottement entre l'objet et le plan).

F_f est proportionnelle au produit :

- de la composante perpendiculaire au plan W_N du poids de l'objet ;
- et de la tangente de l'angle de frottement α entre l'objet et le plan.

Lorsque $W_T > F_f$ l'objet glisse sur le plan

Lorsque $W_T < F_f$ l'objet est fixe

Lorsque $W_T = F_f$ l'objet est en équilibre limite

Dans la nature les glissements de terrain peuvent se produire sur des surfaces de rupture : planes, circulaires, complexes.

Illustration 10 : Schéma de principe de stabilité d'un versant soumis aux glissements de terrain (Rivet et al., 2011)

Les modifications apportées au milieu, qu'elles soient anthropiques ou naturelles, jouent en faveur de l'une des deux forces et influencent la stabilité des versants. En cas de déséquilibre induit, on parlera alors de facteur déclenchant.

3.2. FACTEURS INTERVENANTS DANS LA MISE EN PLACE DES GLISSEMENTS DE TERRAIN

3.2.1. Facteurs de prédisposition

Ils constituent les éléments de paysages façonnés tout au long de l'histoire géologique. Ce sont ces facteurs qui définissent la susceptibilité d'un versant à être soumis au non au phénomène de glissement de terrain. On citera :

- **Le facteur géologique**

La mise en place de glissements de terrain s'effectue en présence de matériaux meubles et/ou plastiques. Les terrains susceptibles seront donc constitués d'une ou plusieurs couches conséquentes de sables et surtout de formations argileuses.

La disposition des couches jouera aussi un rôle important. En effet, si une couche argileuse plastique est surmontée de niveaux perméables aquifères, elle sera davantage soumise à une humectation et donc plus susceptible au phénomène de glissement de terrain.

- **Facteur géomorphologique**

Il s'agit ici essentiellement de la pente, qui est liée aux processus de façonnement du paysage, et notamment à l'incision des plateaux par les cours d'eau, qui a eu pour conséquence de générer des déséquilibres sur les versants.

L'historique climatique du versant, et notamment les périodes froides du Quaternaire, jouent aussi un rôle important de par les dépôts superficiels qui ont pu être mis en place sous climat froid ou tardi-glaciaire, ainsi que des phénomènes d'altération et de décompression facilitant par la suite la déstabilisation des matériaux sur les versants.

3.2.2. Facteurs de déclenchement

La mise en mouvement des matériaux est liée à un changement des conditions de stabilité qui peut avoir plusieurs origines, combinées ou non. Ainsi, les facteurs naturels favorisant le déclenchement d'un événement sont nombreux. On citera :

- Les événements pluvieux ou la fonte des neiges (augmentation des pressions hydrostatiques). Il apparaît que la présence d'une quantité importante d'eau dans des terrains en pente à composante argileuse est le principal facteur de déclenchement de glissements de terrain ;
- Certaines alternances climatiques brutales. Il s'agit notamment d'une alternance entre une période de sécheresse, entraînant des fentes de dissection dans les matériaux argileux, et une période orageuse, pouvant amener d'importantes quantités d'eau ;
- Les séismes. Bien que la région soit peu concernée, l'occurrence d'un séisme peut modifier les équilibres dans une pente et générer un glissement de terrain ;

On notera aussi que des facteurs anthropiques peuvent générer des glissements de terrain. C'est notamment le cas dans les milieux de bas plateaux du nord de la France, fortement urbanisés ou artificialisés. On citera parmi les causes anthropiques :

- Le terrassement. Des décaissements non contrôlés peuvent supprimer une butée pouvant être la cause du déclenchement de glissements de terrain ; ça peut être aussi le cas d'apport de masses importantes en tête de versant à l'équilibre précaire ;
- L'apport d'eau. La non maîtrise des eaux à l'échelle d'un versant peut amener une concentration en certains points, favorisant le déclenchement d'instabilités ;
- Le déboisement. Les forêts jouent un rôle important dans l'évapotranspiration et ont donc tendance à empêcher la saturation des sols en eau. Par ailleurs, dans une moindre mesure, les racines des arbres de haut jet ont tendance à maintenir les couches superficielles. Un déboisement peut amener une modification non négligeable des conditions d'équilibre d'un versant.

3.3. LES DIFFERENTS TYPES DE GLISSEMENT

On peut distinguer plusieurs types de glissement en fonction de la géométrie et de la surface de rupture :

- Le glissement circulaire ou rotationnel,
- Le glissement translationnel ou plan,
- Le phénomène de fluage

3.3.1. Les glissements rotationnels

Dynamique générale

Il s'agit de la forme la plus classique et la plus spectaculaire de glissement de terrain. La surface de glissement est concave (loupe de glissement) et la cicatrice d'arrachement admet généralement une forme circulaire. Ils peuvent concerner des épaisseurs très importantes, même en milieu de bas plateau où l'on rencontre souvent des cicatrices d'arrachement de plusieurs dizaines de mètres de hauteur. Les matériaux concernés par les loupes de glissements sont des roches peu cohérentes à dominante argileuse.

Leur mise en place se fait souvent après une accumulation d'eau dans des terrains à la stabilité précaire. Le plus souvent, leur mise en place est facilitée par un niveau aquifère surmontant un niveau argileux imperméable.

Ce type de glissement se décompose souvent en deux parties : la partie supérieure, directement impactée par la loupe de glissement : masse glissée conservant généralement tout ou partie de la stratigraphie initiale et formant le plus souvent une contrepenne ; la partie aval appelée coulée de débris. Le déclenchement du glissement libérant l'eau accumulée dans les matériaux sus-jacents, une coulée de matériaux désordonnés flue sur le versant.

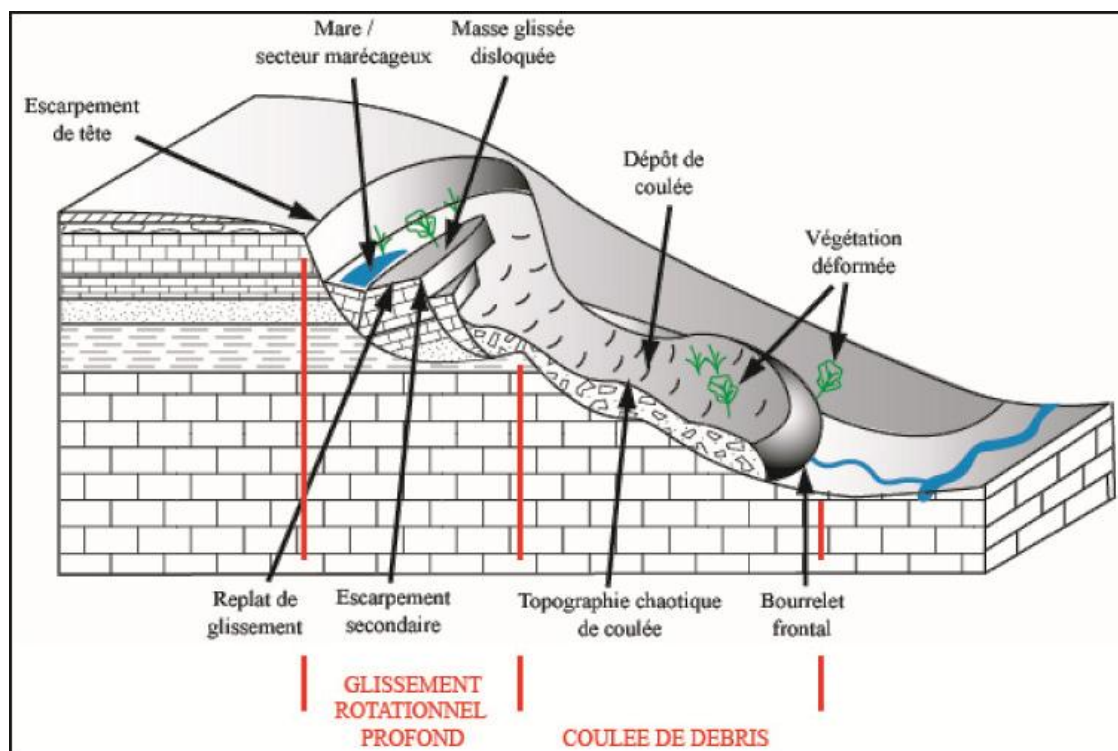


Illustration 11 : Schéma descriptif d'un glissement rotationnel

Les vitesses de ce type de glissement vont de plusieurs centimètres à plusieurs mètres par jour. Il faut souvent plusieurs dizaines d'années après le déclenchement avant d'observer une stabilisation précaire.

Les formations concernées sont donc : en partie supérieure, des masses glissées ayant conservé une partie de la stratigraphie locale ; en partie inférieure, des matériaux désordonnés, de toute taille (dépendant de la lithologie initiale), le plus souvent dans une matrice argileuse très plastique.

Il faut noter que les glissements de ce type qui se sont produits avant le dernier maximum glaciaire sont encore visible dans le paysage et peuvent être repris, au moins en partie par les glissements holocènes.

On distinguera deux types de glissement rotationnels :

- Les glissements gravitaires profonds, qui impactent souvent l'ensemble du versant et dont le plan de glissement se trouve en profondeur dans la géologie argileuse en place. La profondeur de ces glissements dépasse souvent une dizaine de mètres ; Ils affectent les terrains meubles, mais aussi les terrains cohérents sus-jacents.
- Les glissements rotationnels « classiques ». De taille plus réduite, ils affectent essentiellement les terrains meubles. Ils peuvent donc se produire dans les terrains argileux en place, mais aussi dans des terrains déjà glissés. Ils se différencient aussi des glissements rotationnels profonds par les dimensions et les volumes mobilisés. Ils concernent en effet généralement des surfaces ne dépassant pas quelques centaines de m², pour une épaisseur ne dépassant pas quelques mètres.

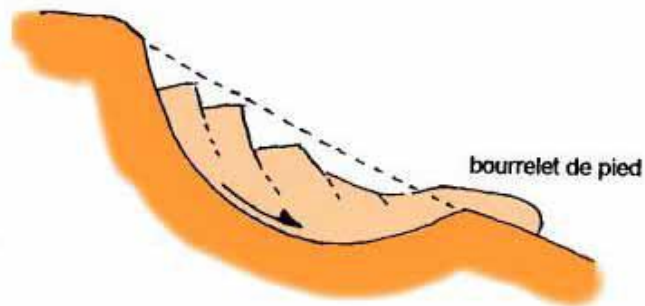


Illustration 12 : Coupe schématique simplifiée d'un glissement rotationnel classique

Mouvements de référence dans le cadre de l'étude

- **Glissement gravitaire profond : glissement du Moulin de Livet, commune de Cordebugle**

Il s'agit d'un glissement rotationnel ayant impacté l'ensemble du versant au cours du Quaternaire. Il est aujourd'hui en état d'équilibre très précaire, admettant de nombreux signes d'instabilité (moutonnements notamment) dans sa coulée, et ayant rejoué récemment (2001) dans sa partie supérieure.

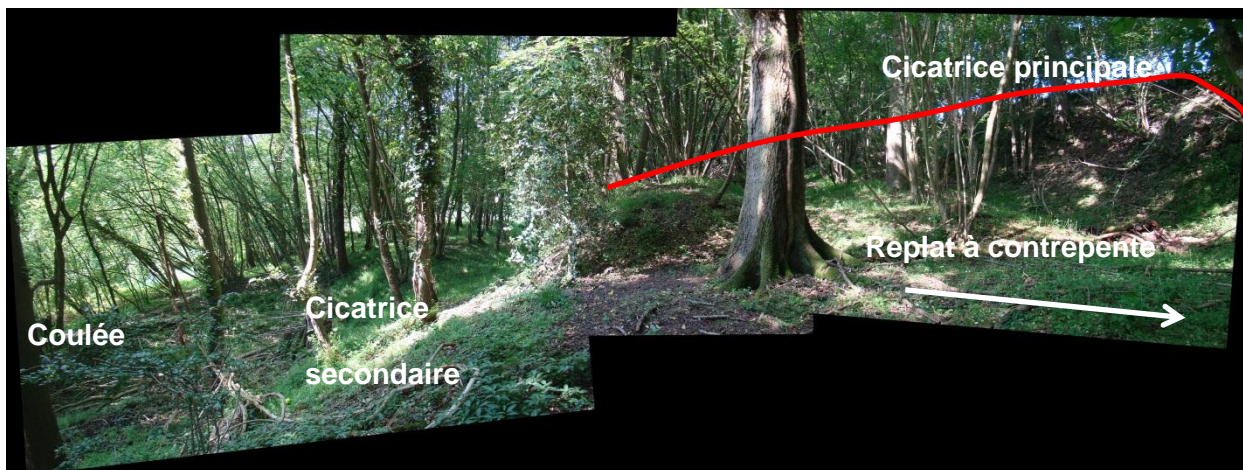
Ce glissement illustre très bien la problématique liée aux glissements rotationnels de grande ampleur s'étant produits durant l'Holocène, à savoir leur difficulté à se stabiliser. En effet, ce glissement originel, pour lequel on ne retrouve pas de trace en archive, s'est probablement produit il y a plusieurs centaines, voire milliers d'années. Il est aujourd'hui toujours dans un équilibre très précaire et à la merci d'éléments déclencheurs, même de faible ampleur (conditions climatiques, léger terrassement).



Illustration 13 : Vue en plan du phénomène. En orange le glissement originel, probablement déjà réactivé par le passé, en marron, sa réactivation de 2001.

- **Glissement rotationnel classique : réactivation du glissement dit de « la Vacherie » à Courtonne-les-deux-Eglises**

Il s'agit ici de la réactivation sous forme rotationnelle d'un glissement gravitaire profond. Ce glissement, qui impacte quelques Ha de terrain, essentiellement en forêt, était toujours actif lors de nos visites sur le terrain.



3.3.2. Les glissements translationnels (ou plans)

Dynamique générale

Ils impactent des roches peu cohérentes, argileuses. Leur surface de décollement est plane. Ils se déclenchent le plus souvent au niveau d'une zone de discontinuité entre deux matériaux de nature différente. Leur vitesse d'avancement est lente (plusieurs centimètres à plusieurs mètres par jour) et variable dans le temps. Ils sont souvent peu profonds (quelques mètres au maximum).

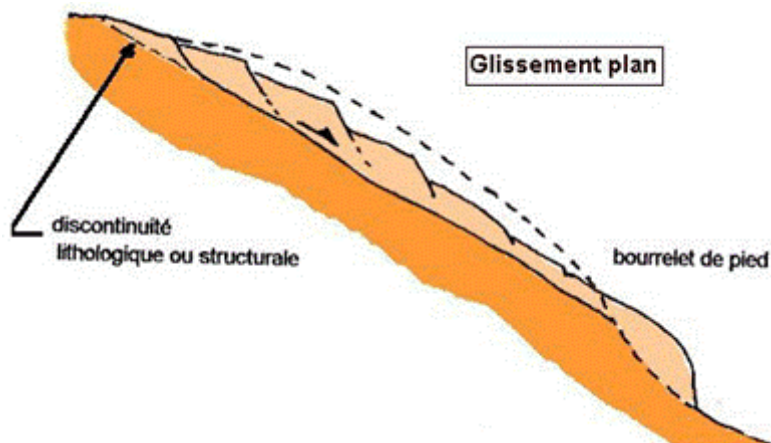


Illustration 14 : Coupe schématique simplifiée d'un glissement plan

Contrairement aux glissements rotationnels, ils impactent le plus souvent une seule lithologie. Aussi, dans la partie supérieure, il est difficile de différencier la masse glissée de la lithologie en place, si ce n'est au niveau du tassement des matériaux ou des formes visibles.

Dans la partie inférieure, il s'agit d'une coulée de matériaux généralement fins, se comportant comme un fluide, venant recouvrir les formations sous-jacentes, qui forme un bourrelet frontal bien caractéristique.

Mouvement de référence dans le cadre de l'étude

Au cours de cette étude s'est produit dans la région un glissement translationnel de grande ampleur sur la commune de Bellou-sur-Huisne (61). Bien que cette commune ne fasse pas partie des quatre étudiées, elle est située à moins de 10 km de Condeau et admet un contexte géologique que l'on peut rapprocher de ceux étudiés lors de cette phase de l'étude. Ce glissement a donc été considéré comme référence.

• Contexte géologique

D'après la carte géologique de la France au 1/50 000, feuille de Mamers (n°288, *P.Juignet et A. Lebert., 1986*), quatre formations se superposent à proximité de la zone d'étude, et sont mises à jour sur le versant, avec de bas en haut :

- les calcaires à Astrates de l'Oxfordien supérieur (j6a). Ils se présentent sous forme d'un banc de calcaires marneux ou argileux à la base, puis de calcaire silteux en bancs massifs. La partie supérieure est plus sableuse. L'épaisseur de cette formation est de l'ordre de 10 à 15 m.
- Les sables et grès de l'Ormoie (j6b). Cette formation détritique ne montre pas de discontinuité majeure avec la partie supérieure des calcaires à Astrates sous-jacents. Leur épaisseur est de l'ordre de 3 m au niveau de la zone d'étude.
- La glauconie à *Ostrea vesiculosa* de l'Albien supérieur (n7). Cette formation épaisse d'une dizaine de mètres repose en discordance sur les formations de l'Oxfordien sous-jacents. Elle présente un caractère très plastique et gonflant en cas d'humectation.
- La craie glauconieuse de Saint-Jouin du Cénomanién inférieur (c1c). Elle est constituée d'une craie blanche très riche en grains de glauconie. La partie supérieure présente un faciès de craie très altérée, marneuse, toujours très riche en glauconie, et présentant des bancs glauconieux complètement décarbonatés, mais toujours indurés.

• Description du phénomène

Le phénomène s'est déclenché en octobre 2012, suite à de forts cumuls de précipitations et a fortement évolué durant les 6 mois qui ont suivi, toujours dans un contexte très pluvieux.

On observe un arrachement sommital pseudo-rectiligne sur environ 250 m de largeur. Son rejet varie entre 1 et 2 m selon les endroits.

En aval de la cicatrice principale, se trouve une forme de graben sur presque toute la largeur du glissement, c'est-à-dire une zone de replat affaissée qui vient buter contre un bloc remonté à l'aval.

A l'aval de cette forme se trouve une coulée de débris, se comportant comme un fluide, qui admet des formes de moutonnement dans les prairies de la partie inférieure du versant, et qui se termine par un bourrelet frontal très net sur l'ensemble de la largeur. Il faut noter que dans un premier temps la coulée s'engouffrait uniquement dans un vallon et s'est élargie à l'ensemble de l'emprise du glissement quelques mois après la mise en mouvement, sans doute en lien avec l'eau libérée dans le glissement. Dans le vallon, une forme de coulée ancienne

était déjà visible avant la mise en mouvement des terrains du mois d'octobre 2012, ainsi qu'un abrupt était quelques mètres en aval de l'arrachement sommital.

La longueur totale du phénomène est d'environ 150 m, soit un glissement beaucoup plus large que long, ce qui est assez rare.

Il faut noter que l'arrachement sommital se trouve à une dizaine de mètres d'une maison d'habitation et qu'il a déjà mis en péril deux dépendances.

• Interprétation

Les instabilités observées sont la conséquence d'un glissement de terrain de type translationnel (ou plan) affectant l'ensemble d'un versant (illustration 15). L'amont est constitué d'un arrachement principal, impactant un jardin et d'approchant d'une maison d'habitation, tandis que l'aval est marqué par un bourrelet frontal qui impacte la partie inférieure du versant sur toute la largeur du glissement.

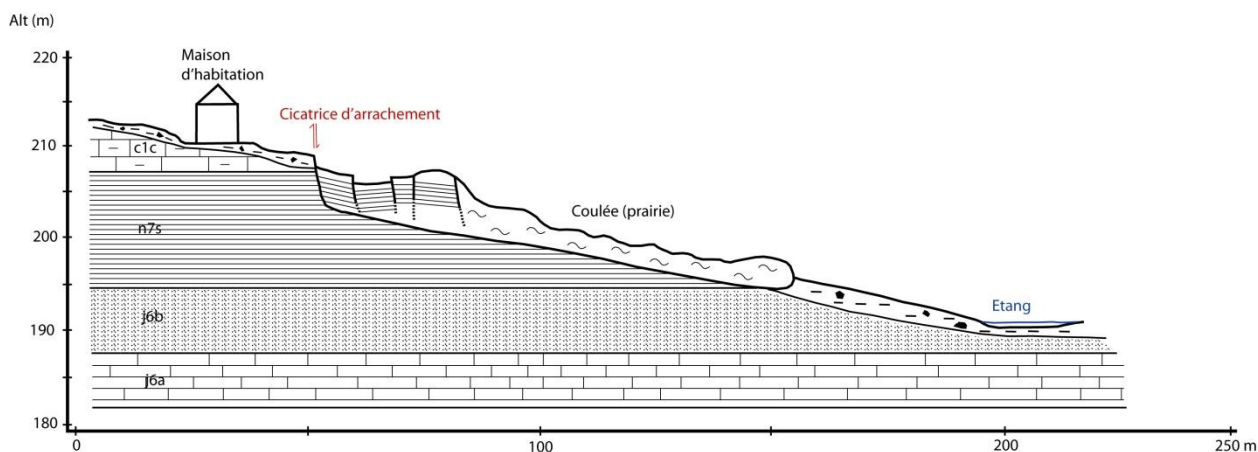


Illustration 15 : Coupe schématique du glissement de Bellou-sur-Huisne

Il s'agit d'une réactivation probable d'un ou plusieurs glissements ayant été actifs au cours de l'Holocène.

Ce versant présente des prédispositions au développement de glissements de terrain, avec la présence d'une épaisse couche d'argiles glauconieuses (glauconie de base, n7s), très plastique et très humide, surmontée d'une couche de craie cénomaniennes (c1c), aquifère, dont la nappe alimente quasi-continuellement en eau les argiles sous-jacentes, expliquant la présence d'une ligne de sources au contact de ces deux formations.

L'élément déclencheur de ce glissement est la pluviométrie particulièrement soutenue du mois d'octobre 2012 qui a généré une trop forte augmentation des pressions interstitielles dans la frange supérieure décomprimée de la formation à glauconie.

Les précipitations intenses se sont poursuivies tout au long de l'hiver et sont venues alimenter en eau la zone déstabilisée et déjà très humide, ce qui explique la forte évolution constatée.

Sans la réalisation de travaux lourds de drainage et de stabilisation de l'amont du versant, ce glissement sera probablement actif durant plusieurs années avant de trouver un équilibre précaire.

3.3.3. Le fluage

- **Description**

Le fluage est un phénomène de déformation lente à rapide, sous sollicitation permanente constante, qui affecte des matériaux déstructurés et/ou plastiques, même lorsque la pente est très faible (*Zornette et al.*, 2006). Ces matériaux sont souvent ceux de coulées de glissements profonds antérieurs, ou les couches géologiques les plus plastiques (de type Glauconie pour ce qui concerne les terrains faisant l'objet de cette étude). Le matériau évolue tel un fluide visqueux et, en fonction de sa teneur en eau, se déforme plus ou moins rapidement.

- Le fluage lent :

Le fluage lent (quelques millimètres par an) n'engendre généralement que des déformations « souples », sans rupture visible. En forêt, les arbres peuvent être courbés. Dans les prairies, le terrain peut prendre un aspect « moutonné ». Ces déformations lentes peuvent tout de même parfois être dommageables en milieu urbanisé.

- Le fluage rapide :

Le fluage rapide (quelques millimètres à quelques mètres par jour) résulte de la fluidification d'un sol déstructuré lorsque la quantité d'eau infiltrée dépasse un seuil critique. On peut l'associer aux coulées de débris résultant des glissements rotationnels ou des glissements translationnels. Ce phénomène peut engendrer de nombreux dégâts compte tenu de sa rapidité et de sa longue propagation.

4. Méthodologie

Très peu de données étaient disponibles sur les communes étudiées, notamment du fait de leur caractère rural.

Afin de caractériser l'aléa de la façon la plus fine possible, plusieurs données de bases doivent donc être acquises.

Au préalable à la réalisation de la carte d'aléa, plusieurs phases sont donc nécessaires :

- **L'inventaire des phénomènes existants**

Il va permettre une identification et une datation relative des phénomènes s'étant déjà produits sur les versants. Cela permet d'obtenir une information sur la typologie des phénomènes qui se sont déjà produits, mais aussi et surtout de mieux caractériser les formations de versant, et ainsi mieux appréhender les phénomènes susceptibles de se produire à l'avenir. Ces glissements entraînent en effet une modification de la lithologie de surface et des caractéristiques géomorphologiques du versant. Les données historiques étant très peu nombreuses (quelques phénomènes tout de même recensés dans la base de donnée des mouvements de terrain ou en bibliographie), cet inventaire se base surtout sur des méthodes géomorphologiques.

- **L'analyse critique des événements**

Détaillé dans le chapitre précédent, il a été réalisé une typologie des mouvements de terrains susceptibles de se produire dans un contexte similaire au terrain d'étude, et à l'identification des contextes et des configurations sensibles (lithologie, pente, présence d'eau...) qui prédisposent l'apparition de tels phénomènes. Pour ce faire, dans certains cas, la définition d'événements de référence a été réalisée.

- **La cartographie des formations superficielles**

L'information géologique existante est surtout basée sur le substratum en place, mais n'informa que partiellement quant aux formations superficielles, et notamment les formations de versant, très peu connues. Dans ce cadre, la connaissance détaillée des formations superficielles doit être acquise. Elle a été réalisée sur le terrain à partir de coupes (naturelles ou réalisées durant cette étude) ou forages à la tarière à main. Toutefois, l'ensemble du terrain ne pouvant pas être sondé, là aussi, des méthodes géomorphologiques ont permis de caractériser les formations superficielles.

- **Caractérisation de l'aléa**

Il convient de définir, pour chacun des types de phénomènes recensés, les critères et valeurs-seuil qui permettent de déterminer le niveau de susceptibilité aux instabilités, puis de cartographier des zones homogènes de susceptibilité. Les éléments déterminant pris en compte sont :

- Le substratum (carte géologique)
- Les formations de surface
- La topographie : pente et morphologies du terrain

- La présence d'eau

- **Réalisation d'une carte d'aléa « glissement de terrain »**

La carte d'aléa « glissement de terrain » est obtenue en combinant les différents paramètres élémentaires identifiés.

5. l'approche geomorphologique

Très peu d'informations sur le sous-sol ou l'historique des instabilités de versant sont disponibles sur ces communes rurales qui constituent le terrain d'étude.

Les coupes existantes ou faciles à réaliser sur le terrain ne permettent pas d'être exhaustif sur la connaissance de la lithologie de surface. Il serait excessivement coûteux de réaliser un maillage de forages géotechniques permettant d'avoir la connaissance suffisante afin de définir l'aléa glissement de terrain sur l'ensemble du terrain d'étude.

Aussi, l'analyse des formes du terrain permet d'obtenir de nombreuses informations. En effet, les différents processus qui régissent la formation des paysages sont associés à des formes bien précises. La cartographie de ces formes, associée à l'étude de quelques coupes permettant d'identifier le matériel mobilisé et de confirmer ainsi l'interprétation de la forme, permet de retracer la mise en place des paysages, et ainsi les dynamiques et les formations associées.

Les données ainsi recueillies permettent l'acquisition d'une information nécessaire à la classification de l'aléa.

Les données recueillies permettant d'appréhender les différentes climatiques qui façonnent les paysages de bas plateaux et donc les versants tels que ceux étudiés, tout au long du Quaternaire et encore aujourd'hui :

5.1.1. Dynamique gravitaire

C'est la principale dynamique qui régit la mise en place des formations de surface sur les versants. Les différents processus associés peuvent s'activer sous climat froid (période froide du Quaternaire) ou sous climat tempéré (actuel). Les matériaux mobilisés et les formes associées sont dépendants de ces processus.

On distingue deux types de formes associées à des formations superficielles de versant :

- les formes « lisses » : il s'agit d'une succession de formes régulières et uniformes qui naissent au sommet du versant et se raccordent au niveau altitudinal des cours d'eau. Successivement on distingue un versant réglé dont la pente est souvent supérieure à 30°, un glaciaire qui présente une pente comprise généralement entre 10 et 15 degrés et une terrasse quasiment horizontale. A ces formes, sont associées des formations superficielles caractéristiques d'un climat froid (éboulis de pente, grèzes litées, coulées de solifluxion superficielles, etc.). Ces formations se sont souvent mises en place sur un sol gelé (pergélisol) ;
- les formes « rugueuses » : il s'agit de formes de mouvements de terrain (glissements et/ou coulées) qui sont associées à une formation très plastique et qui est à la fois hétérogène (argiles, marnes, sables, calcaires) et hétérométrique (de l'argile au gros bloc). Ces formations sont caractéristiques d'un climat tempéré dans lequel l'eau sous sa forme liquide (peu de gel) est abondante. Elle favorise ainsi la plasticité des roches à dominante argileuse. Contrairement à un écoulement liquide qui rejoint toujours de fond de la vallée, ces formations glissent sur les versants mais ne parviennent pas toujours au niveau du cours d'eau.

Les observations de terrain permettent d'identifier chacune de ces formes et de ces formations. Elles sont localisées dans l'espace. La superposition de l'une par l'autre permet d'établir une chronologie relative. La construction de chacune des formes de terrain est ainsi replacée dans son contexte climatique (Marre et al., 1997).

5.1.2. Hydrodynamique

Les formations issues de ces dynamiques résultent du transport et de la sédimentation par les eaux courantes des substances minérales et organiques érodées sur les bassins versants (d'après *Campy et Macaire, 1989*).

Concernant le terrain d'étude, on distinguera deux types de mise en place :

- **La dynamique alluviale**

Cela concerne le dépôt classique d'alluvions par les cours d'eau en fond de vallée, les dépôts les plus grossiers étant déposés en période périglaciaire, quand les cours d'eau ont le plus de compétence. Actuellement, la compétence des cours d'eau est très faible, et ils ne transportent que des matériaux fins (limons à sables).

Les formations associées ne concernent pas la problématique des glissements de terrain, puisque les formes associées sont pseudo-planes et situées en fond de vallée.

Ces formations sont généralement très bien cartographiées sur la carte géologique au 1/50 000.

- **Le ruissellement**

Il s'agit d'un processus hydrique dans lequel la gravité joue un rôle important. Il va concerner de l'érosion, du transport et du dépôt sur les versants.

Ce processus est directement lié aux précipitations, et va se mettre en marche lors d'épisodes pluvieux intenses.

La battance des sols du plateau (limons argileux) peut générer très rapidement une construction d'écoulement pouvant transporter des volumes importants de charge solide.

Cela va se traduire sur les versants par une réactivation des vallons secs, avec une dynamique d'incision dans les plus fortes pentes et une dynamique de dépôt au niveau des ruptures de pente.

Les dépôts se font sous forme de cône de déjection, de matériaux souvent fins au niveau des ruptures de pente ou d'obstacles. Ils sont généralement indiqués sur la carte géologique comme « limons ou colluvions de fond de vallon ».

Ce processus peut aussi engendrer des déstabilisations de versant au niveau des zones d'incision.

5.1.3. Dynamique éolienne

Il s'agit de dépôts de matériaux très fins déposés par les vents essentiellement lors des périodes froides du Quaternaire pour ce qui concerne la région Basse-Normandie. Les dépôts

sont essentiellement déposés sur le plateau (souvent très bien cartés sur la carte géologique au 1/50 000 comme loess ou limons de plateau), mais on peut en retrouver dans certains versants sur des épaisseurs qui peuvent être importantes (dépôts « sous le vent » essentiellement, généralement non cartés). Ces matériaux fins peuvent être repris par le ruissellement et être déposés dans le versant.

5.1.4. Cartographie géomorphologique

Une carte géomorphologique de travail a donc été réalisée sur l'ensemble du territoire de chacune des quatre communes étudiées (légende disponible en annexe 1).

L'interprétation des formes permet par la suite, combiné à l'étude des coupes, de réaliser l'inventaire des phénomènes historiques, une carte des formations superficielles puis d'apporter des informations permettant d'affiner la cartographie de l'aléa.

Les formes suivantes ont été identifiées :

- Décrochement / escarpement / cicatrice d'arrachement,
- Moutonnement,
- Bourrelet (avec identification des bourrelets frontaux),
- Forme de graben / héli graben,
- Replat,
- Contrepente,

L'ensemble des formes listées ci-dessus peuvent être en lien avec un phénomène présent ou passé de glissement de terrain.

D'autres formes ont aussi été cartées :

- Abrupt / corniche,
- Versant réglé,
- Glacis,
- Terrasse,
- Cône de déjection,
- Talweg marqué / ravine,
- Rupture de pente,

Par ailleurs, l'eau étant un des moteurs principaux de la mise en place des mouvements de terrains, les indices de présences d'eau ont aussi été cartés :

- Source / sourcin,
- Zone humide,
- Végétation hygrophile,

Enfin, un dernier indice permettant d'identifier un mouvement a été pris en compte : la forme des arbres. En effet, un arbre étant incliné à la suite d'un mouvement a toujours tendance à se redresser. On peut alors observer une forme de « tête de pipe » au niveau du tronc. Quand plusieurs arbres de ce type sont présents sur une même zone, ils indiquent un déplacement des terrains. C'est donc un indice permettant d'identifier des formes particulières de terrain, souvent plus difficilement visibles en milieu forestier.

6. Carte des formations superficielles

Les formations superficielles sont définies comme « *toute formation géologique affleurante dont la genèse ou les propriétés actuelles résultent de processus supergènes, quel que soit leur âge* » : elles sont situées à l'interface entre le sol (étudié par les pédologues) et le substratum. L'intérêt de la cartographie des formations superficielles est de compléter les cartes géologiques déjà établies. En effet, les cartes géologiques, et notamment les plus anciennes, pour des raisons diverses (objectif de la carte, état des connaissances, lisibilité de la carte), cartographie peu et/ou mal des formations superficielles, et notamment les formations de versant (il faut noter que les cartes géologiques récentes sont beaucoup plus complètes à ce sujet). Les phénomènes actuels de glissements de terrain se produisant le plus souvent dans les formations de surface, il était indispensable de cartographier précisément ces dernières.

Pour mener à bien la cartographie des formations superficielles, nous nous sommes appuyés sur une méthodologie existante (Dewolf et Bourrie, 2007). Elle se divise en trois phases :

- Phase de préparation : recherches bibliographiques ciblées sur les formations superficielles et sur la géologie des zones d'étude et des environs.
- Phase de terrain : localisation et description de coupes et de sondages pour établir la minute de la carte.
- Phase de traitement : interpolation des contours dessinés sur la minute afin de produire la carte définitive. Cette opération se déroule sous SIG.

Cette cartographie a fait l'objet de 25 jours de terrain. Toutes les coupes naturelles visibles sur le terrain ont été décrites. Elles ont été complétées par la réalisation de coupes ou des sondages à la tarière à main sur les versants. Ce sont ainsi 226 coupes ou forages supplémentaires qui ont pu être étudiés sur les quatre communes.

Afin de faire le lien entre les points de descriptions, nous nous sommes là encore appuyés sur une approche géomorphologique en identifiant des formes précises, nous permettant d'extrapoler l'extension des formations superficielles. Les formes caractéristiques suivantes ont donc permis de compléter la carte :

- Versants réglés
- Glacis,
- Coulées de solifluxion,
- Cônes de déjection,
- Terrasses,
- Coulées de glissement (nous avons choisi par la suite de distinguer spécifiquement les coulées de glissement).

La principale limite de cette cartographie concerne l'absence d'information sur la profondeur de ces formations. En effet, au-delà de deux mètres d'épaisseur, il ne nous était plus possible avec les moyens à notre disposition, d'investiguer pour décrire les formations.

Il est apparu lors de cette cartographie que les éléments déposés lors des périodes froides du Quaternaire (coulées de solifluxion : formes de glacis, versant réglés), ainsi que les cônes de déjection, pour des raisons d'épaisseur, de pente ou de stabilisation liée à la glaciation n'admettaient pas d'éléments d'instabilité majeure. En effet, la grande majorité des indices d'instabilité identifiés sur le terrain correspondent aux masses déjà glissées sur les versants,

notamment depuis le début de l'Holocène. Aussi, une cartographie spécifique des glissements de terrain a été réalisée afin d'apporter l'information nécessaire à la carte d'aléa.

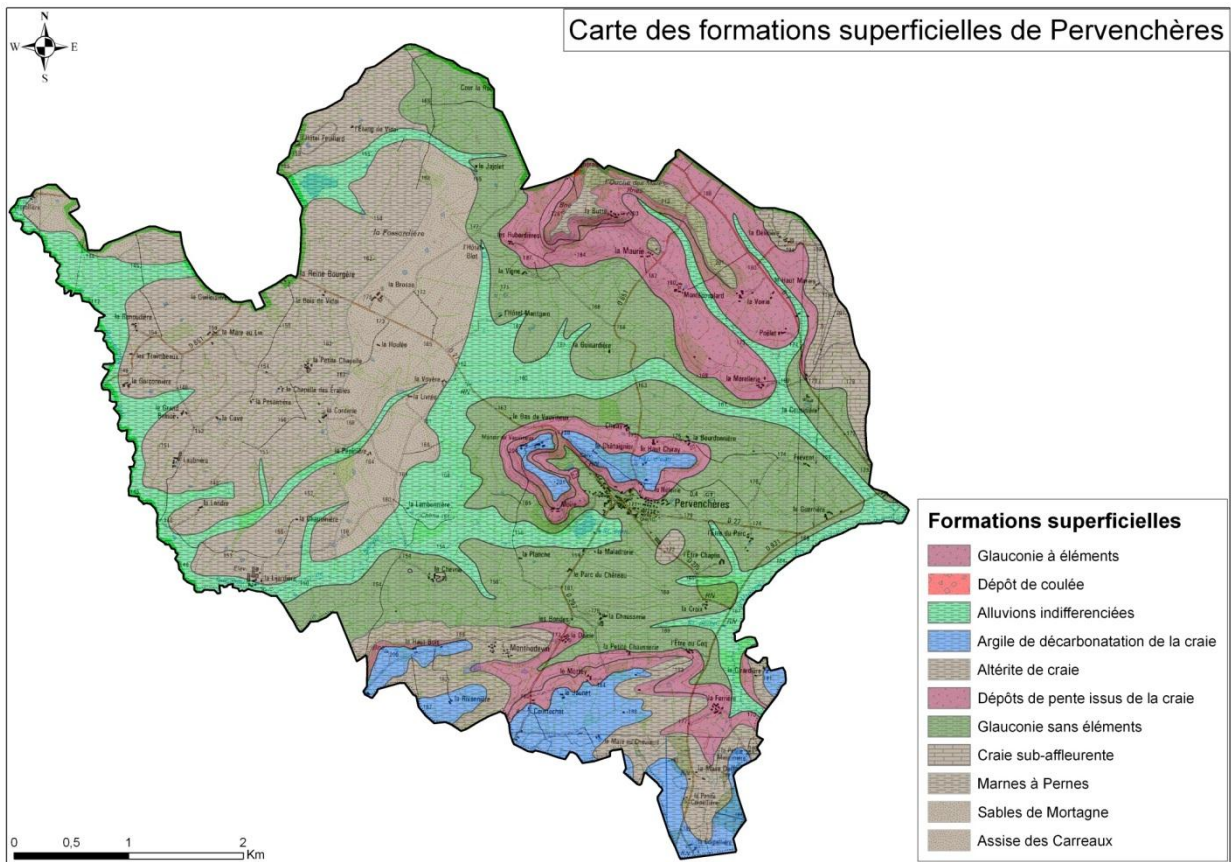


Illustration 16 : Exemple de carte des formations superficielles. Commune de Pervençhères.

7. Recensement des phénomènes historiques

L'exploitation des données bibliographiques et la cartographie géomorphologique ont permis de répertorier un très grand nombre de glissements de terrain ayant affecté la zone d'étude. L'âge des glissements de terrain (Pléistocène, Holocène, Récent ou Actuel) est donné à titre indicatif et est déterminé tout d'abord par analyse géomorphologique.

Ainsi, les glissements considérés comme « récents à actuels » sont les glissements effectivement en cours d'évolution (donc actifs) ou bien des glissements dont il existe un témoignage précis. Enfin les glissements datant de l'Holocène ou du Pléistocène sont des glissements qui se sont produits à des périodes échappant généralement à la mémoire ou tout simplement à l'occupation anthropique historique de la région.

Globalement, on peut résumer ainsi :

- glissement « Pléistocène » : datant de plus de 10 000 ans, ayant subi au moins une glaciation ;
- glissement « Holocène » : datant de moins de 10 000 ans, la date précise reste inconnue ;
- glissement « récent ou actuel » : datant d'une époque pour laquelle on a pu obtenir une information chronologique précise.

D'une façon générale, les limites exactes des glissements de terrain ne sont pas connues : l'emprise des glissements actifs est a priori évolutive et l'emprise des glissements plus anciens est estompée par le temps.

La connaissance de quelques glissements récents nous a été apportée par la bibliographie ou par quelques témoignages locaux (cas de Cordebugle, Courtonne-les-deux-Eglises et Pervençères).

Mais la plupart des glissements répertoriés provient de l'analyse géomorphologique des terrains pour lesquels on s'est attaché à relever tous les indices susceptibles d'apporter une information spatiale et temporelle (*Marre et al., 1997*). Il s'agit donc des indices géomorphologiques évoqués dans les paragraphes précédents, accompagnés d'autres indices botaniques ou anthropiques :

- Les indices topographiques : escarpement de tête, replat de glissement, contrepente, etc.
- Les indices géologiques : nature de la formation, altitude de la formation, pendage, contre pendage, etc.
- Les indices hydrologiques : présence d'étangs, de mares, de sources, etc.
- Les indices botaniques : présence d'une végétation hygrophile, déformation des arbres, état sanitaire de la végétation, etc.
- Les indices anthropiques : fissures dans des murs, dégâts sur les voies de communications, déformations des plantations, etc. Ces derniers indices peuvent aussi donner une information chronologique sur l'activité du mouvement.

La cartographie historique (en exemple sur l'illustration 17) est visible au 1/10 000 en annexe 2 et disponible en format SIG sur le CD annexé au rapport.

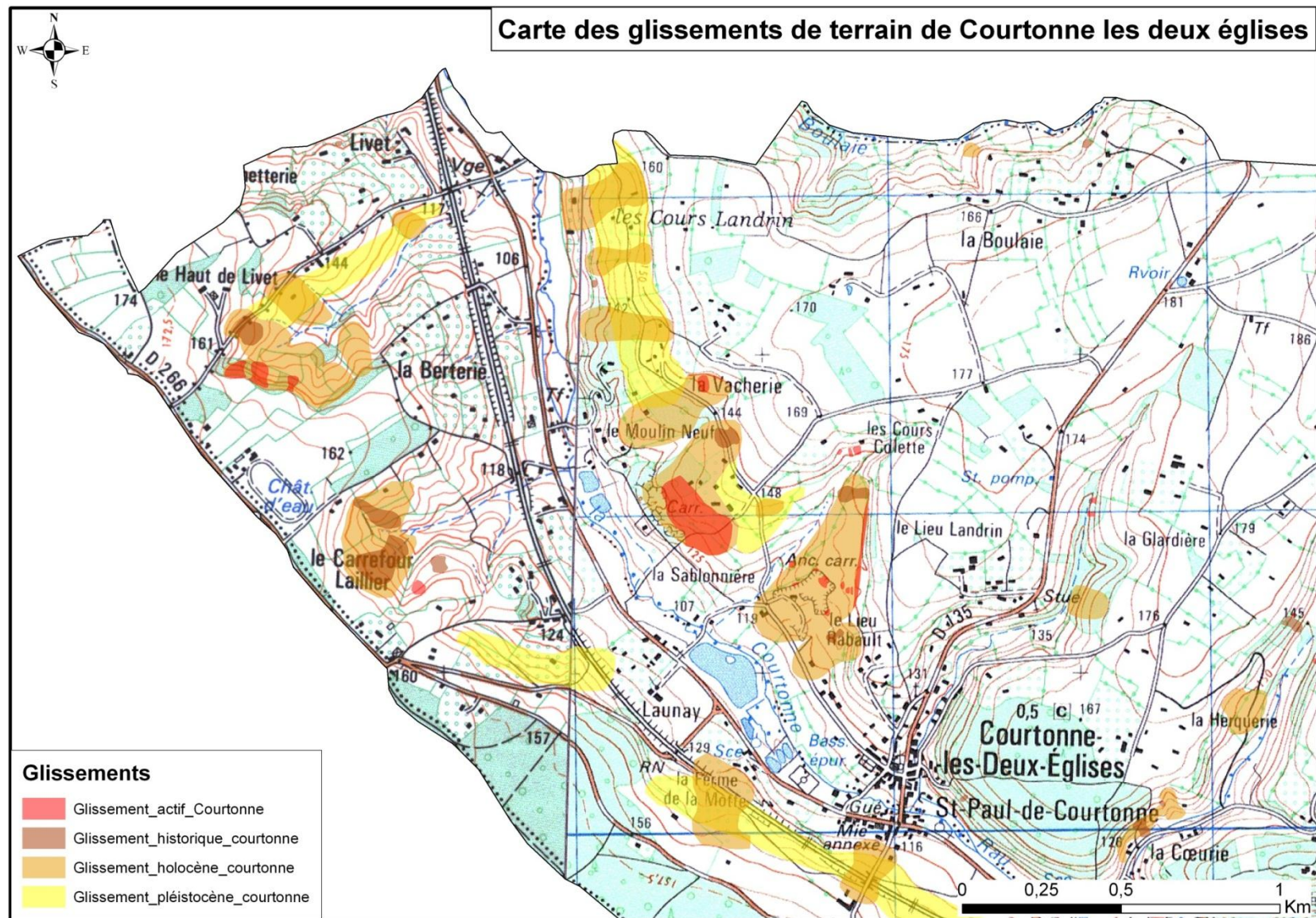


Illustration 17 : Exemple de carte historique des glissements de terrain. Commune de Courtonne-les-deux-Eglises.

8. Définition et cartographie de l'aléa

Nous avons identifié quatre types de glissement de terrain spécifiques à la zone d'étude. Il s'agit des glissements rotationnels profonds, des glissements de pente, dits « classiques », des glissements plans ou translationnels et du phénomène de fluage (lent ou rapide).

8.1. DEFINITION DE PHENOMENES DE REFERENCE

Dans le but de cerner l'ampleur d'un phénomène qui pourrait se produire, il convient de définir un phénomène de référence permettant de définir une intensité en cas d'occurrence. Ces phénomènes de référence ont été décrits dans les paragraphes précédents. Seul le phénomène de fluage n'a pas été décrit, sa délimitation peu perceptible, son ampleur et ses conditions de mise en place diverses ne permettant pas de généraliser.

8.2. QUALIFICATION DE L'ALEA

Il s'agit de délimiter le périmètre où les phénomènes doivent être pris en compte en terme de prévention des risques et hiérarchiser ces zones en différents niveaux d'aléa. La quantification de l'aléa doit faire référence à quatre éléments :

- Le type de phénomène ;
- La probabilité d'occurrence du phénomène ;
- L'intensité du phénomène en cas d'occurrence ;
- L'extension spatiale du phénomène.

Les données acquises, décrites dans les paragraphes précédents, ainsi que les données de pentes (MNT) et sur le substratum (cartes géologiques) nous permettent de définir ces quatre éléments. Par exemple, la typologie des glissements va plutôt permettre d'obtenir une information sur le type de phénomène susceptible de se produire et donc sur l'intensité en cas d'occurrence. La présence d'eau, mais aussi de masses glissées en équilibre précaire apportent une information sur la probabilité d'occurrence.

8.2.1. Facteurs pris en compte

Les différents facteurs listés précédemment permettent selon les critères décrits ci-après de caractériser l'aléa glissement de terrain sur la zone d'étude. Il s'agit :

- De la géologie, une note de susceptibilité étant attribuée à chaque couche géologique. Sur la zone d'étude, la Glauconie et les argiles de Gault ont été caractérisés comme très susceptibles ;
- La pente ;
- Les formations superficielles ;
- Les coulées de glissement, qui jouent un rôle très important, car refermant une bonne partie des indices d'instabilités relevés sur le terrain ;
- La présence d'eau
- Les indices d'instabilité, de trois ordres : topographiques (cicatrices, moutonnement, bourrelets...), botaniques et anthropiques.

8.2.2. Estimation de la probabilité d'occurrence du phénomène

La diversité et la complexité des phénomènes de glissements de terrain ainsi que le manque de données les concernant ne permettent pas de quantifier précisément la probabilité d'occurrence d'un mouvement de terrain, comme cela se pratique pour d'autres risques (inondation notamment).

On adopte donc ici une approche plus qualitative :

- Pour les phénomènes déclarés, la probabilité d'occurrence sera maximale,
- Pour les phénomènes potentiels, l'estimation de la probabilité d'apparition d'un glissement de terrain dépendra de l'importance des différents facteurs de prédisposition considérés.

Les différentes méthodes et données recueillies tout au long de l'étude, et notamment l'approche géomorphologique prennent tout leur sens ici car elles permettent d'appréhender cette notion de probabilité d'occurrence en prenant en compte :

- Les phénomènes anciens,
- Les paramètres naturels et anthropiques favorables au processus d'instabilité (présence d'eau notamment...)
- Les indices précurseurs (formes, végétation...).

8.2.3. Estimation de l'intensité du phénomène

Les différents niveaux d'intensité des phénomènes ont été évalués en fonction principalement de la possibilité de mettre en œuvre un parade technique pour s'en prémunir des de la difficulté (et donc du coût probable) de sa réalisation. Cela permet d'identifier les phénomènes majeurs des phénomènes plus secondaires.

- **Intensité très forte**

Phénomènes de grande ampleur dont les caractéristiques sont telles qu'aucune parade technique permettant de s'en prémunir ne pourra être mise en place :

- Glissements actifs mettant en mouvement un volume de terrain très important (dépassant largement 100 000 m³),
- Glissements anciens ayant provoqué de fortes perturbations.

- **Intensité forte**

Phénomènes intéressant une aire géographique débordant largement le cadre parcellaire. Les parades techniques pouvant être mises en œuvre pour s'en protéger seront techniquement difficiles à réaliser et/ou auront un coût très important.

- **Intensité moyenne**

Phénomènes d'ampleur réduite dont le coût des parades techniques pouvant être mises en place pourra être supportable financièrement par un groupe restreint de propriétaires (immeuble collectif, petit lotissement...).

- **Intensité faible**

Phénomènes actifs ou anciens dont le coût des parades techniques pour s'en prémunir serait supportable financièrement par un propriétaire individuel.

- **Intensité nulle à faible**

Phénomène inexistant ou d'ampleur très réduite (de type reptation superficielle)

8.3. DETERMINATION DU NIVEAU D'ALEA

Le croisement entre la probabilité d'occurrence et l'intensité d'un phénomène permet de déterminer le niveau d'aléa.

Les espaces protégés par des ouvrages ou stabilisés à l'aide de travaux de confortement ou de drainage seront toujours considérés comme restant soumis aux phénomènes étudiés et la délimitation de l'aléa n'en tiens pas compte. Le niveau d'aléa sera finalement évalué comme suit :

Intensité du phénomène \ Probabilité d'occurrence	Très forte	Forte	Moyenne	Faible	Très faible
Fort : quelques années, phénomène actif	Majeur	Fort	Fort	Moyen	Moyen
Moyen : quelques décennies	Fort	Fort	Moyen	Moyen	Faible
Faible : supérieure à 100 ans	Moyen	Moyen	Moyen	Faible	Faible
Très faible: plusieurs siècles	Moyen	Faible	Faible	Très faible	Très faible

Illustration 18 : Tableau de détermination de l'aléa

Il faut noter, compte-tenu notamment du faible dénivelé (pentes faibles et versants de faible longueur), qu'aucun aléa majeur n'est recensé sur la zone d'étude.

8.4. CARTOGRAPHIE DE L'ALEA

La cartographie de l'aléa (exemple en illustration 19) est réalisée à partir de croisements SIG de tous les critères identifiés précédemment. Les différentes cartes d'aléa au 1/10 000 sont visibles en annexe 3, et disponibles en format SIG dans le CD joint au rapport.

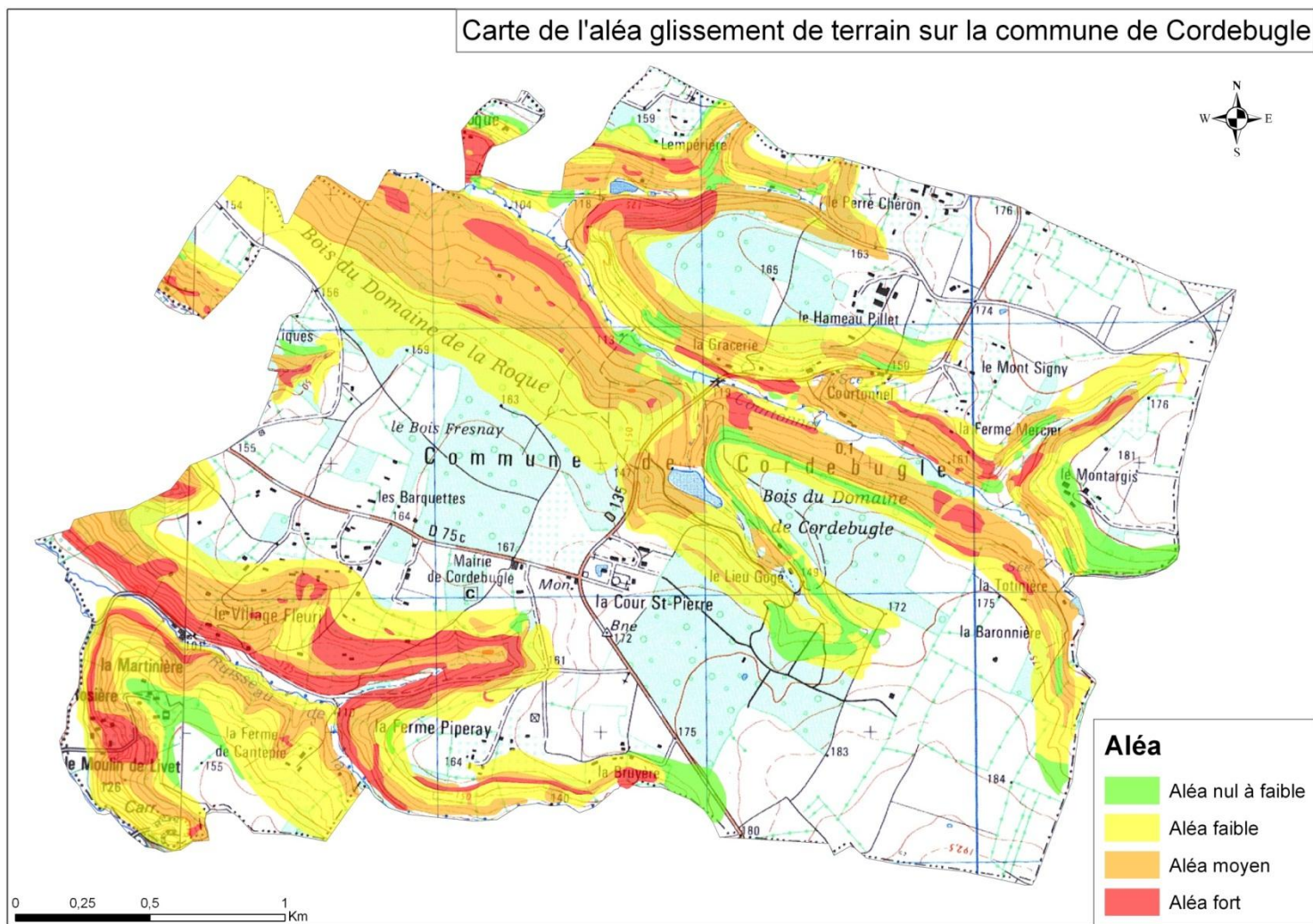


Illustration 19 : Exemple de cartographie de l'aléa : commune de Cordebugle.

9. Analyse critique de la carte de prédisposition

9.1. CRITERES PRIS EN COMPTE PAR LA CARTE DE PREDISPOSITION

La carte de prédisposition aux glissements de terrain est réalisée à partir d'une analyse combinée des pentes et de la géologie, qui sont deux facteurs essentiels dans la mise en place de tels phénomènes.

Des limites peuvent toutefois être apportées quant à l'utilisation brute de ces données.

- **La pente**

Même s'il est vrai qu'un terrain peu cohérent dans une forte pente est toujours fortement prédisposé au phénomène de glissement de terrain, une faible pente dans ces mêmes matériaux n'est pas forcément garante d'une prédisposition moins élevée. En effet, un troisième facteur déterminant la mise en place de glissements de terrain n'est pas prise en compte ici : l'eau. Aussi, on peut observer la mise en mouvements de volumes important sur des versants à faible pente (dès 3%) en cas de combinaison entre des matériaux très plastiques (type glauconie de base par exemple) et une alimentation conséquente de ces matériaux en eau. Un cas exemplaire a pu être rencontré sur le terrain d'étude, à Pervençères.

- **La géologie**

La seule donnée géologique couvrant l'ensemble des versants de Basse-Normandie est issue de la carte géologique de la France au 1/50 000. Cette information avait à l'origine pour but de connaître de façon exhaustive le sous-sol français, notamment dans une optique d'identifier les ressources minérales. Aussi, les formations superficielles ont été longtemps négligées par les cartographes, d'une part parce que cette information n'était pas le but recherché, et d'autre part parce que leur cartographie exhaustive rendrait illisible l'information sur la géologie sous-jacente.

En effet, les formations superficielles sont présentes sur la majeure partie du territoire, y compris sur les versants où elles n'ont été que très peu cartographiées. Or, on observe ces formations de versant jouent un rôle très important dans la mise en place actuelle des phénomènes de glissement de terrain.

L'utilisation de la carte géologique au 1/50 000 comme élément prédisposant au déclenchement de glissement de terrain est donc juste, mais très incomplète.

9.2. COMPARAISON

La comparaison entre les deux cartes montre des résultats très divers selon les contextes.

- **Cordebugle et Courtonne-les-deux-Eglises**

En situation géologique complexe (plusieurs niveaux argileux surmontés d'un ou plusieurs niveaux aquifères : communes de Cordebugle et Courtonne-les-deux-Eglises), on constate une certaine divergence entre les deux cartes. D'un point de vue général, la carte de prédisposition « cible » bien les zones à risque et ne surévalue la superficie des zones potentiellement impactées, puisque 95% des surfaces prédisposées.

Mais quelques zones présentant un aléa, parfois fort, ne sont pas identifiées dans la carte de prédisposition.

Seulement 47% des zones prédisposées fortement présentent réellement un aléa fort. Ceci est dû à une importance trop importante au critère de pente dans l'évaluation initiale.

79,6% des zones présentant un aléa fort avaient été identifiées en prédisposition forte et 69% quand on cumule les aléas moyen et fort en comparaison des prédispositions moyennes à forte.

Il apparaît donc des disparités parfois importantes, mais il apparaît aussi que les zones d'aléa sont en majorité identifiées par la carte de prédisposition, sauf au niveau de certaines masses glissées sur le versant, non reportées sur la carte géologique.

Pour illustrer cela, parmi les observations réalisées, on distingue une dissymétrie au niveau des pentes des deux versants d'une vallée. Par conséquent, étant donné le postulat de réalisation de la carte de prédisposition, le versant le plus pentu admet une prédisposition plus forte. C'est notamment valable pour les communes de Courtonne-les-deux-Eglises et Cordebugle. Or, il apparaît à l'issue de la cartographie historique des glissements que les versants les moins en pente sont ceux possédant le plus de glissements anciens. Les versants concernés, sont moins pentus car en partie régularisés par le déclenchement de nombreux glissements, probablement en période tardi-glaciaire. Mais ces masses glissées, malgré les pentes moins importantes, montrent de nombreux signes géomorphologiques indiquant une susceptibilité non négligeable au déclenchement de glissements de terrain. Il semblerait donc que la carte de prédisposition cartographie précisément l'aléa de glissement de grande ampleur (originel), mais soit beaucoup moins précise pour ce qui concerne les glissements de moindre intensité, mais à plus forte probabilité d'occurrence. Cela paraît tout à fait logique, puisque les glissements originels sont directement en lien avec la lithologie en place (glaunomie) alors que les autres proviennent de réactivations de matériaux glissés sur les versants, souvent mal ou non cartés.

- **Condeau et Pervençères**

Pour ces deux communes, il y a beaucoup moins de disparités identifiées par la comparaison entre les deux cartes.

Cela s'explique par le fait que sur la plupart des versants de ces communes, la couche géologique incriminée (sables du Perche pour Condeau et Glaunomie pour Pervençère) n'est pas ou peu recouverte d'une formation aquifère. Le milieu étant moins complexe, les conditions de déséquilibre du versant le sont moins aussi.

La corrélation entre les deux cartes au niveau de Condeau est même excellente, puisque conformément à la carte de prédisposition, il n'y a pas d'aléa fort recensé. Quand à l'aléa moyen, il recoupe à plus de 85% la prédisposition moyenne. Dans cette configuration particulière, on peut donc considérer que la carte de prédisposition (qui plus est améliorée en cas d'acquisition de MNT plus précis) peut se substituer à une carte d'aléa.

Concernant Pervençères il apparaît que l'aléa faible est sous-représenté par la carte de prédisposition, alors que l'aléa fort est considérablement sur-représenté. Cela s'explique par une mauvaise corrélation des critères de pente : la glaunomie peut être déséquilibrée sur des pentes extrêmement faibles. A contrario, dans les pentes les plus fortes, ce n'est pas la pente qui joue un facteur déterminant, mais la présence d'eau. L'aléa fort ne correspond donc pas forcément aux pentes les plus fortes.

Il apparaît donc que la carte de prédisposition ne peut pas se substituer à la carte d'aléa, au moins en configuration géologique complexe. Elle permet toutefois d'attirer l'attention sur la nécessité de réaliser des études complémentaires en cas de projets d'aménagement.

Pour les situations géologiques simples, en revanche, et notamment pour les sables du Perche, à raison d'ajustement sur les critères de pente, il serait possible de transformer la carte de prédisposition en carte réglementaire.

10. Conclusion

La première phase de cette étude sur l'aléa glissement de terrain en Basse-Normandie a permis de remplir l'objectif principal de cette tranche, à savoir développer une méthode de cartographie de l'aléa adaptée au contexte de la Basse-Normandie et cartographier finement cet aléa.

La comparaison entre la carte d'aléa et la carte de prédisposition nous permet d'avoir une première vision des limites de la carte de prédisposition, même si les conclusions à ce sujet ne pourront être tirées qu'après avoir étudié les différents contextes géologiques régionaux susceptibles au phénomène de glissement de terrain. Il apparaît toutefois que la carte de prédisposition appréhende assez correctement les contextes géologiques simples. C'est surtout le cas pour les sables du Perche, alors que ça nécessite des ajustements dans les critères de pente au niveau de la Glauconie (quand celle-ci n'est pas ou peu surmontée de niveaux aquifères). Pour les milieux géologiques complexes, en revanche, la carte de prédisposition, bien que permettant une alerte sur une bonne partie des zones présentant un aléa, ne permet pas de se substituer à une carte d'aléa et doit mener vers des études complémentaires en cas de nécessité dans le cadre d'un aménagement du territoire.

La connaissance des formations superficielles de versant apparaît donc comme un élément déterminant dans la cartographie de l'aléa glissement de terrain dans ces milieux de bas-plateau. C'est en fait surtout le cas des formations superficielles issues d'instabilités de versant passées. Il est toutefois bien évident qu'une cartographie détaillée de terrain, telle que réalisée dans cette étude, serait extrêmement chronophage et coûteuse à grande échelle.

Il conviendrait donc dans un avenir proche de réfléchir à une méthodologie de cartographie à grande échelle mais néanmoins précise de ces formations superficielles, et plus spécifiquement des masses glissées, notamment à l'aide des techniques modernes de géophysique et/ou de photogrammétrie.

Une telle acquisition permettrait ensuite d'envisager une cartographie généralisée de l'aléa glissement de terrain sur les versants de Basse-Normandie, à l'aide de modèles de stabilité de versant (type ALICE © BRGM) pouvant intégrer les principaux facteurs déterminant la mise en place des glissements de terrain (pente, géotechnique, hydrogéologie). C'est ce type de modélisation qui pourra être testée lors de la dernière phase de l'étude, afin de valider sa pertinence sur des versants où les informations sur le sol et le sous-sol seront suffisamment précises.

11. Bibliographie

DREAL de Basse-Normandie (2004) – Notice d'utilisation de la carte de prédisposition aux mouvements de terrain.

Maillard R., Pannet P., Zornette N. (2004) – PPR Côte d'Ile-de-France. Secteur « vallée de la Marne ». Connaissance des phénomènes historiques « mouvements de terrain ». Zone Centre-Est (16 communes). Rapport d'étape. BRGM/RP-53606-FR. 34 p., 15 ill., 7 ann.

Marre A., Laurain M., Guérémy P. (1997) – Etude des relations spatiales et temporelles entre les formations superficielles et les mouvements de terrain sur la Côte d'Ile-de-France. Un moyen de préparer les cartes d'aléa. Géol. De la France, n°2, pp 39-49.

Pannet P. (2012) – Commune de Bellou-sur-Huisne (61). Glissement de terrain à proximité d'une maison d'habitation, Rapport BRGM/RP-61727-FR. 31 p., 5 ill., 19 ph..

Pannet P. (2013) – Glissement de terrain à Bellou-sur-Huisne (61). Avis complémentaire du BRGM, Rapport BRGM/RP-62541-FR. 24 p., 6 ill., 7 ph..

Pannet P., Thollon O., Lechat K., Schroetter JM., coll. Branellec M., Le Roy M. (2012) – Analyse critique de la carte de prédisposition aux risques mouvements de terrain réalisée par la DREAL de Basse-Normandie. Tranche 1 : cartographie de l'aléa chute de blocs à Cherbourg-Octeville, Saint-Lô et Vire. Rapport BRGM/RP-60464-FR. 152 p., 44 ill., 11 tabl., 3 ph., 4 ann.











Rivet F. (coord) et al. (2011) – Classeur « Le risque mouvements de terrain en Provence-Alpes-Côte d'Azur ». Coédition BRGM, région et DREAL Provence-Alpes-Côte d'Azur.

Zornette N. et Marre A., coll. Anquetin E, Maillard R., Pannet P. (2006) – Plan de prévention des risques naturels « mouvements de terrain ». Côte d'Ile-de-France – secteur vallée de la Marne portant sur 19 communes. Commande n°2 – année 2006-2007. Phase 2 – caractérisation de l'aléa. Rapport d'étape. BRGM/RP-55189-FR. 23 p., 9 ill., 2 ann.

Annexe 1

Légende des formes identifiées par la carte géomorphologique

Les formes de terrain

	Versant réglé		Glacis		Versant de raccordement	
	Vallon en berceau		Vallon à fond plat		Vallon en "V"	
	Talus		Replat		Carrière	

Les formes spécifiques aux glissements de terrain

	Niche d'arrachement nette		Niche d'arrachement plus ancienne		Petite niche d'arrachement	<input type="text"/>
	Replat de glissement		Contrepente de glissement		Coulée du glissement	<input type="text"/>
	Front de coulée	<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>

Annexe 2

Cartographie historique des glissements de terrain au 1/10 000

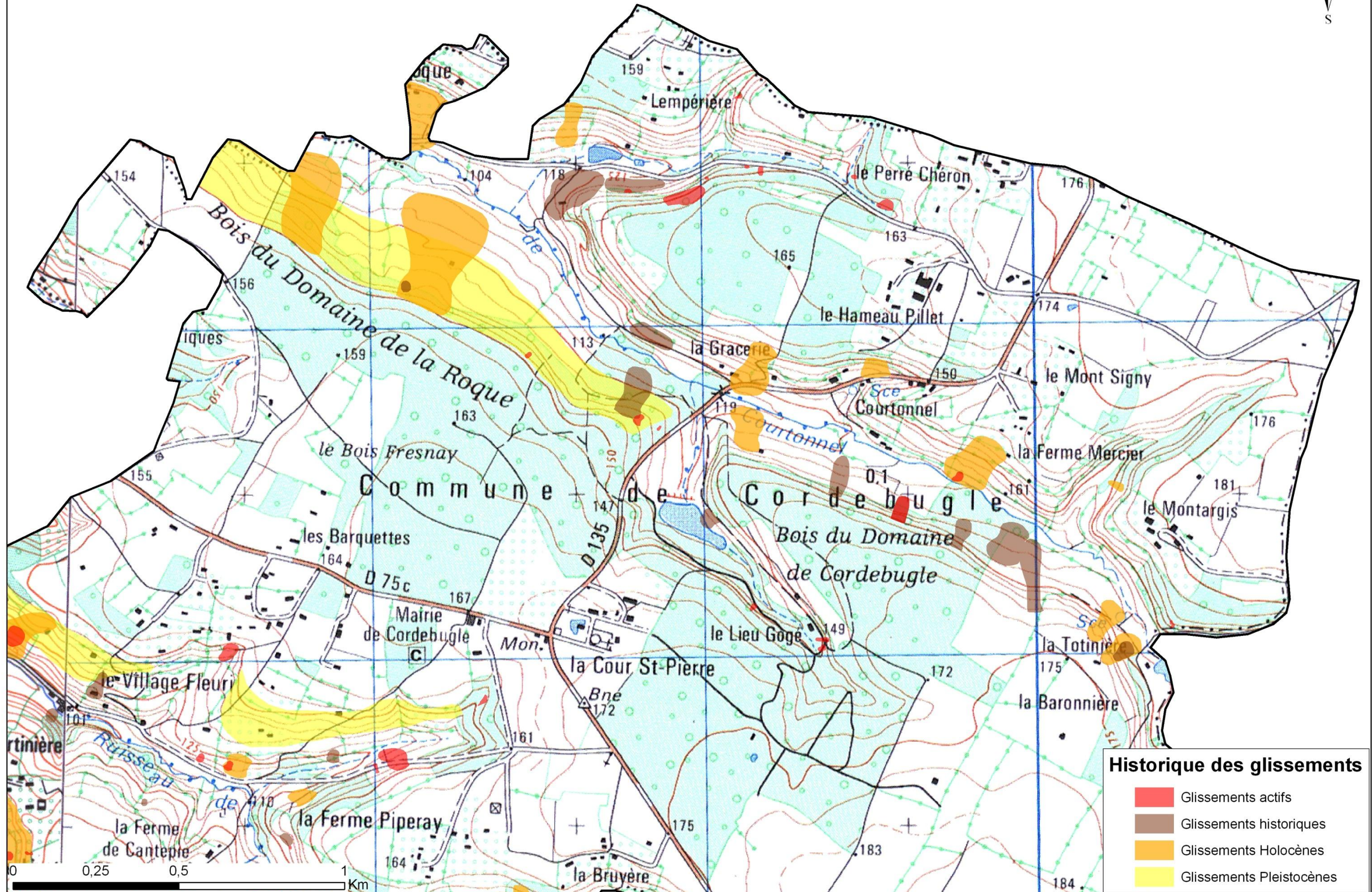
Planche 1 : Cordebugle (2 cartes)

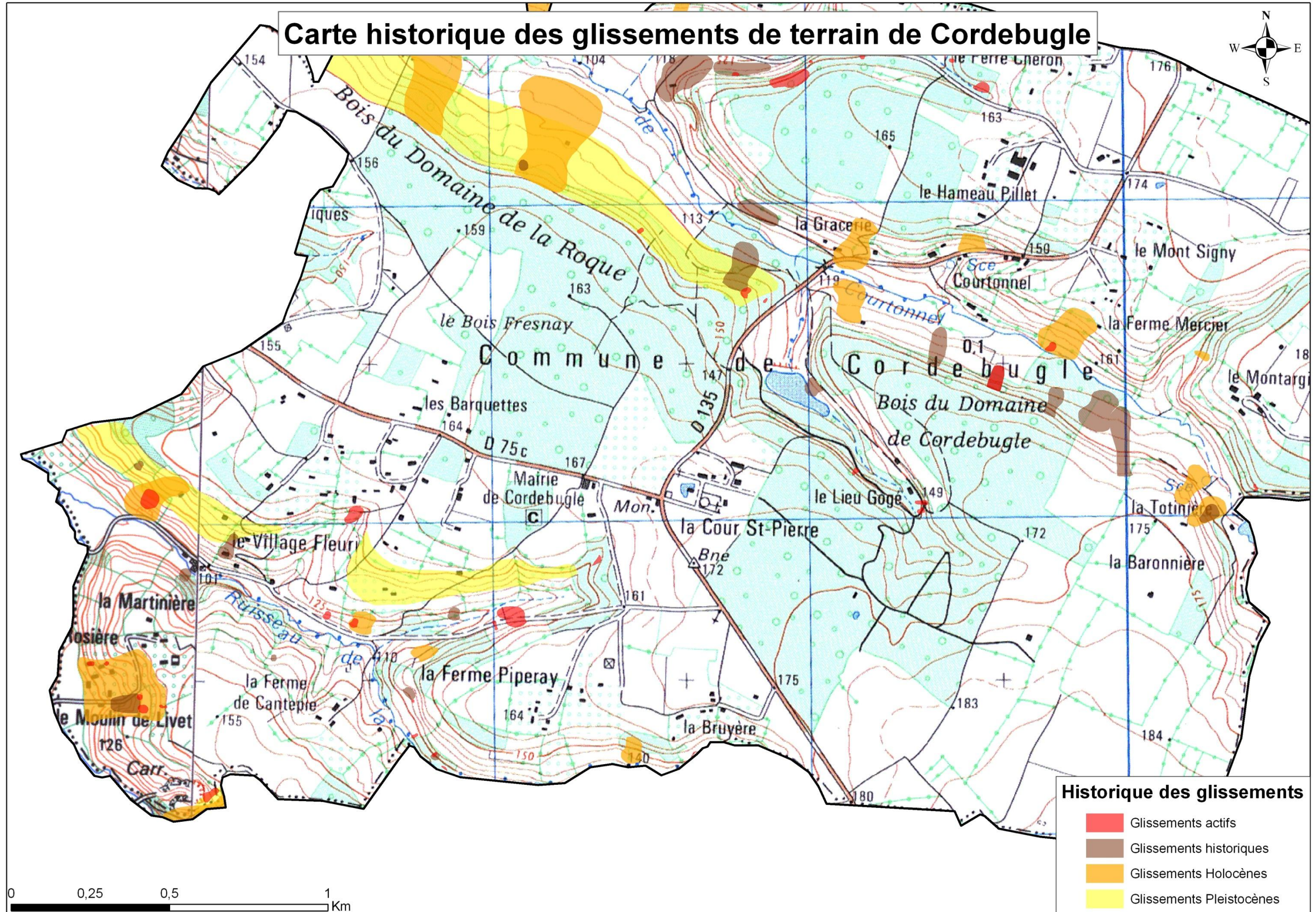
Planche 2 : Courtonne-les-deux-Eglises (4 cartes)

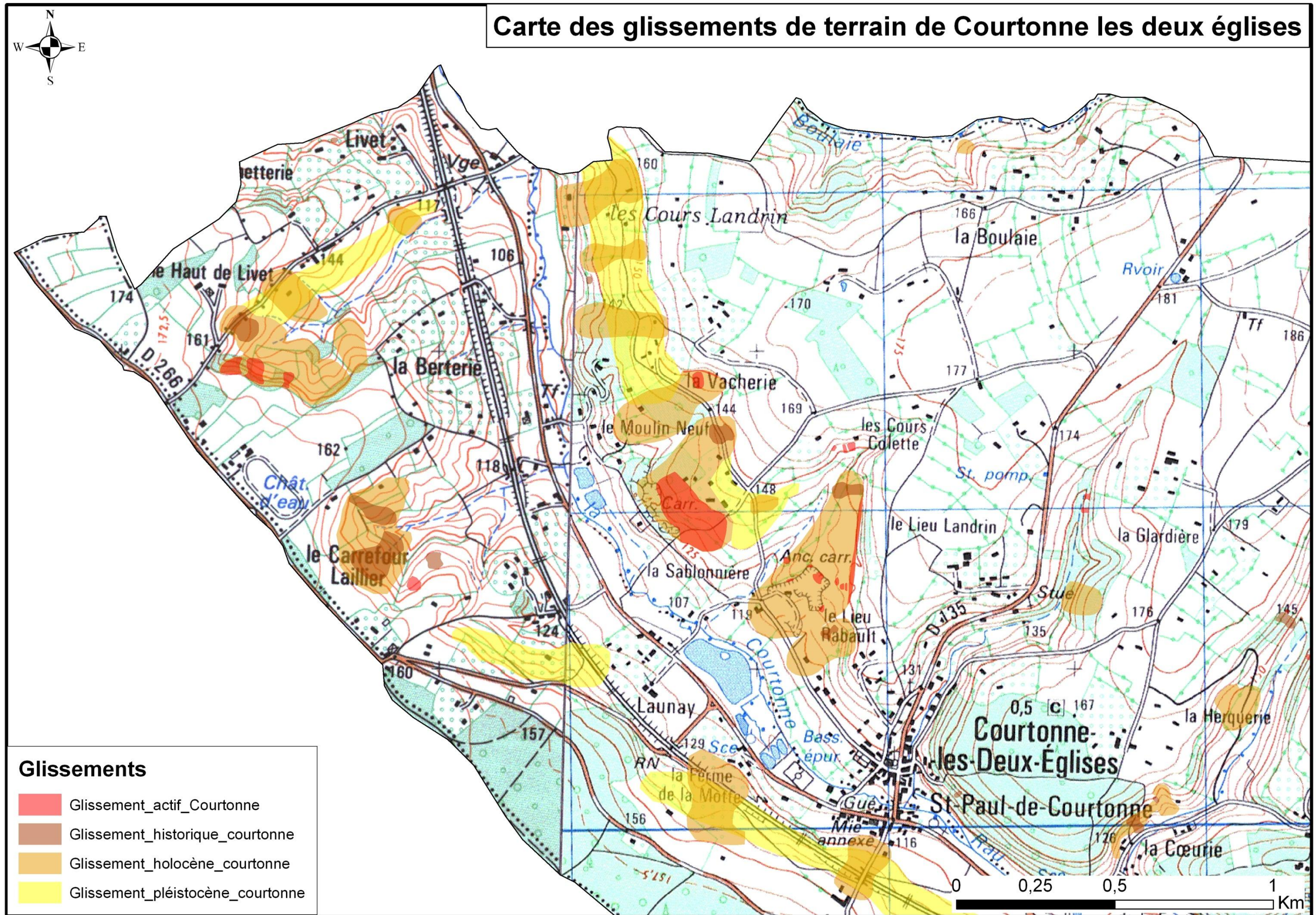
Planche 3 : Condeau (3 cartes)

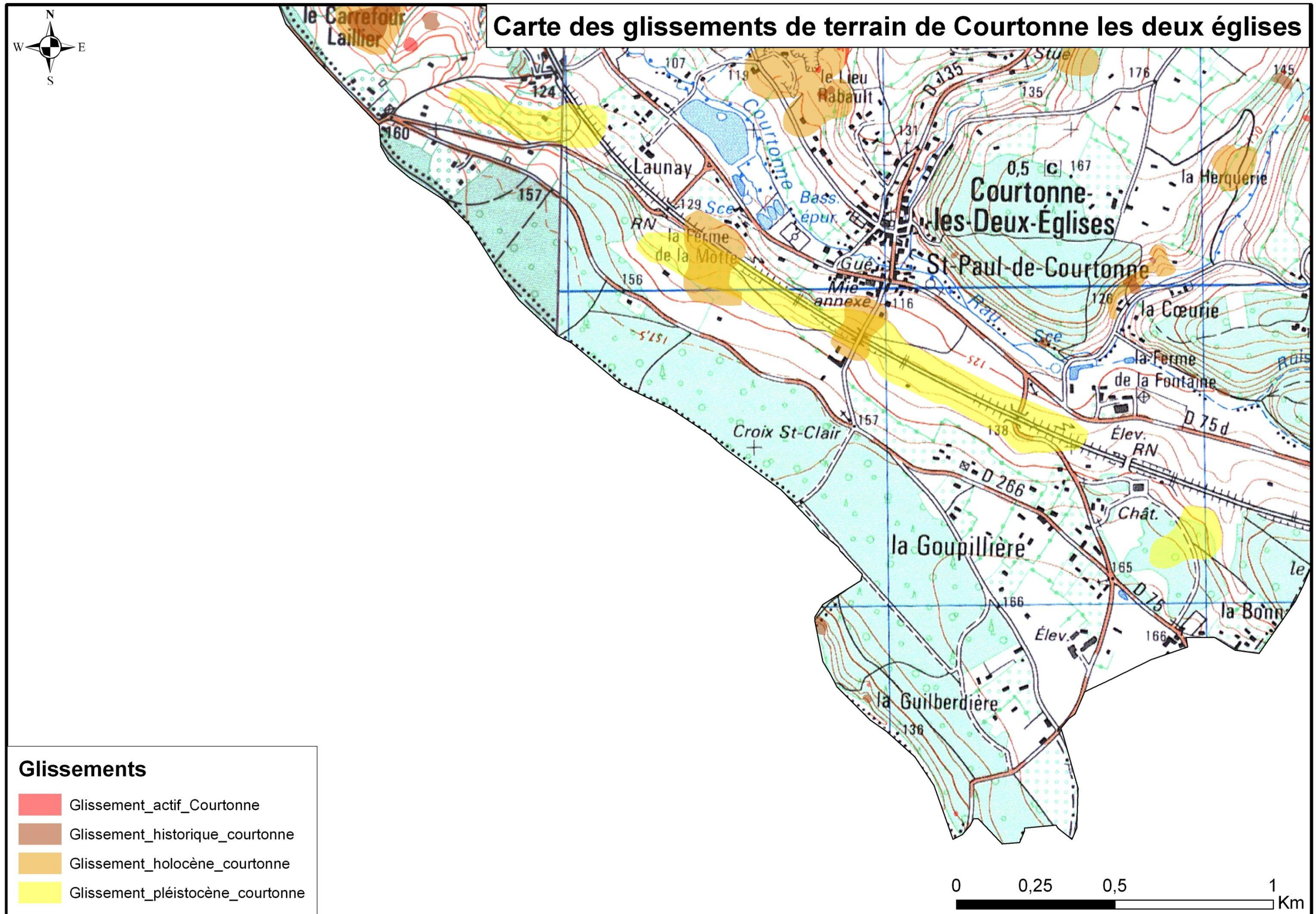
Planche 4 : Pervençères (6 cartes)

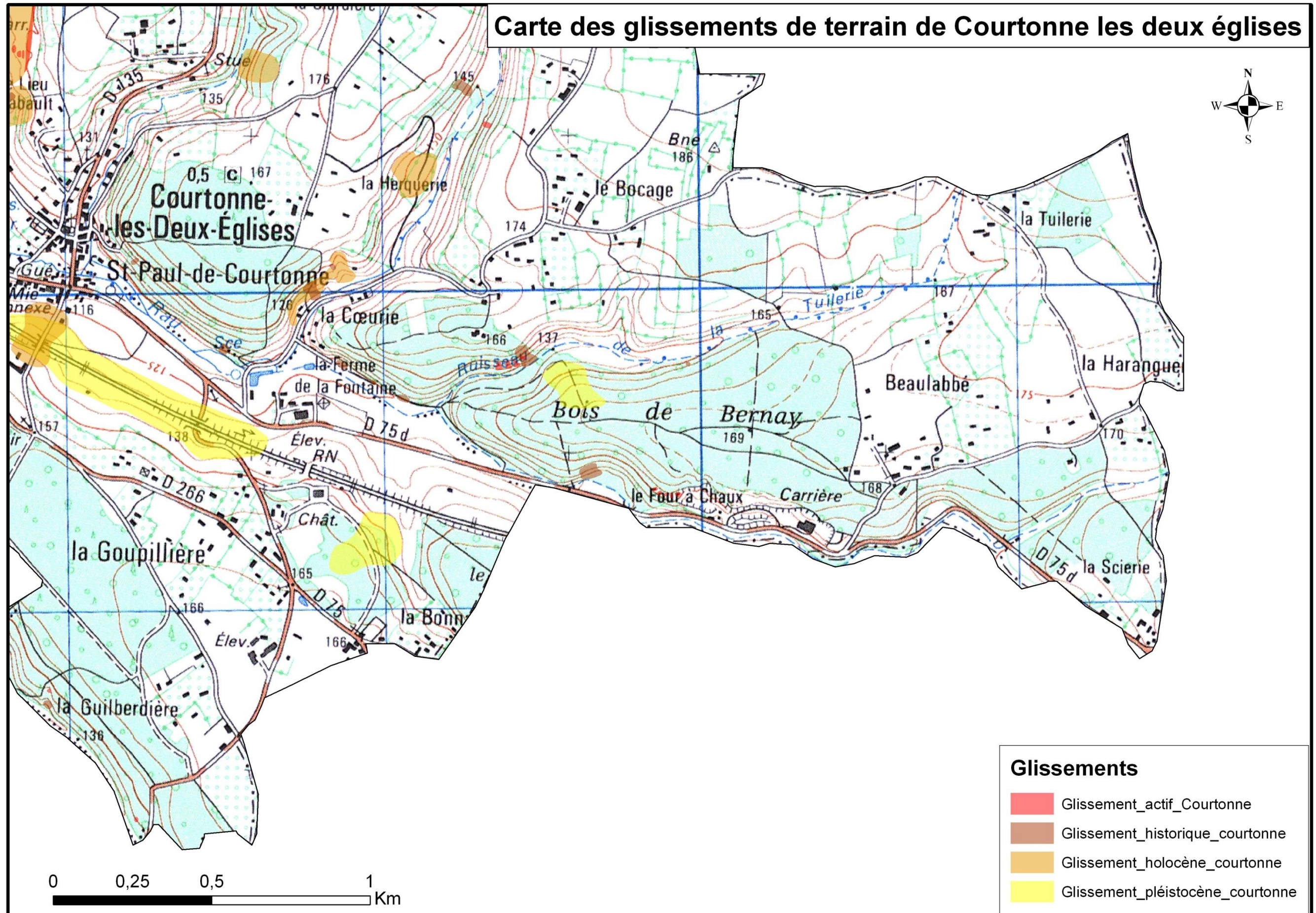
Carte historique des glissements de terrain de Cordebugle



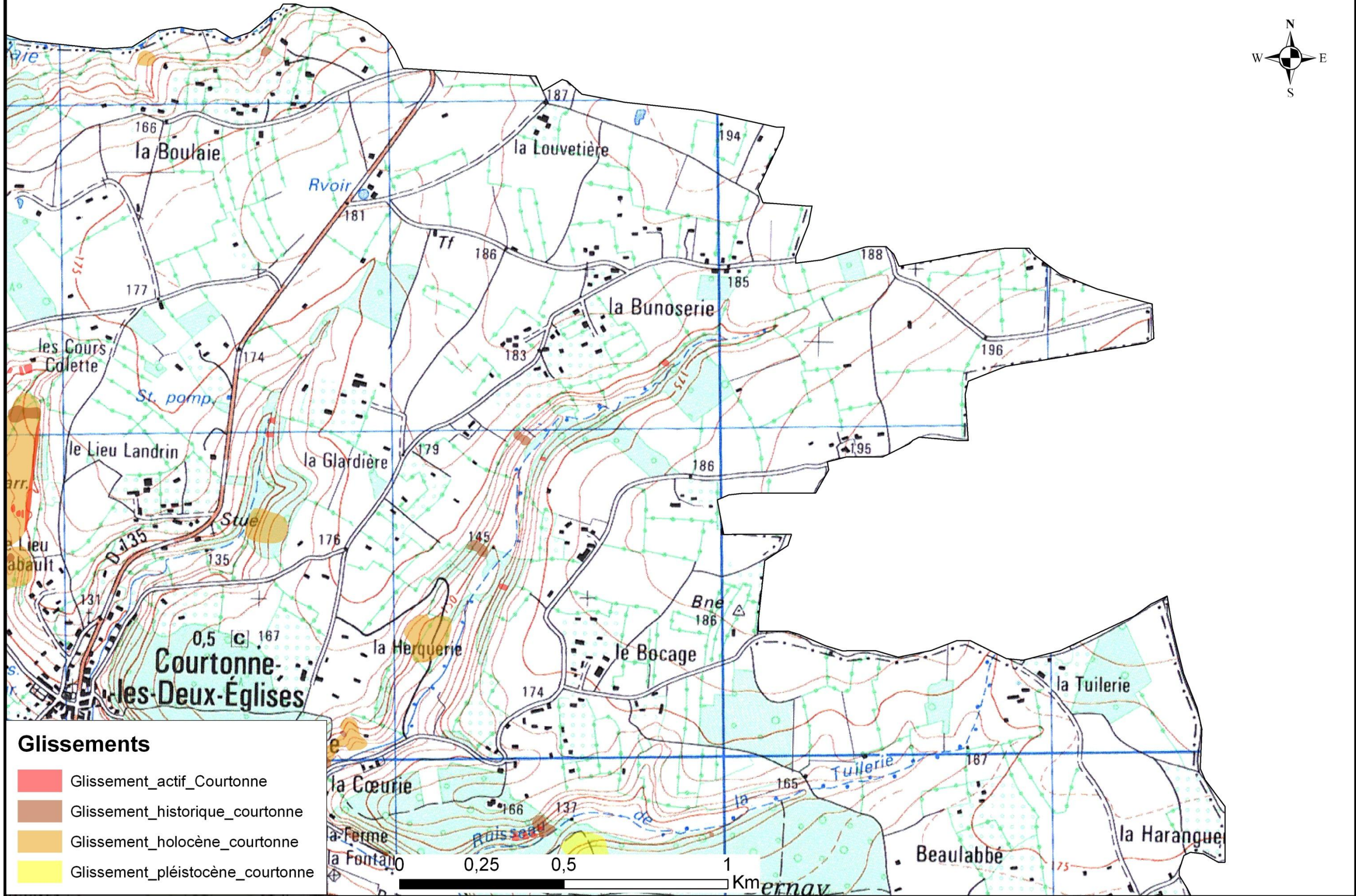




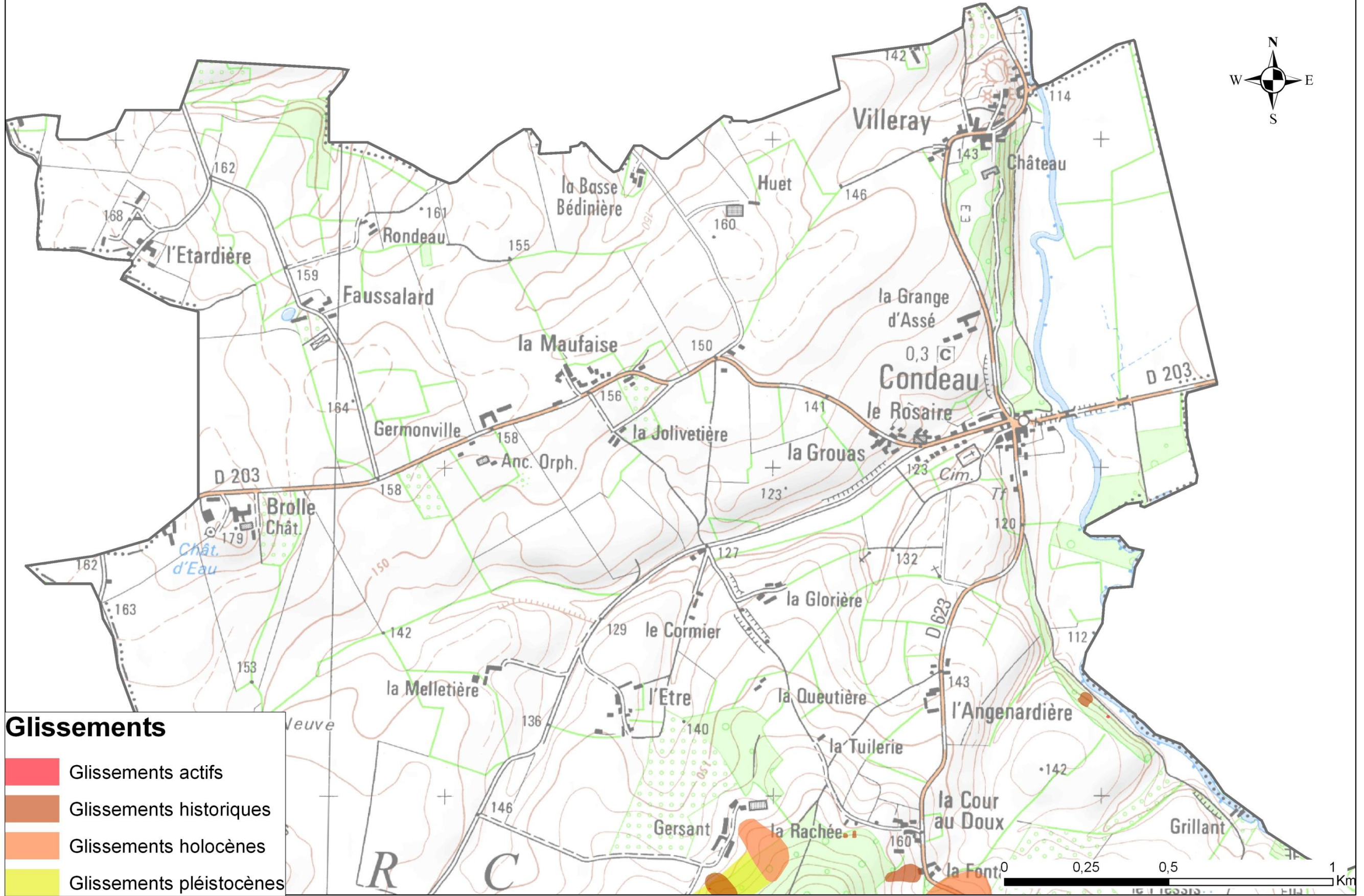


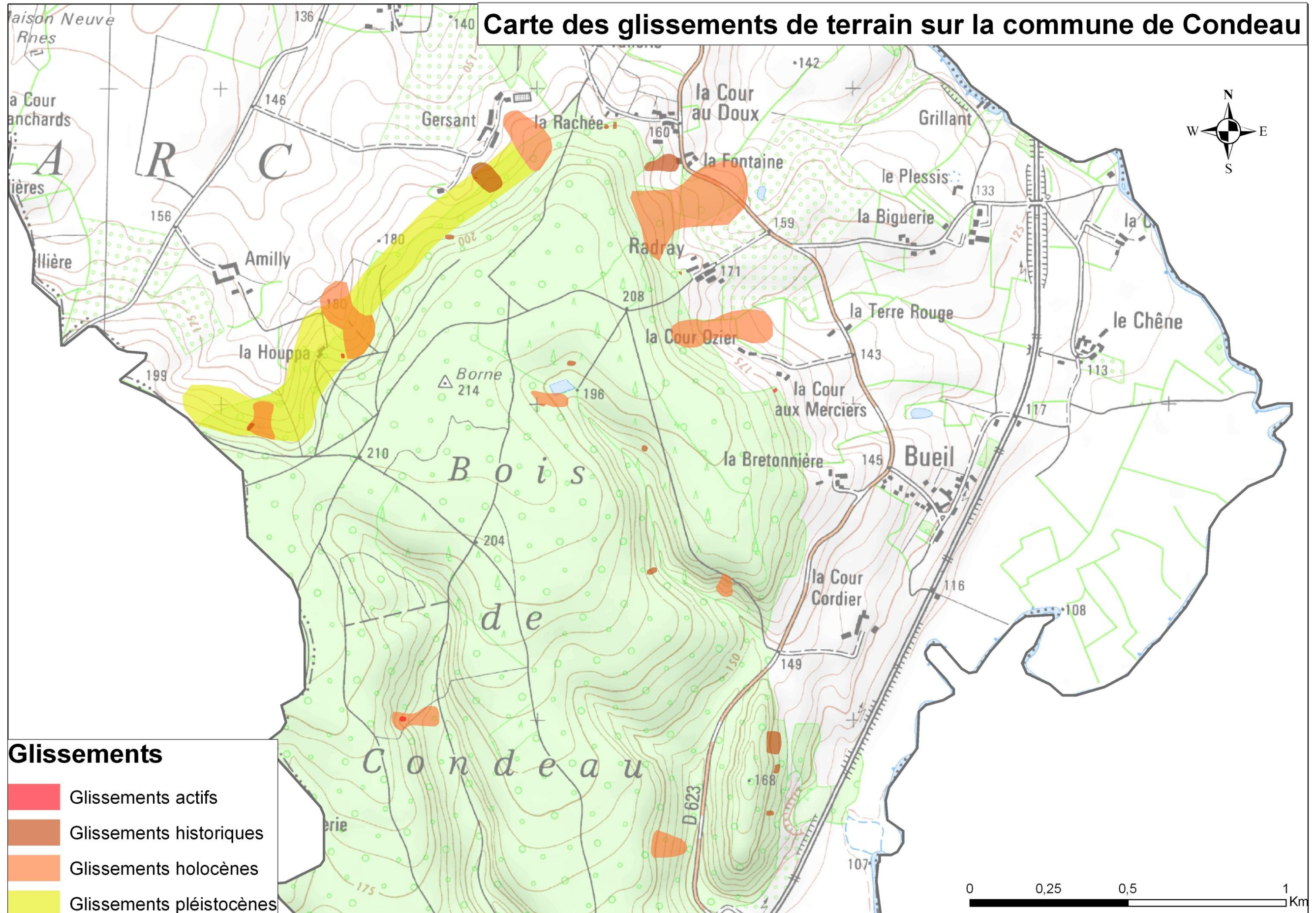


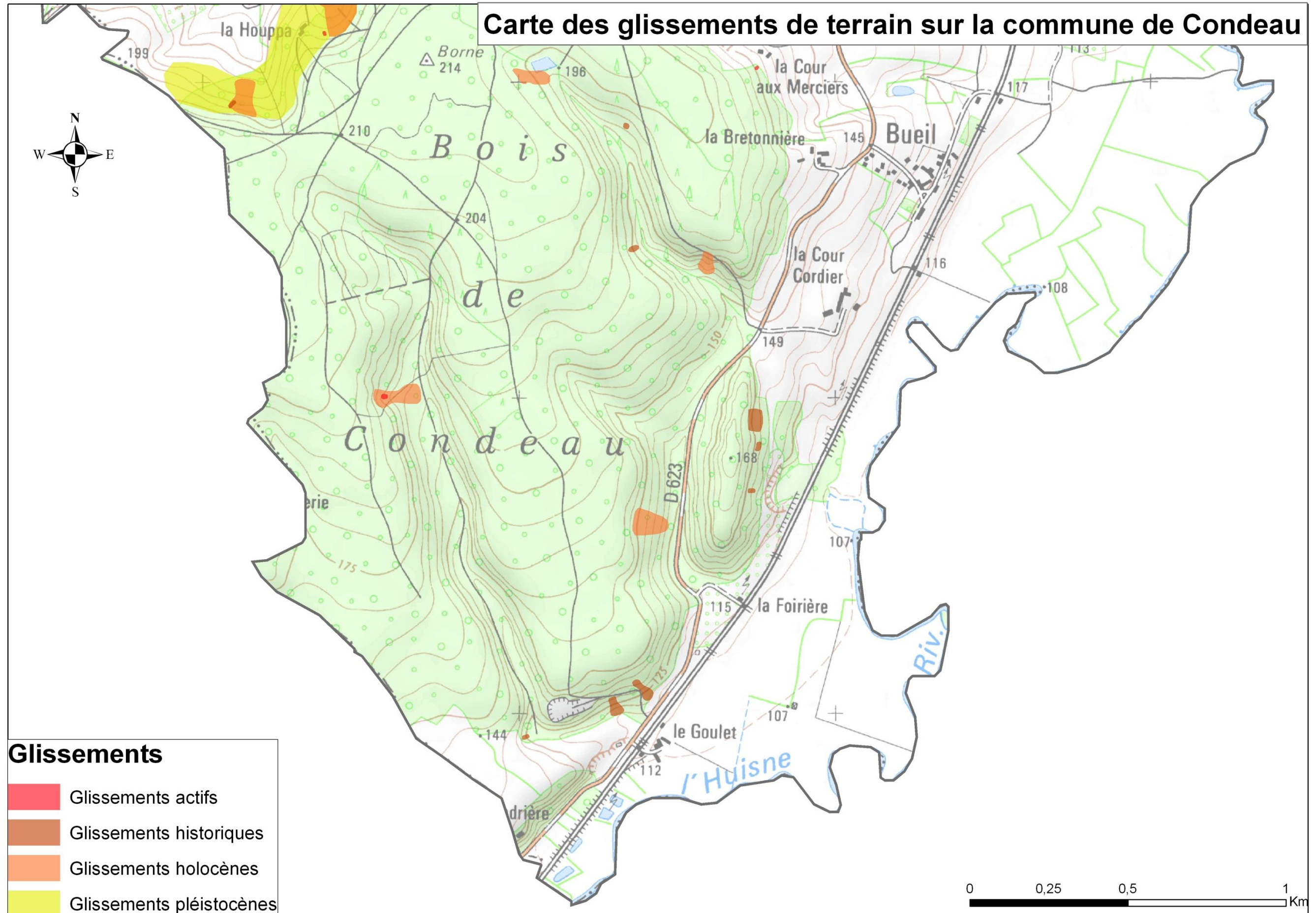
Carte des glissements de terrain de Courtonne les deux églises

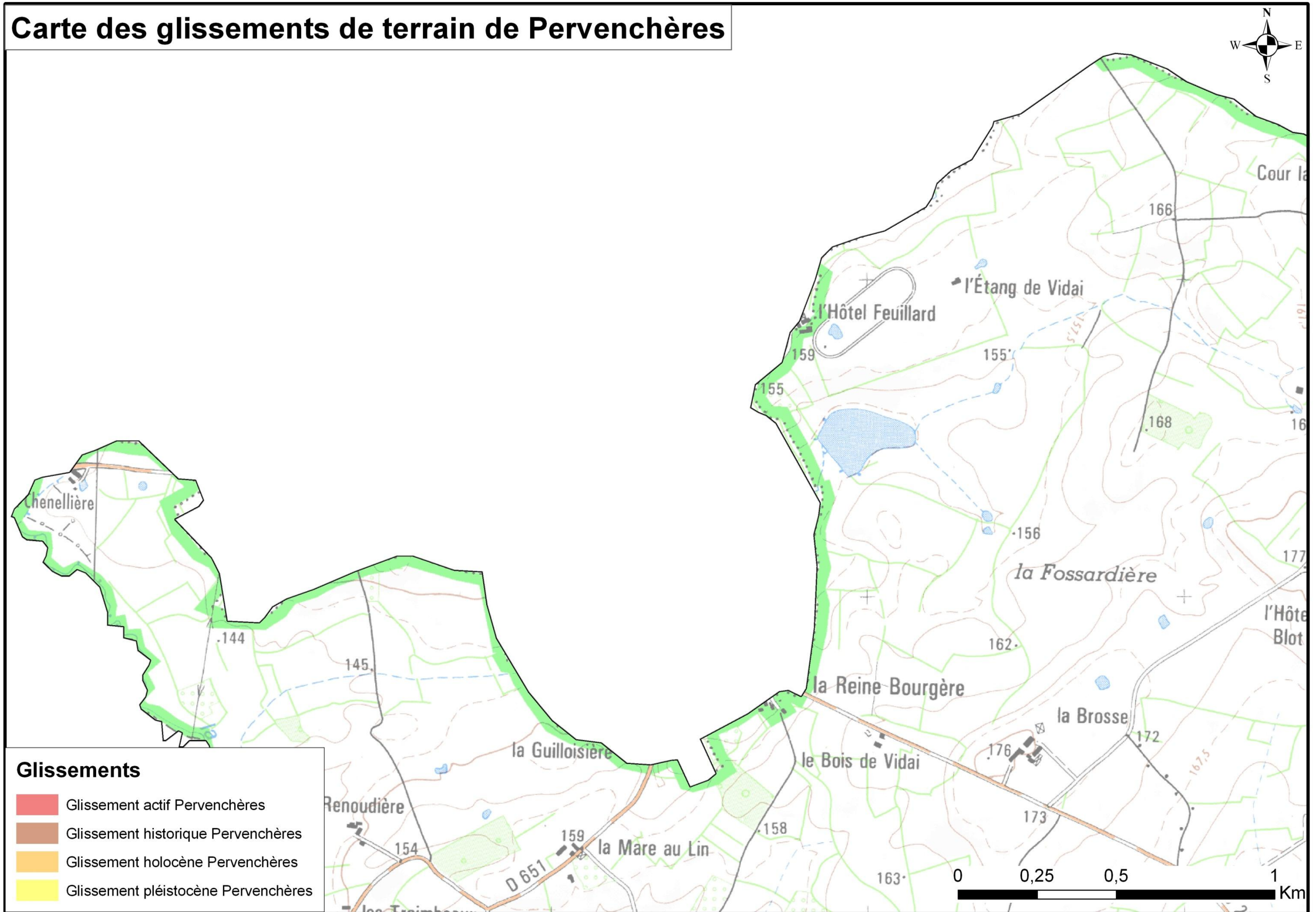


Carte des glissements de terrain sur la commune de Condeau

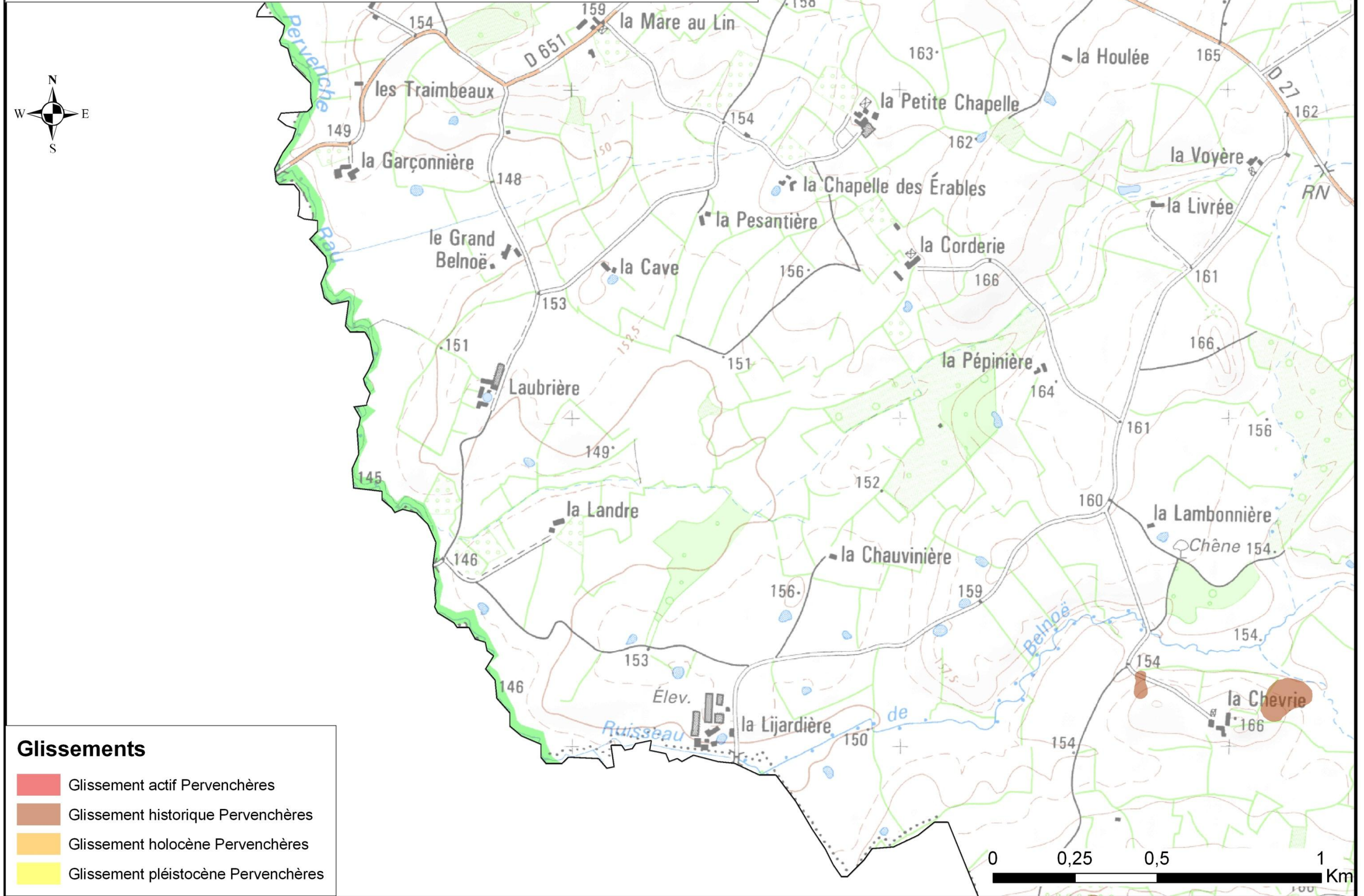




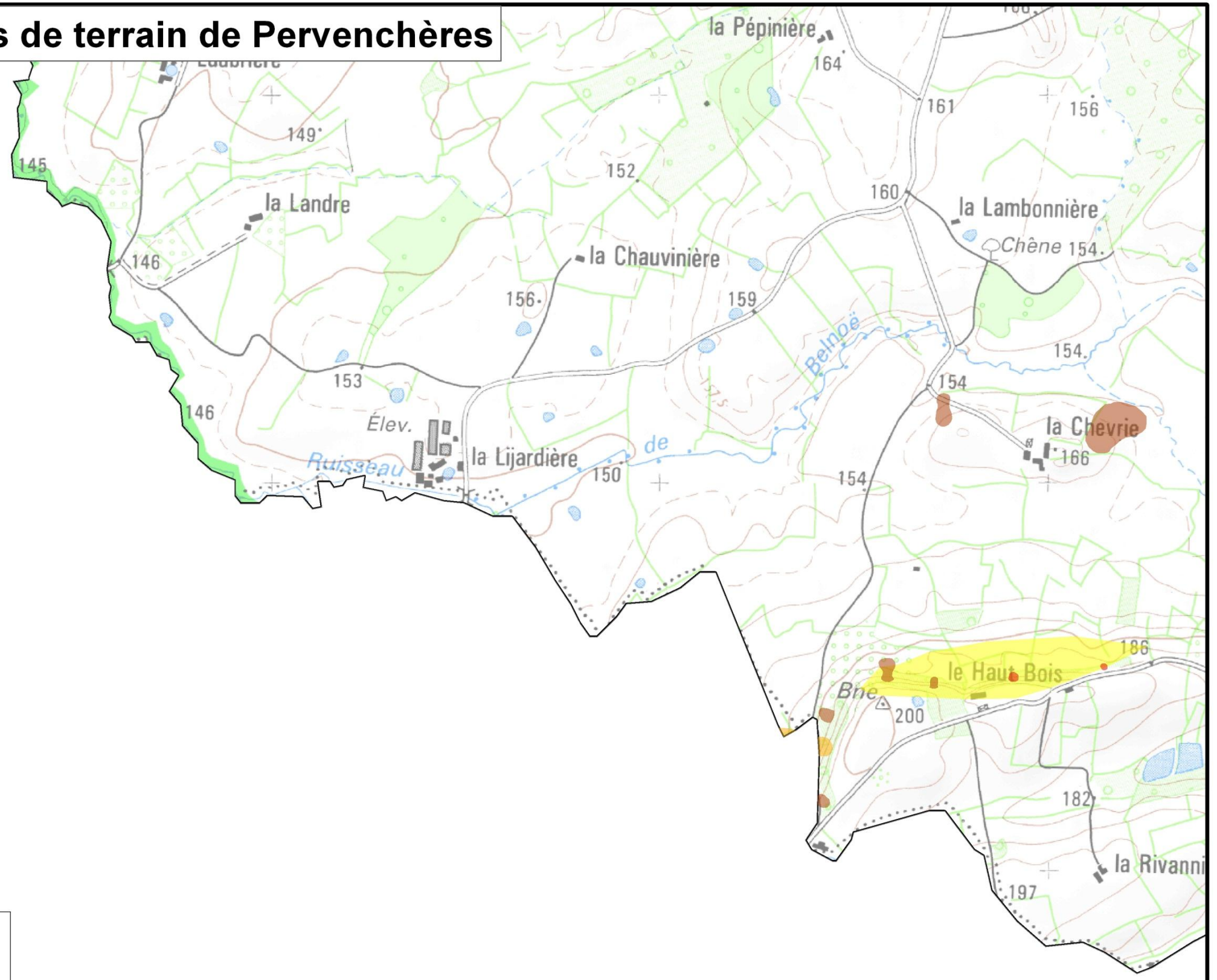








Carte des glissements de terrain de Pervenchères

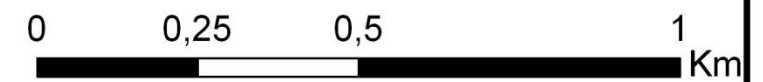


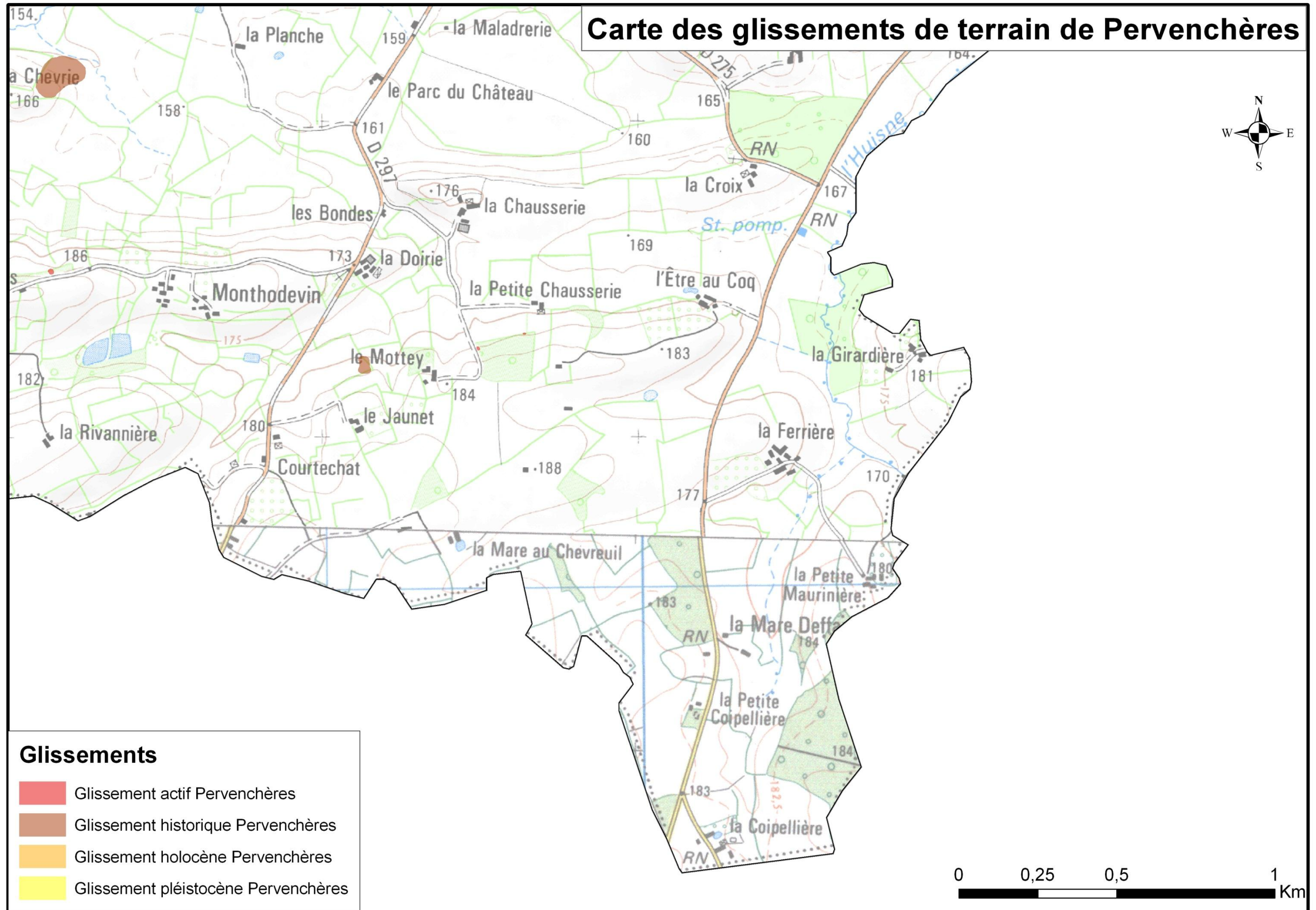
Carte des glissements de terrain de Pervençhères

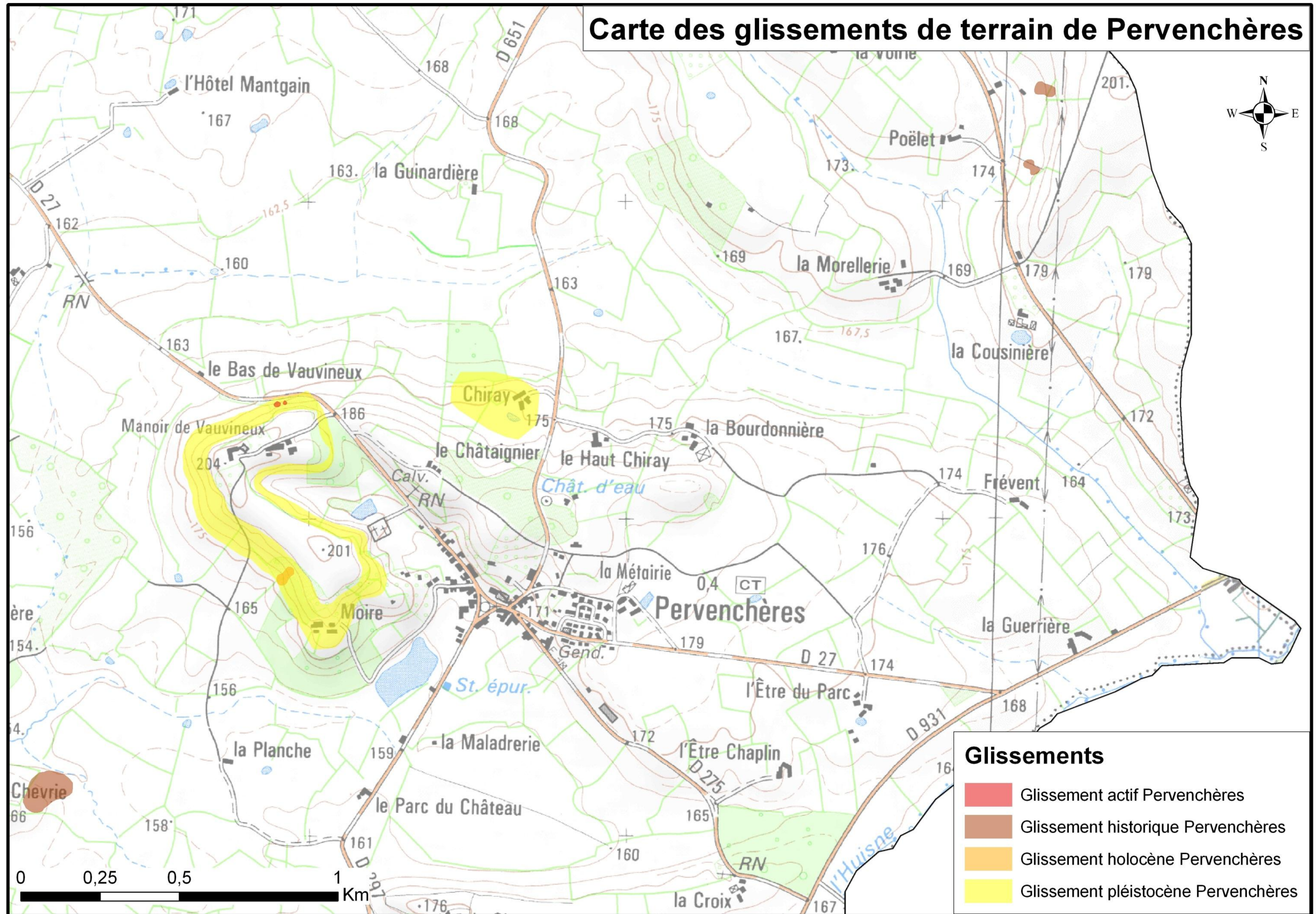


Glissements

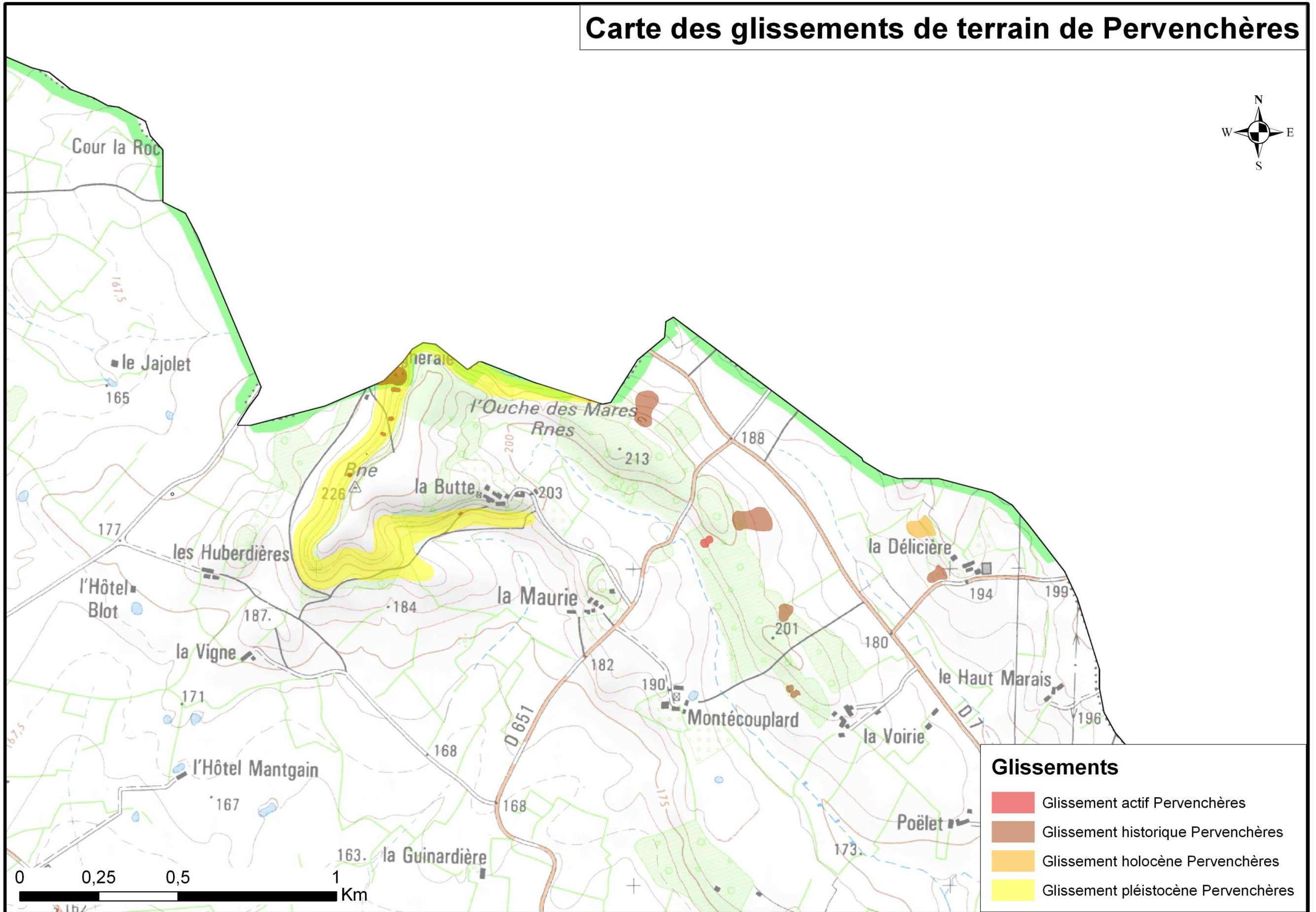
-  Glissement actif Pervençhères
-  Glissement historique Pervençhères
-  Glissement holocène Pervençhères
-  Glissement pléistocène Pervençhères







Carte des glissements de terrain de Pervençhères



Annexe 3

Cartographie de l'aléa

Planche 1 : Cordebugle

Planche 2 : Courtonne-les-deux-Eglises

Planche 3 : Condeau

Planche 4 : Pervençères



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Centre scientifique et technique

3, avenue Claude-Guillemin

BP 36009

45060 – Orléans Cedex 2 – France

Tél. : 02 38 64 34 34 - www.brgm.fr

Direction Régionale de Basse-Normandie

4, avenue de Cambridge

14200 – Hérouville-Saint-Clair – France

Tél. : 02 31 06 66 40