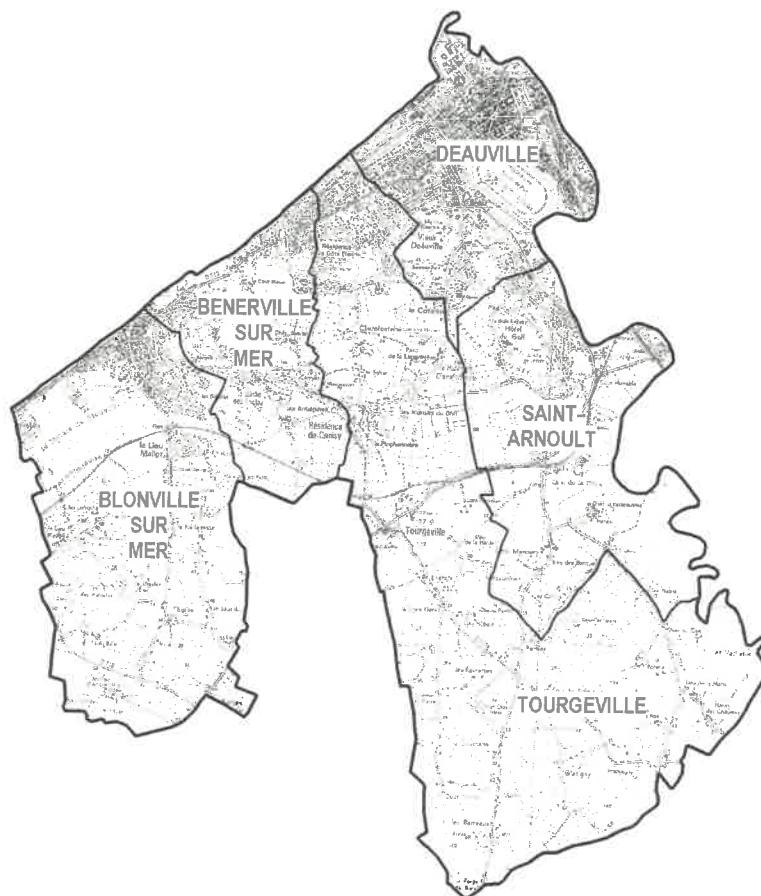


PREFECTURE DU CALVADOS

PLAN DE PREVENTION DES RISQUES MOUVEMENTS DE TERRAIN



RAPPORT DE PRESENTATION

POUR COPIE CONFORME
Pour la Préfecture de la Région

Chef de Bureau


C. ROLLAND

Adresse postale :
rue St Laurent
14038-CAEN CEDEX
Tél. 02.31.30.64.80.- Télécopieur 02.31.30.64.88.

*Sur pour être annexé
à l'arrêté du*

20 DEC. 2002

Le Préfet,

Didier CULTIAUX

RAPPORT DE PRESENTATION

I - GEOLOGIE ET GEOMORPHOLOGIE DU SITE DU MONT CANISY	2
I.1. - LA GEOLOGIE DU MONT CANISY	3
<i>I.1.1. - La série sédimentaire jurassique du Mont Canisy.....</i>	<i>3</i>
<i>I.1.1.a. - la série argileuse.....</i>	<i>3</i>
<i>I.1.1.b. - la série d'Auberville (non individualisé sur la carte géologique Le Havre à 1/50 000è, distingué par Dugué, 1989).....</i>	<i>5</i>
<i>I.1.2. - La structure tectonique du Jurassique.....</i>	<i>6</i>
I.2. - LA DYNAMIQUE QUATERNAIRE, LA MORPHOLOGIE DES VERSANTS ET LES FORMATIONS SUPERFICIELLES DU MONT CANISY	7
<i>I.2.1. - La dynamique quaternaire des versants dans le contexte régional</i>	<i>7</i>
<i>I.2.2. - La morphologie des versant du Mont Canisy</i>	<i>7</i>
<i>I.2.2.a. - les glacis globalement à l'équilibre (profils 3, 7)</i>	<i>7</i>
<i>I.2.2.b. - les versants plans présentant une instabilité superficielle (profil 2 en pied de versant, 4 et 6) ..</i>	<i>8</i>
<i>I.2.2.c. - les versants affectés de glissements anciens.....</i>	<i>8</i>
I.3. - LES FORMATIONS SUPERFICIELLES DES VERSANTS DU MONT CANISY	9
<i>I.3.1. - Les dépôts de solifluxion.....</i>	<i>9</i>
<i>I.3.2. - Les panneaux calcaires glissés</i>	<i>9</i>
<i>I.3.3. - Les loess.....</i>	<i>11</i>
I.4. - HYDROGEOLOGIE SOMMAIRE DU SITE DU MONT CANISY	11
I.5. - LE VERSANT NORD DE VILLERS.....	12
II. - LES MOUVEMENTS DE TERRAIN.....	12
II.1. - LES GLISSEMENTS.....	12
ILS INTERESSENT UNE EPAISSEUR DE TERRAIN IMPORTANTE.....	12
II.2. - LES FORMES DE SOLIFLUXION	13
II.3. - LES EBOULEMENTS	13
III. - CAUSES DES PHENOMENES D'INSTABILITE.....	14
III.1. - LES GLISSEMENTS COTIERS	14
III.2. - GLISSEMENTS DE FAIBLE AMPLITUDE SUR LES VERSANTS	15
III.3. - EBOULEMENTS.....	15
IV. - CARTOGRAPHIE DES PHENOMENES	16
V. - QUALIFICATION DES ALEAS ET CARTOGRAPHIE.....	17

I - GEOLOGIE ET GEOMORPHOLOGIE DU SITE DU MONT CANISY

L'instabilité partielle des versants du Mont Canisy tient fondamentalement à une configuration géologique (nature du substratum) et géomorphologique (modèle des versants) commune aux versants instables du Calvados et particulièrement nette au niveau de la côte : une dalle calcaire formant le plateau, domine des versants à substratum argileux dégagés par l'érosion quaternaire et partiellement recouverts de dépôts de pentes (fig. 1).

La dalle calcaire a eu lors des périodes d'intense érosion qui se sont succédées au cours du Quaternaire, un rôle protecteur préservant son soubassement argileux. Le Mont Canisy lui doit son existence.

Le corollaire de cette préservation est, ce qui peut paraître paradoxal, la création de versants dont le dénivelé atteint et dépasse la centaine de mètres. Le rôle protecteur de la dalle calcaire se retourne alors contre la stabilité des versants, car si les calcaires résistent bien à l'érosion, ils imposent aux argiles sous-jacentes une charge supplémentaire sans apporter eux-mêmes, du fait de leur fracturation, de résistance aux glissements. De plus, ce contexte géologique crée les conditions de formation, dans les calcaires, de réservoirs aquifères et donc d'écoulements dans les versants.

Les versants évoluent naturellement, lentement et inexorablement vers l'équilibre. Cet équilibre est contesté par des causes multiples : causes naturelles (érosion du pied des versants par les rivières ou la mer, accumulation de pressions hydrostatiques engendrées par les nappes aquifères et soumises aux aléas climatiques ; causes artificielles liées à des aménagements inadéquats).

Le Mont Canisy présente toutefois, dans ce contexte régional, quelques particularités :

- le Mont Canisy est une butte-témoin, isolée des plateaux environnants par la Touques au Nord-Est, par une dépression correspondant à un ancien cours abandonné de la Touques au Sud, l'érosion marine ne concernant actuellement qu'un cours segment au Nord-Ouest ;
- contrairement aux plateaux environnants, le Mont Canisy n'est pas couronné par la dalle de craie crétacée surmontant les argiles jurassiques, comme c'est le cas à l'Est entre Trouville et Cricqueboeuf comme à l'Ouest entre Houlgate et Villers-sur-Mer.

La dalle calcaire est constituée au Mont Canisy par un ancien « récif » jurassique d'extension horizontale limitée à l'échelle kilométrique. Aussi, le sommet de cette dalle culmine-t-il au Mont Canisy à une altitude de 100 à 111 m , alors que les plateaux de craie environnants sont plus élevés de 20 à 30 m environ.

Ces particularités du Mont Canisy ne changent pas fondamentalement les conditions actuelles de résistance des versants aux mouvements de terrains.

I.1. - La géologie du Mont Canisy

I.1.1. - La série sédimentaire jurassique du Mont Canisy

Le substratum jurassique du Mont Canisy est constitué par une série sédimentaire d'âge oxfordien (environ 150 millions d'années) très faiblement pentée vers le Nord-Est : la partie inférieure (d'âge oxfordien inférieur) est à dominante argileuse sur plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur ; elle est surmontée par la partie supérieure (d'âge oxfordien moyen) à dominante calcaire, épaisse de plusieurs dizaines de mètres également. La description qui suit est la synthèse de la carte géologique Le Havre à 1/50 000^e (Pareyn et Viallefond, 1968), la thèse récente d'O. Dugué (La bordure occidentale du Bassin anglo-parisien au Callovo-oxfordien, 1989), et d'observations faites sur le terrain au cours de l'année 1999.

I.1.1.a. - la série argileuse

La série argileuse présente à l'affleurement ou masquée par les dépôts de pentes dans les parties basses des versants du Mont Canisy, est constituée de plus de 50 m de marnes grises dans lesquelles s'intercalent quelques bancs de calcaires argileux. Elles reflètent des conditions de dépôts dans un environnement marin de vasière à huîtres.

Le taux de sédimentation des particules principalement argileuses est important. Au cours des temps géologiques, la compaction a transformé ces anciennes vases en argiles serrées sur-consolidées en profondeur, mais susceptibles en surface, par l'altération superficielle, de se transformer en argiles molles. On peut y distinguer trois formations superposées qui sont de bas en haut :

- **les Marnes de Villers** (cartographiées j4a sur la carte géologique Le Havre à 1/50 000^e).
- Les Marnes de Villers sont réputées avoir une épaisseur totale de l'ordre de 25 à 30 m. Cette épaisseur est probablement sous-évaluée.

Il s'agit d'une formation argileuse grise monotone comportant quelques bancs de calcaires argileux. La teneur moyenne en carbonates est de l'ordre de 20 %. Les minéraux argileux sont l'illite (5/10), la kaolinite (3,5/10), des interstratifiés irréguliers et chlorite (1,5/10). La teneur en quartz est très faible, inférieure à 5 %.

Les Marnes de Villers sont subaffleurantes dans les parties basses des versants sud du Mont Canisy, ainsi que dans le glacis situé sous Clairefontaine et Saint-Gabriel. Elles prennent alors en surface une teinte jaunâtre due à l'altération. Dégagées par une érosion marine très active à l'Est de Bénerville, elles montrent une coupe fraîche d'une dizaine de mètres d'épaisseur de marnes grises. Ailleurs, elles sont la plupart du temps largement recouvertes par les dépôts de pentes.

- **l'Oolithe ferrugineuse de Villers** (cartographie j4, non différenciée des Marnes de Villers, sur la carte géologique Le Havre à 1/50 000è).

L'Oolithe ferrugineuse de Villers, épaisse de 2 à 2,5 m est constituée d'une alternance de marnes et de bancs de 20 à 40 cm de calcaires argileux contenant 10 % environ d'oolithes ferrugineuses. Elle indique un ralentissement temporaire du taux de sédimentation argileuse.

L'Oolithe ferrugineuse de Villers, encadrée par deux formations plus argileuses, dessine une petite vire discrète au versant Sud du Mont Canisy observable de la cote 50 m au Sud de la Pinchonnière à 35 m au niveau du nouveau cimetière de Saint-Arnoult. Ce niveau est donc légèrement plus résistant à l'érosion que les marnes encadrantes, mais sa constitution et sa faible épaisseur ne permettent pas d'en attendre un rôle significatif au niveau de la stabilité d'ensemble des versants.

- **les Marnes à Lophia** (cartographiées j4b sur la carte géologique Le Havre à 1/50 000è).

Il s'agit de marnes grises à bancs calcaréo-marneux lumachelliques à huîtres (*Lophia*) surmontant l'Oolithe ferrugineuse. L'épaisseur serait de l'ordre de 6 m (Dugué, 1989) à 17 m (carte géologique Le Havre).

La teneur des marnes en carbonates est d'au moins 35 %. Les minéraux argileux sont l'illite (5/10), la kaolinite (3,5/10) et les interstratifiés irréguliers (1,5/10).

Les Marnes à Lophia sont généralement masquées par les dépôts de pente alimentés par la série calcaire immédiatement superposée et n'apparaissent qu'à l'occasion de travaux de terrassement. C'est essentiellement sur ce niveau imperméable que se localisent les petites sources résurgentes de l'aquifère des calcaires sus-jacents.

I.1.1.b. - la série d'Auberville (non individualisé sur la carte géologique Le Havre à 1/50 000è, distingué par Dugué, 1989).

La corniche et le plateau du Mont Canisy sont constitués par une série calcaire, d'âge oxfordien moyen, d'une épaisseur pouvant atteindre plus de 40 m. Ces calcaires reflètent une énergie de dépôt croissante dans un milieu marin en voie de comblement jusqu'au stade récifal proche de l'émersion. On peut y distinguer de bas en haut trois formations successives (Dugué, 1989).

- le calcaire d'Auberville (non individualisé sur la carte géologique Le Havre à 1/50 000è, distinguée par Dugué, 1989).

D'une épaisseur de 6 à 10 m environ, la formation du Calcaire d'Auberville est constitué d'une alternance de calcaires grés-argileux à grains ferrugineux et d'intercalations argileuses.

Les argiles contiennent de l'illite (4/10), de la kaolinite (3/10) et des smectites (3/10). Les grains de quartz, souvent grossiers, constituent jusqu'à 10 % de la roche.

La plupart du temps masqué par les dépôts de pente, le Calcaire d'Auberville est localement subaffleurant (par exemple au Sud de Clairefontaine, chemin du Cimetière Militaire Britannique).

- le Calcaire de Trouville (cartographie j6a sur la carte géologique Le Havre à 1/50 000è)

D'une épaisseur variable pouvant atteindre 20 m, le Calcaire de Trouville est constitué de bancs de calcaire oolithique blanchâtre, de sables oolithiques blancs à litage oblique et de quelques minces loupes argileuses. Le taux de carbonates est en moyenne de l'ordre de 85 %.

Le Calcaire de Trouville affleure en plusieurs points de la corniche du Mont Canisy.

- le calcaire récifal (Coral-rag) (cartographié j6b sur la carte géologique Le Havre à 1/50 000è).

Il s'agit d'un calcaire récifal, constitué par une multitude de récifs à polypiers, encroûtés d'algues calcaires à la partie supérieure. Plus qu'une unique dalle calcaire rigide et continue, il s'agit d'un ensemble de niveaux calcaires plus ou moins lenticulaires, plus ou moins oolithiques ou lumachelliques. Le calcaire récifal est globalement très résistant à l'érosion.

L'épaisseur du Coral-rag est variable, de 2 m au Sud-Ouest à 25 m au Nord-Est du Mont Canisy, alors que dans les falaises de Villers et

de Trouville, il se réduit à moins d'un mètre. C'est donc au Mont Canisy que le Coral-rag atteint son plus grand développement. Sa variation d'épaisseur est probablement pour partie liée à sa forme lenticulaire, mais aussi au façonnement de la surface d'érosion du plateau, oblique par rapport au pendage des couches vers le Nord-Est (voir plus loin).

Le Coral-rag affleure en place de façon discontinue au sommet de la corniche calcaire et dans les anciennes carrières situées sur le plateau.

1.1.2. - La structure tectonique du Jurassique

Indépendamment des grands glissements quaternaires, les couches jurassiques présentent une structure monoclinale avec un prolongement de l'ordre de $1,5^\circ$ vers le Nord-Est : la base du Coral-rag se trouve ainsi à 90 m d'altitude au flanc sud près de la Croix-Solier, mais seulement à 40 m environ à Vieux-Deauville près de Saint-Laurent.

Ce pendage est lié à l'enfoncement général des couches en direction du Centre du bassin de Paris.

La surface, presque horizontale, du plateau du Mont Canisy n'est donc pas une surface structurale, parallèle aux couches, mais une surface d'érosion. Cette surface est ancienne, probablement anté-crétacé : on observe en effet la présence par places à la surface du plateau, d'une part de témoins d'argile à silex provenant de l'altération tertiaire du Crétacé. Des amas de glauconitite sont d'ailleurs observables, associés aux calcaires coralliens glissés jusqu'à la côte dans la partie ouest du glissement de Bénerville. Du Crétacé s'est donc déposé au-dessus du Jurassique du Mont Canisy comme sur les plateaux environnants, mais, altéré et décapé par l'érosion tertiaire avant le creusement quaternaire il n'a joué aucun rôle dans la dynamique récente du site du Mont Canisy.

Aucune faille d'origine tectonique, comparable à la grande faille de Villers qui présente à environ 3 km au Sud-Ouest n'est signalée comme affectant la série jurassique du Mont Canisy.

Il n'entre pas dans le cadre de cette étude de faire une analyse détaillée de la fracturation de la série jurassique. Dans cette configuration structurale, dalle calcaire sur assise argileuse, on observe la plupart du temps une fracturation parallèle aux versants liée à la décompression consécutive à l'érosion. Les études faites dans le site des falaises du Bessin montrent que cette décompression, liée à un fluage des marnes sous-jacentes, désolidarise sur le rebord du plateau des panneaux calcaires des couches restées en place et favorise les glissements.

I.2. - La dynamique quaternaire, la morphologie des versants et les formations superficielles du Mont Canisy

I.2.1. - La dynamique quaternaire des versants dans le contexte régional

A la fin de l'ère tertiaire, le Mont Canisy n'est pas individualisé en tant que tel : la région est occupée par une vaste pénéplaine dont les plateaux environnants sont les témoins préservés. L'encaissement du réseau hydrographique a débuté il y a 2 millions d'années environ et s'est accentué au cours du Quaternaire. Cette période, qui dure jusqu'à nos jours, est marquée par une succession de cycles climatiques : les périodes froides à conditions périglaciaires alternent avec des périodes tempérées telle que celle que nous connaissons actuellement.

Au cours des phases de refroidissement, les glaces s'accumulent sur les calottes polaires, le niveau de la mer baisse, l'érosion modifie le profil des versants, favorise les grands glissements de terrain, tandis que les alternances gel-dégel désagrègent les roches et libèrent une quantité de matériaux soliflués sur les versants (dépôts de solifluxion). Les grands froids s'accompagnent d'un soufflage par les vents d'Ouest de limons éoliens qui se déposent sur les plateaux et sur les versants Est abrités (loess).

Les phases de réchauffement se traduisent au contraire par une remontée du niveau marin, une transgression marine, l'érosion des parties exposées du littoral, en même temps qu'un remblayage des estuaires et des fonds de vallées par les alluvions.

Les formations superficielles et le façonnement des versants du Mont Canisy, tels que nous les voyons actuellement, façade maritime exclue, résultent principalement du dernier cycle dit weichselien. Le refroidissement a débuté vers - 115 000 ans. Le climat périglaciaire s'est installé entre - 80 000 ans et - 13 000 ans. Le réchauffement qui aboutit aux conditions climatiques actuelles s'est accéléré durant la période holocène, depuis 10 000 ans.

I.2.2. - La morphologie des versant du Mont Canisy

L'examen des versants sur le terrain, des cartes topographiques et la réalisation de profils (fig. 2) montrent que les versants du Mont Canisy présentent schématiquement trois types morphologiques.

1.2.2.a. - les glacis globalement à l'équilibre (profils 3, 7)

Ces versants présentent un profil convexe dans la partie haute, au niveau des calcaires jurassiques, concave et régulier dans les parties basse et médiane, au niveau du substratum argileux. Ce type de profil caractérise des glacis ayant atteint leur profil d'équilibre : glacis d'érosion

(partie basse du glacis de Clairefontaine, ou le sol repose directement sur les Marnes de Villers altérées superficiellement) et glacis d'accumulation de dépôts de solifluxion (partie haute du versant de Clairefontaine, glacis au Sud des Caillouets et de Croix Solier. Le pied de ces glacis est généralement situé au niveau du remblayage alluvial holocène, mais le versant Sud du Mont Canisy conserve l'héritage de glacis plus anciens se raccordant vers le bas à l'ancien cours de la Touques (la paléo-Touques du Quaternaire moyen qui s'est encaissée au Sud du Mont Canisy jusqu'à la cote + 20 m environ avant d'abandonner cet ancien cours au profit du cours actuel).

Ces glacis peuvent être déstabilisés naturellement et localement par des surcreusements de talwegs comme on le constate par exemple à l'Est de Clairefontaine, au Nord-Ouest de Château Gabriel.

1.2.2.b. - les versants plans présentant une instabilité superficielle (profil 2 en pied de versant, 4 et 6)

Ces versants sont caractérisés par une pente constante, de l'ordre de 11° à 13°. L'équilibre naturel n'y est pas encore réalisé comme l'indique la présence de nombreux glissements superficiels d'épaisseur métrique. Ils semblent correspondre à des profils jeunes activés par des processus d'érosion en pied de versant : érosion marine précédant le remblayage holocène au NE de la Cour Bleue (profil 2), à Vieux Deauville (profil 4), érosion fluviale au pied du nouveau cimetière de Saint-Arnoult (profil 6).

1.2.2.c. - les versants affectés de glissements anciens (profil 1 et 5)

Ces versants présentent d'importantes variations de pente indiquant la présence de grands glissements anciens.

Ainsi, la morphologie du versant est du Mont Canisy (profil 5) reflète la présence de glissements rotationnels pluridécamétriques anciens largement colmatés (ce qui les rend difficiles à détecter) par les dépôts de solifluxion et les limons éoliens. Le modelé de ce versant est essentiellement acquis lors de la dernière phase froide, en ajustement à un niveau de base correspondant au mur du remblayage alluvial de la Touques, à la cote - 20 m environ au droit de Saint-Laurent.

Le profil 1, à l'Est de Bénerville, montre au niveau de la D.513 un replat caractéristique de la présence d'un glissement rotationnel ancien partiellement colmaté par les dépôts de solifluxion, tandis que les glissements actuels, liés à la reprise de l'érosion marine en pied de versant modifient complètement la partie basse du profil.

I.3. - Les formations superficielles des versants du Mont Canisy

Les formations superficielles associées à la dynamique des versants du Mont Canisy sont principalement : les dépôts de solifluxion, les panneaux calcaires glissés de dimension pluridécamétrique, les loess.

1.3.1. - Les dépôts de solifluxion

Il s'agit de dépôts très hétérogènes, de composition très variable d'un point à un autre, caractérisés par un mélange de blocs de dimension centimétrique à métrique mélangés à une matrice sableuse, limoneuse et argileuse en fonction du matériau disponible sur les versants.

Souvent désignés, à tort, comme éboulis dans le langage courant, ces dépôts sont caractéristiques de la dynamique périglaciaire à alternances marquées gel-dégel qui a régné pendant la dernière période froide (- 80 000 à - 13 000 ans). Le mécanisme de formation est schématiquement le suivant : la corniche calcaire, soumise au gel, se désagrège en débris calcaires emportés vers le bas par la gravité et le ruissellement des périodes de dégel. Ces débris sont mélangés au cours de leur progression à la fois à des blocs très grossiers provenant de l'écroulement de la corniche, à des paquets glissés et aux matériaux fins présents sur le versant : anciens limons éoliens, argiles du substratum, etc... Le mélange, très sensible à l'augmentation de la teneur en eau des périodes de dégel flue et s'accumule sur les pentes, même faibles.

Les dépôts de solifluxion sont susceptibles de recouvrir de grandes étendues sur les versants, depuis le rebord du plateau, empatant le pied de la corniche, s'organisant souvent vers l'aval en véritables coulées. Ces dépôts peuvent ainsi atteindre des épaisseurs considérables et rapidement variables, que ne peuvent révéler que les sondages. Du fait même du mode de formation, les dépôts tendent à être de plus en plus argileux (donc de mauvaises caractéristiques mécaniques liées à une grande sensibilité à la teneur en eau) vers le bas des versants. Les forages réalisés par la société Fond-Ouest à l'Est de Bénerville ont révélé l'importance de la coulée représentée sur la carte Le Havre 1/50 000^e (LV) : son épaisseur croissante vers le bas du versant dépasse 7 m ; la coulée colmate la contre-pente du glissement rotationnel situé au niveau de la D.513 (voir plus loin). Ces dépôts sont observables au-dessus des Marnes de Villers dans la falaise située à l'Est de Bénerville.

1.3.2. - Les panneaux calcaires glissés

A 250 m à l'Est de la chapelle Saint-Laurent, le calcaire de Trouville montre quelques bancs plongeant à plus de 50° vers le Sud-Ouest, en sens contraire de la pente générale du versant. Des fouilles réalisées en 1999 entre le réservoir et le Pré Sec confirment la présence d'un gros panneau glissé de calcaire, à contre-pendages de 30° à 40°. La

contre-pente amont de ce glissement ancien (qui pourrait dater de - 100 000 ans environ) est colmatée par des dépôts de solifluxion de plusieurs mètres d'épaisseur, puis par des loess weichseliens (- 20 000 ans). La surface de glissement, non visible, se situe probablement vers une vingtaine de mètres de profondeur ou plus. La présence de grands glissements anciens en rive gauche de la Touques n'est pas surprenante : d'une part, le surcreusement de la vallée (- 20 m) est important, d'autre part, c'est là qu'on observe, du fait du plongement vers le Nord-Est du Jurassique, la plus forte épaisseur de calcaires au-dessus de la série argileuse.

Un glissement rotationnel identique a été révélé en 1998 à l'occasion des travaux d'aménagement du tennis situé à l'Est de Bénerville entre la D 513 et la mer. Le chemin d'accès du tennis à la mer a dégagé, à la cote 30 m environ, 4 m d'épaisseur de bancs appartenant au sommet du Calcaire de Trouville surmonté du Coral-rag. Ces couches présentent un contre-pendage de 40° vers l'amont du versant. La surface de glissement est difficile à observer à l'affleurement : à la cote de 20 m environ, on observe (difficilement) un contact anormal entre un faciès à nodules ferrugineux qui, pour O. Dugué, représenterait la base du calcaire de Trouville et des marnes grises froissées appartenant probablement à la formation des Marnes de Villers. Les marnes de Villers en place sont visibles une dizaine de mètres entre contrebas au pied de la falaise.

Le forage carotté CETE implanté au niveau du tennis (cote environ 33 m) a traversé de haut en bas :

- de 0 m à 2 m : dépôts de solifluxion (marnes brunes mélangées à des galets calcaires).
- de 2 m à 15 m : Coral-rag (calcaires construits à polypiers)
- de 15 à 20,3 m : calcaire de Trouville (calcaires oolithiques)
- de 20,3 m à 21 m : marnes grises déstructurées, débris d'Oolithe ferrugineuse, marquant la surface de base du glissement du panneau calcaire sus-jacent.
- de 21,4 m à 26 m (fin du forage) : Marnes de Villers en place (marnes grises homogènes à ammonites pyriteuses).

La surface de glissement est donc à ce niveau à une profondeur de 21,4 m sous la surface du sol.

Le replat morphologique observable en amont de la D.513 à la cote de 35 m pourrait être dû à un glissement rotationnel du même type dans lequel celui situé au niveau du tennis serait emboîté.

Au contraire, un sondage destructif valorisé par l'enregistrement de la radioactivité naturelle implanté près de la Chapelle St Laurent n'a pas rencontré de panneau calcaire. Il n'a pas été possible de déterminer avec certitude l'épaisseur des dépôts de solifluxion qui pourrait être de 13 mètres.

Le promontoire qui supporte la chapelle ruinée de Saint-Arnoult est constitué par un panneau calcaire qui semble, par rapport à la position normale des calcaires du plateau, en position anormalement basse. Aucun contre-pendage n'est observable à l'affleurement. Il pourrait s'agir d'un panneau tassé par fluage sur les marnes sous-jacentes sans surface nette de glissement.

Un panneau glissé est également figuré à mi-versant sur la carte géologique à 1/50 000^e au Sud-Ouest de Vieux Deauville. Les conditions actuelles d'affleurement n'apportent pas de précisions.

1.3.3. - Les loess

Les limons éoliens, qui occupent de grandes surface sur les plateaux du pays d'Auge, se sont également accumulés sur les versants sous le vent lors de leur mise en place, à la fin de la dernière période froide, par soufflage des fonds exondés de la Manche sous un régime de vent d'Ouest. Non cartographiés sur la carte géologique Le Havre à 1/50 000^e, ils participent largement au recouvrement du versant Est du Mont Canisy :

- entre Cour Manable et la Chapelle ruinée de Saint-Arnoult, on observe au moins 1,5 m de limons recouvrant des dépôts de solifluxion ;
- au Pré Sec, les limons dépassent 1 m d'épaisseur ;
- les loess colmatent, à la suite des dépôts de solifluxion qu'ils surmontent, la contre-pente du glissement rotationnel ancien de Saint-Laurent : l'épaisseur atteint plus de 3 m.

Gorgés d'eau, ce qui est le cas notamment en pied de versant, les loess ont de mauvaises caractéristiques mécaniques.

I.4. - Hydrogéologie sommaire du site du Mont Canisy

Bien que d'extension limitée, le Mont Canisy présente un réservoir aquifère au niveau des calcaires jurassiques. Du fait du plongement des couches vers le Nord-Est, les émergences se répartissent surtout sur les versants Nord et Nord-Est, à la base des calcaires, principalement au niveau du contact entre la Calcaire d'Auberville et les Marnes à Loph. Ces émergences contribuent à l'alimentation des nappes superficielles

des versants, à la base des manteaux de solifluxion et des recouvrements de loess, au contact avec les argiles jurassiques imperméables. Le niveau de ces nappes est très sensible aux fluctuations climatiques, saisonnières, pluriannuelles. Au versant Sud, le niveau moyen semble s'établir de 1 à 2 m sous la surface du sol. En plusieurs points du versant Nord-Est, on rencontre la nappe dès 1 m de profondeur ou moins. Ces nappes superficielles, en saturant les formations sensibles (dépôts de solifluxion, loess, marnes altérées), en déjaugant les terrains, et en créant des forces d'écoulement vers le bas des pentes, jouent évidemment un rôle très défavorable à la stabilité des versants. On a pu constater à maintes reprises le rôle déclencheur des nappes, à la suite des périodes exceptionnellement pluvieuses, dans les grands glissements de terrain.

I.5. - Le versant Nord de Villers

Constitué par les formations argileuses de la série jurassique décrites précédemment, il est affecté au Sud par un important accident tectonique (faille de Villers) qui met notamment en contact la craie et les marnes.

Le substratum marneux est recouvert :

- par des dépôts de solifluxion
- des loess
- des terrains fluviaux anciennes qui forment des replats caractéristiques dans la topographie.

II. - Les Mouvements de Terrain

Les mouvements de terrain peuvent être classés en trois catégories :

II.1. - Les Glissements

Ils intéressent une épaisseur de terrain importante.

Ils comprennent de façon schématique :

- les glissements plans dont la surface de rupture est constituée par le substratum argileux.
- les glissements circulaires dont la surface de rupture prend une forme de cuiller avec bourrelet à l'aval.

Sur le secteur étudié, les glissements actifs s'observent sur le littoral de Bénerville où ils ont notamment pour origine une remise en mouvement des épaisses formations de solifluxion quaternaires.

Le mécanisme est relativement complexe ; on observe en réalité une succession de glissements de type circulaire dont la limite amont est constituée, soit de formations meubles, soit de pans de calcaires issus de la corniche.

La succession de ces glissements circulaires donne l'aspect d'un glissement plan généralisé affectant l'ensemble du versant.

Toutefois, l'évolution dans le temps à prendre en compte pour établir une carte de risques raisonnable est bien celle qui correspond à la vitesse estimée du recul des fractures arrières limitant les glissements circulaires.

Sur les versant intérieurs, des masses soliflués de même constitution que celles que l'on observe sur la cote ont été observées ; elles peuvent être considérées comme stabilisées, sauf à modifier de façon significative la topographie.

II.2. - Les formes de solifluxion

Elles sont dues à la remise en mouvement des formations de faible épaisseur qui recouvrent le substrat des versants. Les formes sont de plusieurs types :

- moutonnement par reptation intéressant une faible épaisseur de sol
- loupes de solifluxion contiguës à des zones humides donnant une surface de sol moutonnée.
- bourrelets avec ligne de rupture à l'amont.

II.3. - Les éboulements

Ils concernent les talus et escarpements rocheux du Canisy d'où des blocs peuvent se détacher.

III. - Causes des phénomènes d'instabilité

III.1. - Les glissements côtiers

Les glissements côtiers sont liés à plusieurs causes naturelles, décrites ci-après.

Les causes naturelles permanentes sont liées à la combinaison de plusieurs facteurs que sont :

→ la nature des terrains avec la présence d'importants niveaux argileux qui constituent une grande partie des couches solifluées.

→ les caractéristiques mécaniques faibles de ces terrains.

→ la présence de nappes diffuses qui imbibent les sols et trouvent leur exutoire sur le versant.

→ la préexistence d'anciens glissements et de surfaces remaniées.

→ l'érosion marine qui déblaie les matériaux glissés et entretient ainsi le phénomène par enlèvement de la butée de pied. Cette érosion est intense dans les secteurs non protégés par les enrochements naturels ou artificiels.

Les causes naturelles aggravantes sont :

- la forte pluviosité
- la succession de périodes de gel-dégel
- les périodes de sécheresse qui provoquent des fentes de retrait dans les argiles, suivies de fortes pluies.

Les causes anthropiques sont :

- les déboisements et défrichements. La végétation arbustive contribue à fixer les sols.
- la modification des pentes et des écoulements naturels.
- les rejets d'eau en surface ou en sous-sol (puisards).
- l'absence de maîtrise des eaux usées.
- les terrassements inconsiderés (déblais et remblais) susceptibles de modifier les équilibres précaires ou d'accélérer les mouvements actifs.

III.2. - Glissements de faible amplitude sur les versants

Les mêmes causes peuvent être retenues que pour les glissements côtiers.

Cependant, l'érosion en pied de versant est quasi inexistante et les formations superficielles de forte épaisseur, susceptibles de subir des mouvements, sont absentes.

III.3. - Eboulements

Les éboulements ont pour origine des causes naturelles ou anthropiques.

Les causes naturelles sont caractérisées par :

- la présence de masses ou blocs parfois en équilibre limite
- la fissuration et altération du calcaire
- la décompression et altération du calcaire
- le gel et le dégel

Les causes anthropiques sont :

- la suppression de la végétation
- les terrassements inconsidérés
- les déversements d'eau en sommet

IV. - Cartographie des phénomènes

La carte de localisation des phénomènes liés aux mouvements de terrain constitue la synthèse des observations de terrain. Ont été considérés :

- les mouvements naturels observables sur le terrain représentés par un indice (lettre G), et sont matérialisés, soit par un zonage, soit par un symbole ponctuel.
- les mouvements actuels ou sub-actuels représentés par la couleur rouge et les mouvements anciens considérés comme stabilisés dans les conditions actuelles et représentés par la couleur bleue.
- les indices de désordres ayant affecté des constructions même anciennes ou survenus pendant des travaux d'aménagement (représentés par la lettre D).

Le relevé de ces indices n'est pas exhaustif et a été réalisé lors de différentes campagnes dont la plus récente date de l'été 1999.

La consultation de la carte informative des phénomènes permet de constater une zone de glissements actifs, localisée en bord de côte, matérialisée sur le terrain par une grande fracture arrière qui a déjà traversé la R.D. N° 513 près de l'église de Bénerville. On observera ainsi que ce n'est pas au droit de la grande coulée de solifluxion, matérialisée par la carte géologique Le Havre, que les glissements ont le plus reculé à ce jour.

La fracture arrière qui vient d'être mentionnée est quasi identique à celle qui avait été cartographiée en 1981 ; cette observation ne doit pas être interprétée comme une stabilité des terrains depuis 30 ans, car on sait bien qu'il se produit une « vidange » progressive entre la fracture et le rivage.

En dehors de ce secteur caractéristique, les mouvements observés sont ponctuels et localisés en particulier sur les versants les plus pentus et humides.

Nota :

Sur l'escarpement rocheux calcaire, on n'observe pas de phénomènes récents ayant affecté la corniche calcaire.

V. - Qualification des aléas et cartographie

L'aléa est défini par la probabilité d'occurrence en un site et au cours d'une période de référence donnée d'un événement de nature et d'intensité données.

La démarche consiste à qualifier et cartographier en chaque point du secteur étudié les aléas à prendre en compte, en vue d'établir les conditions réglementaires applicables au titre du présent plan de prévention des risques.

Elle comprend successivement les étapes suivantes :

- la détermination des aléas de référence
- la qualification des aléas en terme d'intensité, de gravités au plan humain et de prévisibilité
- la cartographie des aléas retenus en intégrant les marges d'incertitude.

Aléas de référence

En terme d'aménagement, le mouvement prévisible de référence à prendre en compte est conventionnellement le plus fort événement historique connu sur le site, sur chaque secteur géologiquement homogène.

La difficulté présentée par le site étudié est l'absence d'événements clairement identifiés :

- d'une part, en bordure du littoral, car il s'agit d'un mouvement quasi-permanent.
- d'autre part, dans l'arrière pays où l'on prendra en compte surtout des événements potentiels.

Qualification de l'aléa

L'aléa est qualifié par son intensité et son occurrence prévisible.

En terme de mouvements de terrain, l'intensité est plutôt évaluée en fonction de l'importance des mesures permettant de s'en prémunir.

Sur le site étudié, trois niveaux d'intensité ont été définis :

- faible lorsque les mesures de prévention sont supportables par un propriétaire individuel.
- moyenne lorsque les mesures sont supportables par un groupe de propriétaires et notamment lorsque les phénomènes peuvent s'étendre au-delà des parcelles concernées par les constructions envisagées.
- forte lorsque les mesures de prévention intéressent une aire très importante et seraient d'un coût très élevé.

Pour les phénomènes pris en compte, l'occurrence choisie est le siècle. La combinaison avec l'intensité décrite ci-dessus a permis de déterminer les degrés d'aléas suivants : faible, moyen, fort.

Présentation de la carte des aléas

Sur la carte des aléas jointe au présent dossier (échelle ~ 1/150000), chaque zone d'aléa est identifiée par une couleur, ainsi que par une lettre et un chiffre traduisant respectivement la nature du phénomène et son niveau d'aléa.

Ainsi qu'il a été expliqué précédemment, les trois phénomènes pris en compte sont :

- le glissement caractérisé par la lettre G
- la chute de blocs caractérisée par la lettre P
- l'érosion littorale

Les degrés d'aléas faible, moyen et fort sont respectivement caractérisés par les chiffres 1, 2 et 3.

Commentaires sur la cartographie des aléas

Le site étudié présente quatre zones d'aléas :

- une zone d'aléa fort G3 constitué par le secteur littoral ; elle comprend la zone de glissement actif matérialisée par la fracture arrière qui se dessine sur le terrain et également l'extension probable estimée à une centaine de mètres pour la durée d'occurrence retenue, soit un siècle environ.

Cette distance de 100 mètres a été estimée à partir de plusieurs données :

- le profil géologique interprété entre le sommet du Mont Canisy et la côte. Il paraît indispensable que la zone G3 s'étende au-delà de l'extension supposée des panneaux de calcaire anciennement glissés.
- le recul de la côte estimé d'après une étude de l'Université de Caen (F. Levoy) à 40 ou 50 m par siècle en particulier à l'Est de l'éperon de Bénerville. Toutefois, le recul de la côte n'est pas tout à fait synchrone avec le recul de l'escarpement principal.
- le recul de l'escarpement situé au droit des propriétés « La Falaise » et « Deborah » où il est le plus matérialisé sur le terrain estimé à 10 ou 15 mètres de 1978 à nos jours. Une grande partie de ce recul est certainement due à l'épisode catastrophique de 1981 qui a atteint une grande partie de la cote. En extrapolant, on aboutit à une valeur de 50 à 75 mètres.

- plusieurs zones d'aléa moyen G2 caractérisés par des pentes de versants fortes, la présence de mouvements anciens, la présence d'eau à faible profondeur même lorsque l'épaisseur probable des terrains soliflués est faible ou bien des versants à pente moins forte, mais avec une importante épaisseur de terrains de solifluxion. Ce dernier cas est celui du versant situé en arrière de la zone G3.

- plusieurs zones d'aléa faible G1 caractérisées notamment par des pentes plus faibles que dans les zones précédentes, a priori, stables naturellement, mais dont la stabilité pourrait être remise en cause par des travaux anthropiques inadaptés.

- plusieurs zones d'aléa faible dénommés P1, correspondant à l'affleurement de la corniche calcaire et susceptible d'être affectées par des chutes de blocs, si on y effectue des terrassements comportant des talus à pente trop raide.

L'expérience vécue à Bénerville et sur des sites proches où sont survenus des glissements de caractère analogue a montré que le caractère dangereux pour l'homme était limité dans la mesure où le type de glissement n'est pas soudain. Des signes annonciateurs ont jusqu'alors toujours permis de prendre les dispositions pour évacuer les lieux avant le déclenchement du sinistre.

Cartographie des enjeux

Elle permet d'identifier les enjeux humains, socio-économiques et environnementaux.

La carte jointe présente la localisation des infrastructures routières classées à grande circulation, des principaux réseaux divers présentant un risque spécifique (canalisation gaz) ou assurant une fonction dans le cadre de l'organisation des secours (câble de télécommunications) ainsi que celle des principaux équipements (châteaux d'eau, postes de refoulement devant faire l'objet d'une surveillance accrue dans le cadre de mouvement de terrains repérés ; mairies, centres de secours, services techniques, gendarmerie, c'est-à-dire l'ensemble des moyens mobilisables en cas d'incident) et celle des principaux établissements recevant du public (écoles, maison de retraite, campings...).

Pour des raisons de lisibilité, la nature de l'occupation du sol n'a pas été reportée sur le plan. Cependant, il convient de noter que la majeure partie de l'habitat, qu'il soit individuel ou collectif, est implanté dans les secteurs d'aléa moyen ou faible, sur les versants est et ouest du Mont-Canisy. Les quelques habitations situées en zone d'aléa fort correspondent en grande majorité à des propriétés individuelles avec une proportion non négligeable de résidences secondaires.

En dehors des zones urbanisées, les versants sont végétalisés et une partie de la « couronne » est la propriété du Conservatoire du Littoral.

Zonage et règlement

Le document de base utilisé pour établir le zonage du P.P.R. est la carte des aléas.

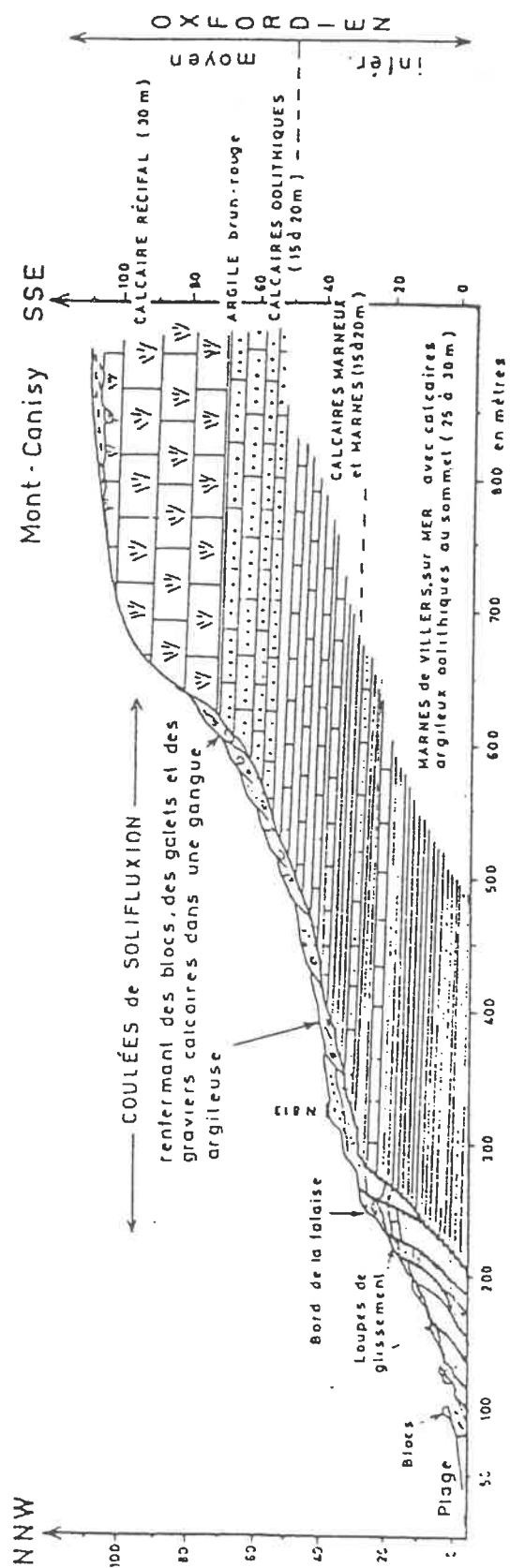
Le principe suivant a été retenu :

- le secteur exposé à un aléa fort (G3) est considéré comme inconstructible que le terrain soit encore inoccupé ou déjà urbanisé (c'est la situation la plus fréquente) -> zone rouge.
- les secteurs exposés à un aléa moyen (G2) sont considérés comme constructibles. Ces secteurs sont encore pour la plupart « urbanisables ».

Les mesures de prévention dans lesquelles on inclut les études préalables dépassent le cadre de la parcelle de propriété. Une étude globale du site concerné sera donc requise dans cette zone cartographiée en B1.

- les secteurs exposés à un aléa faible (G1 et P1).

Ces secteurs seront constructibles au regard du risque mouvement de terrain, que la zone soit urbanisée ou non. Le règlement prévoit un certain nombre de mesures de prévention dans ces secteurs respectivement cartographiés B2 et B3.



- Coupe de la falaise de Bénerville et du Mont-Canisy (Oxfordien et Quaternaire).

extrait du Guide Géologique Régional Normandie' - Ed. Masson

fig 1

Profils topographiques des principaux versants du Mont Canisy

