

MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE, DU COMMERCE ET DE L'ARTISANAT

BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES

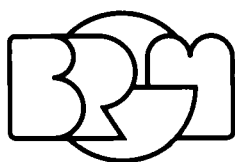
SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL

B.P. 6009 - 45018 Orléans Cédex - Tél.: (38) 63.00.12

**PRINCIPES D'UNE ÉTUDE DES RISQUES
LIÉS AUX MOUVEMENTS DU SOL ET DU SOUS-SOL
DANS UN DOMAINE D'ÉCHELLE RÉGIONALE
APPLICATION
TYPOLOGIE DES MOUVEMENTS ET PATHOLOGIE
DES TERRAINS EN TOURAINE**

par

Jean DELAUNAY



Département géotechnique

B.P. 6009 - 45018 Orléans Cédex - Tél.: (38) 63.00.12

77 SGN 215 GTC

Avril 1977

RESUME

Le traitement statistique des données relatives à plus de 300 mouvements de terrain survenus en Touraine entre 1741 et 1975 permet de définir la typologie et la hiérarchie de ces mouvements ainsi que celle des facteurs majeurs d'instabilité qui en sont à l'origine.

Les guides de recherche dégagés de cette étude orientent le travail de terrain qui permet de vérifier et de compléter les données précédentes. La synthèse de ces résultats utilisée avec profit lors de la cartographie ZERMOS de la région de Tours, fait apparaître la Touraine comme une zone de risques à faible fréquence de réalisation en comparaison avec les zones de montagne, cependant les risques de dommage demeurent élevés dans la mesure où des équipements sont exposés aux mouvements suivants :

- écroulements de versants et effondrements dont l'apparition est liée à l'évolution d'anciennes carrières souterraines et de cavités à usages divers. Ces vides, localisés pour la plupart dans le Turonien et le Sénonien, sont le plus souvent dans un état instable. Ils se manifestent par des fontis et, en bordure des vallées, par des écroulements de plusieurs milliers ou dizaines de milliers de m³ ;

- chutes de blocs qui sont liées à l'existence de falaises fracturées et décomprimées. Leur apparition est presque toujours due à des facteurs météorologiques ;

- glissements : de divers types, qui affectent des matériaux altérés -éluvions et colluvions- ainsi que les faciès argilo-siliceux du Sénonien et les "calcaires lacustres de Touraine". Leur apparition est le plus souvent liée à des facteurs temporaires : travaux, précipitations exceptionnelles, ...

La constitution au B.R.G.M. d'un fichier rassemblant les mouvements de terrains survenus dans un passé plus ou moins lointain -de l'ordre de plusieurs siècles- trouve des applications dans les études des risques liés aux mouvements du sol et du sous-sol et en particulier les études régionales ou départementales.

La mise au point d'un bordereau informatique de stockage des données, qui permettra l'intégration prochaine de ce fichier à une base de données et une première définition, basée sur les travaux menés en Touraine, des conditions et des limites d'emploi du fichier, en font un outil opérationnel qui devrait permettre une meilleure approche des mouvements du sol et du sous-sol et des problèmes qui y sont associés.

"Ce travail méthodologique a été réalisé sur fonds propres du Département Géotechnique (crédits du Ministère de l'industrie et de la recherche)".

Ce travail a fait l'objet d'un mémoire d'ingénieur CNAM présenté le mai 1977 au Conservatoire National des Arts et Métiers à Paris.

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	1
PREMIERE PARTIE	
CONSTITUTION D'UN FICHER DES MOUVEMENTS DU SOL ET DU SOUS-SOL	6
INTRODUCTION	7
CHAPITRE 1	
OBJECTIFS ET METHODOLOGIE	9
1 - OBJECTIFS DE LA MISE EN FICHES DES DONNEES CONCERNANT LES MOUVEMENTS DU SOL ET DU SOUS-SOL	9
1.1 - Origine	9
1.2 - Quelques expériences.....	9
1.3 - Utilisations possibles du fichier élaboré au B.R.G.M.	10
2 - METHODOLOGIE	13
2.1 - Définition du fichier	13
2.2 - Autres types de fichiers de mouvements de terrains ..	14
3 - LE FICHER MANUEL	17
3.1 - Mouvements répertoriés, classement	17
3.2 - Forme du fichier manuel	24
3.2.1 - Numéro d'identification	24
3.2.2 - Identité du mouvement	26
3.2.3 - Situation morphologique et géologique	27
3.2.4 - Type et facteurs de mouvement	27
3.2.5 - Description	28
3.2.6 - Dégâts	28
3.2.7 - Source d'information	28
3.3 - Conclusions	28
4 - LE FICHER INFORMATISE	29
4.1 - Généralités	29
4.2 - Méthode employée	31
4.3 - Rubriques libres	31
4.4 - Rubriques non libres	34
4.4.1 - Les rubriques numériques	34
La date	34
Les coordonnées Lambert	35
Surface	35
Volume	35
Victimes	35

4.4.2 - Rubriques faisant appel à un code	35
Numéro d'indentification	35
Confidentialité	35
Précision sur les coordonnées Lambert	37
Département et commune	37
Date	37
Origine de l'information	37
Numéro B.S.S.	37
4.4.3 - Rubriques faisant appel à des mots-clés	37
Nature des terrains	38
Morphologie	38
Type de mouvement	38
Facteurs	3.9
Importance	3.9
Dégâts matériels	3.9
Annexe	3.9
4.5 - Lexiques	40
4.6 - Conclusions - Perspectives	40

CHAPITRE 2

ANALYSE DES SOURCES D'INFORMATION ET DES DOCUMENTS A L'ORIGINE

DU FICHIER	43
1 - GENERALITES	43
2 - LES SOURCES D'INFORMATION	44
2.1 - Définitions	44
2.2 - Les origines	44
2.3 - Les réceptacles	46
2.3.1 - Les archives nationales	46
2.3.2 - Les archives départementales	46
2.3.3 - Les archives communales	48
2.3.4 - Les bibliothèques	48
2.4 - La presse régionale	48
3 - QUALITES DES DOCUMENTS RECUEILLIS	49
3.1 - Influence de l'ancienneté du document	50
3.2 - Influence de la source d'information	52
3.3 - Influence de la nature du document	53
3.4 - Influence de la terminologie	53
4 - REPRESENTATIVITE DE LA QUANTITE DE DONNEES RECUEILLIES	54
4.1 - Généralités	54

4.2 - Influence de l'ancienneté des mouvements	55
4.3 - Influence des sources d'information	56
4.3.1 - Documents provenant des services techniques	56
4.3.2 - Documents provenant des archives	57
4.3.3 - La presse	57
4.4 - Conclusions	58
CONCLUSION DE LA PREMIERE PARTIE	59

DEUXIEME PARTIE

LES RISQUES LIES AUX MOUVEMENTS DE TERRAIN EN TOURAINE	63
INTRODUCTION	65
CHAPITRE 1	
ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE ET STATISTIQUE DES MOUVEMENTS SURVENUS EN TOURAINE	73
1 - INTRODUCTION	73
2 - ANALYSE DE L'ECHANTILLON	73
2.1 - Analyse de la qualité des documents recueillis	74
2.1.1 - Les critères de qualité retenus. Leur quantification	75
2.1.2 - Résultats	77
2.1.3 - Conclusions	81
2.2 - Représentativité du nombre de mouvements recensés ...	84
2.2.1 - Origine des documents	85
2.2.2 - Distribution dans l'espace des mouvements recensés	88
2.2.3 - Distribution des événements recensés dans le temps	89
2.2.4 - Conclusions	97
3 - TRAITEMENT DES DONNEES	99
3.1 - Marche de l'analyse	99
3.2 - Catégories de mouvements. Inventaire des dégâts	100
3.3 - Corrélation avec la lithologie	105
3.4 - Corrélation avec les facteurs météorologiques	106
3.5 - Corrélation avec les séismes	112
3.6 - Relations entre les mouvements et les cavités souterraines	113
3.7 - Autres facteurs de mouvements	113
4 - CONCLUSIONS	114
CHAPITRE 2	
LES CARACTERISTIQUES DU MILIEU NATUREL	117
1 - INTRODUCTION	117
2 - CLIMATOLOGIE	117
3 - LITHOSTRATIGRAPHIE	121

3.1 - Le Jurassique (pour mémoire)	121
3.2 - Le Crétacé	122
3.2.1 - Le Cénomanién	122
Le Cénomanién inférieur : les sables	122
Le Cénomanién supérieur : les marnes à Ostracées	123
3.2.2 - Le Turonien	123
Le Turonien inférieur : la "craie marneuse"	124
Le Turonien moyen : la craie micacée	126
Le Turonien supérieur : le tuffeau jaune	127
3.2.3 - Le Sénonien	131
La craie de Villedieu	132
La craie de Blois	133
Les formations argilo-siliceuses	133
Les formations sableuses	134
3.3 - Le Paléogène	135
3.3.1 - L'Eocène continental	135
3.3.2 - Les calcaires lacustres (fin de l'Eocène début de l'Oligocène)	136
3.4 - Le Néogène	137
3.4.1 - L'Aquitanién	137
3.4.2 - Le Miocène moyen	138
3.4.3 - Le Miocène supérieur. Le Pliocène	138
3.5 - Les dépôts et les actions quaternaires	138
3.5.1 - Les mécanismes mis en jeu et leurs conséquences ...	138
3.5.2 - Les dépôts quaternaires	141
Les limons de plateaux	141
Les sables éoliens	141
Les alluvions	141
Les colluvions	142
3.5.3 - Formes du relief	143
4 - GEOLOGIE STRUCTURALE. FRACTURATION	146
4.1 - Les failles et les flexures	147
4.2 - Les plis	147
5 - HYDROGEOLOGIE	151
5.1 - Les différents aquifères	151
5.1.1 - Le Cénomanién	151
5.1.2 - Le Turonien inférieur et moyen	151
5.1.3 - Le Turonien supérieur	152

5.1.4 - La Craie sénonienne	156
5.1.5 - Les calcaires lacustres	156
5.1.6 - Les alluvions	157
5.1.7 - Les terrains de couverture	158
5.2 - Relations entre l'hydrogéologie et les mouvements de terrains	158
6 - LES VIDES SOUTERRAINS ARTIFICIELS	161
6.1 - Les cavités à usage d'habitation ou de remise	161
6.2 - Les carrières souterraines	165
6.2.1 - Les différents niveaux exploités	165
Le Turonien inférieur	165
Le Turonien moyen	166
Le Turonien supérieur	166
Le Sénonien	167
Autres niveaux exploités en carrières souterraines ...	168
6.2.2 - Les méthodes d'exploitation	169
Accès des carrières	169
Méthode d'extraction	171
Soutènement des exploitations	172
6.2.3 - Dimensions des carrières	175
Hauteur des galeries	175
Largeur des galeries	175
Extension des carrières	175
6.2.4 - Les conditions d'exploitation	176
6.2.5 - Conditions de stabilité des carrières souterraines	177
6.2.6 - Etats des carrières en Touraine. Rôle des carrières dans les mouvements de terrain	179
7 - CONCLUSIONS	181
 CHAPITRE 3	
PATHOLOGIE DES TERRAINS. TYPOLOGIE DES MOUVEMENTS OBSERVES	
EN TOURAINE	185
1 - INTRODUCTION	185
2 - PATHOLOGIE DES TERRAINS. TYPOLOGIE DES MOUVEMENTS OBSERVES	
EN TOURAINE	185

2.1 - Ecoulements et chutes de blocs. Exemple de la rue des Basses-Rivières à Rochecorbon (Indre-et-Loire)	185
2.1.1 - Situation du secteur étudié	185
2.1.2 - Géologie du site	186
2.1.3 - Mouvements observés	190
2.2 - Effondrements dûs à l'existence d'anciennes carrières Exemple de la carrière "Mequelines" à Azay-le-Rideau	193
2.2.1 - Situation	193
2.2.2 - Caractéristiques géologiques et géotechniques	193
2.2.3 - Les mouvements enregistrés	195
2.2.4 - Les risques représentés par les vides souterrains creusés par l'homme	196
2.3 - Glissements de terrains et phénomènes de reptation ..	197
2.3.1 - Glissements affectant les couvertures altérées des massifs rocheux	197
2.3.2 - Glissements affectant les formations argilo- siliceuses du Sénonien	199
2.3.3 - Mouvements affectant les "calcaires lacustres de Touraine"	200
2.3.4 - Mouvements des marnes du Cénomaniens supérieur ,....	200
2.4 - Conclusions ; mesures de protection	203
3 - ELEMENTS A PRENDRE EN COMPTE DANS UNE CARTOGRAPHIE DES ZONES EXPOSEES A DES MOUVEMENTS DE TERRAINS, METHODE ADOPTEE POUR LA CARTE ZERMOS DE TOURS	204
3.1 - Introduction	204
3.2 - Nature du risque dans la région tourangelles ,....	205
3.3 - Identification des zones exposées	206
3.3.1 - La documentation	207
3.3.2 - Reconnaissance de surface	207
3.3.3 - Reconnaissance des vides souterrains ,....	208
3.4 - Le zonage	211
3.5 - La notice	213
3.6 - Conclusions	213
CONCLUSION	215
BIBLIOGRAPHIE	221
ANNEXES	

AVANT-PROPOS

On assiste dans le domaine de la géotechnique, à coté de la multiplication des interventions ponctuelles, au développement de travaux à caractère synthétique réalisés à différentes échelles.

Ces études sont destinées à orienter les études ultérieures à plus grandes échelles, à définir les problèmes de façon précoce, à permettre d'établir des prévisions.

Outre l'utilisation que peut en faire le spécialiste, ces travaux trouvent des applications dans les domaines de l'aménagement du territoire et de la planification de l'urbanisme, disciplines dont le but est d'arriver en intégrant les contraintes de tout ordre, par des étapes successives liées les unes aux autres, à des choix raisonnés dans l'utilisation de l'espace.

En ce qui concerne les mouvements du sol et du sous-sol et les risques qui leurs sont associés il existe plusieurs niveaux d'interventions. Les investigations mettent en oeuvre des moyens plus ou moins lourds en fonction de l'échelle de travail et conduisent à des résultats plus ou moins détaillés.

Outre l'intervention ponctuelle au moment de l'étude d'implantation, il existe actuellement deux types de documents à caractère synthétique :

- la carte ZERMOS*, qui se présente sous forme d'une carte de zonage du risque d'apparition de mouvements de terrains, accompagnée d'une notice explicative. C'est un document de synthèse à moyenne échelle (de l'ordre du 1/25 000) qui s'appuie sur l'analyse à un moment donné des mouvements existants et de leurs facteurs.

Il constitue un dossier de travail, un document d'orientation pour les services administratifs intervenant dans les problèmes d'urbanisme (HUMBERT, 1975). Par son échelle, il s'insère au niveau du schéma directeur d'aménagement urbain (S.D.A.U.) ;

* Carte de localisation probable des zones exposées à des mouvements du sol et du sous-sol.

- "l'enquête ZERMOS" réalisée en 1974 par CHAMPETIER de RIBES, M. HUMBERT et L. MONITION est un document à petite échelle inventoriant sur le territoire national les zones exposées à des mouvements de terrains. Cette enquête, qui s'appuie essentiellement sur la consultation de géologues et de géotechniciens d'organismes publics ou privés, a abouti à la confection pour chaque département d'une fiche signalant les types de mouvements observés, leurs amplitudes et leur localisation régionale.

Etude comparative, destinée à orienter les travaux ultérieurs (inventaire détaillé, cartographie ZERMOS, étude géotechnique locale...), elle attirait l'attention sur l'étendue des zones exposées à des mouvements mais ne caractérisait pas les risques liés à ces mouvements.

La différence d'échelle entre ces deux niveaux d'approche est très importante et ces documents, par leur précision, par les moyens qu'ils nécessitent, ne répondent pas toujours à certains besoins.

Il était donc intéressant d'étudier les apports d'un inventaire détaillé des mouvements survenus dans un domaine d'échelle régionale à la connaissance des risques qui leurs sont associés.

L'étude de nombreux mouvements devait permettre de saisir de manière significative - les groupements d'accidents
- leur rythme
- les processus en cause.

Le traitement des données relatives à ces mouvements devait permettre la définition d'une typologie et de la pathologie des terrains. L'inventaire sur une longue période - de l'ordre de plusieurs siècles - devait en outre permettre d'aborder l'étude des zones où la fréquence des événements est faible mais où les risques n'en demeurent pas moins élevés.

Le choix de la Touraine comme champ d'application présente un aspect pratique lié à l'essor de cette région et sur lequel nous reviendrons, et un aspect méthodologique.

- Nous possédions un grand nombre de documents, anciens et récents, d'origine et de nature diverses. Cette richesse en témoignages, qui avait attiré notre attention, permettait une analyse significative de la documentation.

- Il s'agit d'une région étendue, plus de 10 000 km², qui apparemment présentait des risques naturels. Il était intéressant de préciser la nature et la localisation de ces risques et de voir si des études ponctuelles étaient à envisager.

- L'étendue de la zone étudiée, la rareté vraisemblable des indices de terrains (comparée à des régions à forts contrastes, cette région de plaine ne devait pas être particulièrement sensible aux mouvements de terrain bien que des mouvements y soient survenus) renforçait l'intérêt d'une méthode qui se propose de suppléer à cette absence de traces en utilisant les données d'un inventaire des mouvements passés.

- La géologie, tout en restant simple, présente une grande variété de faciès ce qui écartait le risque de s'orienter d'emblée sur une étude de comportement d'une formation, et d'étudier des mouvements liés à un horizon particulier tels les glissements des argiles toarciennes de l'Est de la France, ceux des molasses de l'Agenais...

Ce travail a deux objets :

- d'une part tester la validité des documents anciens relatifs à des mouvements de terrains, définir les conditions de leur utilisation et les limites à cette utilisation.

- d'autre part mettre au point une méthode d'étude à une échelle régionale des risques liés aux mouvements du sol et du sous-sol.

Ces deux objets, complémentaires dans une certaine mesure, ont nécessité des phases de travaux de natures différentes qui se sont déroulées soit parallèlement soit à la suite les unes des autres, chaque phase s'enrichissant des autres et guidant les suivantes. Pour la commodité de l'exposé nous séparons ces différentes phases tout en essayant de les replacer à chaque fois dans l'ensemble des opérations.

PREMIERE PARTIE

CONSTITUTION D'UN FICHER DES MOUVEMENTS DU SOL ET DU SOUS-SOL

CHAPITRE 1 : Objectifs et méthodologie

CHAPITRE 2 : Analyse des documents et des sources d'information
utilisés

INTRODUCTION

Le travail que nous présentons - l'étude des risques liés aux mouvements du sol et du sous-sol dans un domaine d'échelle régionale - s'appuie sur le traitement d'un fichier de mouvements de terrains. Elaboré par le Service Géologique National (B.R.G.M.) dans le cadre du département "Géologie de l'aménagement", ce fichier recense les mouvements survenus sur le territoire métropolitain. Commencé sous forme manuelle, il se poursuit à l'heure actuelle sous forme de bordereaux informatiques et doit être intégré à une base de données.

La participation à la constitution de cet inventaire (collecte et mise en forme des données) et son exploitation nous ont permis de déterminer la représentativité des documents recueillis et des mouvements recensés.

Par ailleurs, l'approche régionale des risques liés aux mouvements de terrains mise au point en Touraine, et qui à notre avis est applicable moyennant quelques aménagements à toute région de France, repose sur l'existence de ce fichier dont le traitement est à la base de notre travail.

Nous développons donc dans cette première partie :

- la méthode employée, en fonction des buts recherchés et des moyens disponibles pour constituer ce fichier ;
- les possibilités, les conditions d'emploi, et les limites de cet outil qui résultent des caractéristiques des informations utilisées et du modèle de fiche mis au point.

CHAPITRE 1

OBJECTIFS ET METHODOLOGIE

1 - OBJECTIFS DE LA MISE EN FICHE DE DONNEES CONCERNANT LES MOUVEMENTS DU SOL ET DU SOUS-SOL

1.1 - Origine

La prise de conscience qui s'est opérée à la suite des catastrophes de Val d'Isère (En janvier 1970 une avalanche emportait un chalet de l'U.C.P.A. et faisait 32 victimes) et du Plateau d'Assy (En avril de la même année une coulée de boue et de débris de 70 000 m³ faisant suite à un glissement de terrain, emportait une partie du sanatorium du Roc de Fiz et tuait 72 personnes, pour la plupart des enfants) a conduit à un regain d'intérêt pour les mouvements de terrains et les risques qui y sont liés, comme en témoigne le colloque qui s'est déroulé à Cannes en 1973, entièrement consacré à la sécurité des constructions confrontées aux mouvements du sol et du sous-sol.

Ce sont ces deux accidents spectaculaires qui sont à l'origine du groupe de travail et du plan ZERMOS dans lesquels le B.R.G.M. tient une place importante. Le développement de la cartographie ZERMOS (qui est une des expressions du plan ZERMOS), la prise de conscience par les autorités responsables de ces problèmes et l'apparition consécutive d'une demande, la recherche de nouveaux modes de représentation des risques naturels à côté de la carte ZERMOS, ont conduit le Service géologique national à constituer un fichier recensant les mouvements du sol et du sous-sol survenus sur le territoire métropolitain.

1.2 - Quelques expériences

Nous n'insisterons pas sur les utilisations ponctuelles auxquelles se prête un inventaire de mouvements de terrain, ni sur le gain de temps considérable que représente le fait d'avoir immédiatement à disposition une grande quantité de documents qu'il est souvent long et difficile de recueillir.

Un certain nombre de travaux basés sur un tel inventaire ont montré le parti que l'on pouvait tirer des compilations d'archives d'une part

et du traitement statistique des données qu'elles livraient d'autre part.

Dès 1973, J. VOGT attirait l'attention sur l'apport des témoignages du passé à l'appréciation du comportement des terrains et à la prévision du risque.

S'interrogeant sur la représentativité des "cas" récents parfois mis abusivement en relief, il signalait, en se basant sur les investigations menées en marge de travaux sur l'érosion anthropique des sols, l'apport considérable de données concernant les mouvements de terrains survenus dans le passé qu'étaient susceptibles de livrer diverses sources d'information.

Le traitement statistique des données relatives aux glissements de terrains survenus de 1950 à 1974 dans le comté de Contra Costa en Californie (NILSEN et TURNER, 1975) a permis de dégager des conclusions significatives sur les probabilités de localisation des mouvements à venir et d'orienter les travaux de cartographie du risque. L'étude de tous les mouvements survenus durant ces 25 années, les études corrélatives qui ont pu être entreprises, ont conduit à des résultats positifs quant aux mesures à prendre pour protéger les biens et les personnes dans cette région en plein essor où les mouvements ont souvent des conséquences catastrophiques (le glissement de Portuguese Band en 1958 avait coûté 15 millions de dollars à la collectivité).

L'inventaire des glissements de terrains qui ont affecté (et affectent encore) les "argiles de Champlain" au Québec (HUMBERT, 1974) a conduit à un fichier très détaillé dont l'exploitation par des méthodes informatiques devrait permettre d'arriver à une meilleure connaissance des phénomènes étudiés : répartition, hiérarchie des facteurs de mouvements, interactions des facteurs...

L'étude menée par le Groupe d'Etude des Talus, créé au sein des Ponts et Chaussées (L.C.P.C., 1968), sur les mouvements qui ont affecté les talus routiers entre 1963 et 1967 a fourni plusieurs résultats intéressants.

Cette étude portait sur 165 mouvements ayant affecté des pentes naturelles, des talus en remblai ou en déblai. Malgré un échantillonnage restreint et déséquilibré (déséquilibre entre les régions et entre les catégories de talus), les résultats de l'examen des distributions des mouvements par types, par types de voie, par régions, par coûts... ont permis de définir les principaux facteurs de mouvements : lithologie, talutage trop important,

drainage absent ou inefficace... Cette enquête a apporté également des données sur la durée de vie moyenne de ces talus mal conçus. L'étude des conséquences financières de ces mouvements montrait que l'absence d'étude de tracé ou de stabilité sur des voies d'importance secondaire n'était peut-être pas une économie à long terme.

Jusqu'à présent il semble que seuls les Tchèques aient entrepris un recensement national des mouvements anciens et récents.

Entrepris à la suite du glissement de Handlova en 1960 (30 millions de mètres cubes, 200 maisons détruites) cet inventaire concerne les glissements, les écroulements, les phénomènes de fluage et de solifluxion (RYBÁR, PÁSEK, ŘEPKA, 1965). Il se base sur deux opérations distinctes :

- le recensement de la documentation existante ;
- la reconnaissance sur le terrain de la plupart des mouvements.

Il a abouti à la création d'un fichier contenant tous les mouvements répertoriés lors de l'enquête documentaire et à la réalisation de documents cartographiques à l'échelle de 1/25 000 (analyse) et de 1/1 000 000 (synthèse). Les publications sur ces travaux sont malheureusement peu nombreuses et il est difficile de connaître les apports de la mise en fiche de chaque mouvement. L'exploitation de ces données par l'informatique a été envisagée, les programmes de traitement ne seraient opérationnels qu'en 1977 (LANDRY, 1976).

1.3 - Utilisations possibles du fichier élaboré au B.R.G.M.

Les objectifs recherchés à travers la création d'un fichier recensant des mouvements de terrains anciens et récents sont de deux sortes :

- dresser un inventaire des mouvements de terrains survenus sur le territoire métropolitain.
- pouvoir utiliser les données recueillies aussi bien dans la résolution de problèmes ponctuels que dans des études de caractère plus général ou à des échelles plus petites.

Il s'agit donc d'une opération semblable à la première phase de l'inventaire effectué en Tchécoslovaquie. La systématisation d'une enquête

de terrain et d'une cartographie des mouvements ne peuvent être envisagées à long terme dans le contexte actuel.

Parmi les utilisations ponctuelles que l'on peut faire de ce fichier nous citerons :

- l'historique d'un site, dans le cadre d'une implantation par exemple, au niveau de l'A.P.S. : existence ou absence de mouvements, facteurs de mouvements (conditions naturelles, travaux de l'homme, existence de carrières souterraines...).

- le choix d'un site expérimental pour la mise au point de moyens d'études. Des questions nous ont été posées dans ce domaine pour la mise au point d'une méthode géophysique destinée à l'étude des carrières souterraines.

- l'apport de renseignements sur des mouvements anciens dont les traces sont encore visibles sur le terrain. Il est impossible de dater avec précision un mouvement par une analyse de terrain, les critères de fraîcheur, de forme, sont très subjectifs (MALATRAIT, 1975).

De même, s'il est aisé de définir les facteurs permanents à l'origine d'un mouvement (pente, lithologie,..), la mise en évidence de facteurs temporaires passés (climatologie, végétation, activités humaines...) ne peut résulter l'observations de terrains, et l'enquête orale est parfois inefficace pour les mouvements dont les traces ont survécu aux témoins.

Lors de la réalisation de la carte ZERMOS de Millau tous les mouvements recensés au fichier ont été retrouvés sur le terrain, ce qui a permis de mieux connaître ces mouvements.

- Notons enfin que cet inventaire pourrait peut-être trouver des utilisations dans d'autres domaines que celui de la Géologie de l'ingénieur. Consignant les mouvements passés, il peut répondre aux préoccupations de la jurisprudence qui considère qu'en matière de "catastrophes naturelles", l'existence d'antécédents (fusent-ils éloignés dans le temps) ne permet pas de s'exonérer de ses responsabilités civiles en invoquant la force majeure. C'est ainsi que la commune de Levens a été condamnée à la suite de la catastrophe de Plan du Var (mars 1963), un évènement similaire s'étant produit 38 ans auparavant.

D'autres textes évoquent l'existence d'antécédents. Nous citerons à titre d'exemple le décret de 1970 relatif au plan d'occupation des sols qui mentionne (chapitre 1er, champ d'application ; article 1) l'obligation d'établir un P.O.S. pour "les communes qui ont subi des destructions importantes par suite de cataclysme ou d'évènements graves"².

Dans la catégorie des études à caractère plus général, nous indiquerons :

- des études sur la répartition des mouvements, leur rythme..

La prise en compte de nombreux mouvements, le traitement d'un grand nombre de paramètres, devraient permettre d'arriver à des résultats significatifs et à une meilleure connaissance de ces phénomènes.

- la possibilité d'effectuer des études couvrant de grandes étendues (département, région naturelle...) s'appuyant en grande partie sur la consultation des données recensées. Signalons qu'il est alors possible d'aborder l'étude des mouvements de terrains dans des zones où la fréquence de réalisation est faible (ce qui n'exclut pas l'existence de risques de dommage importants) donc dans des régions où les observations de terrains sont limitées.

- la réalisation de documents destinés à l'information de certains responsables : ministre, préfet, urbaniste...

2 - METHODOLOGIE

2.1 - Définition du fichier

Le fichier doit être un outil permettant l'utilisation et le traitement des informations recueillies et stockées. Par ailleurs, ce travail à long terme s'inscrit dans un contexte financier ce qui en limite les moyens.

Ceci impliquait la définition :

- des utilisations possibles et souhaitables du fichier
- des données minimales indispensables à la description d'un mouvement de terrain
- des données non indispensables mais utiles dans certains prob.èmes.

² Notons cependant qu'aucune précision n'éclaire les termes "importantes" "cataclysme" et "graves" dans le texte du décret.

Les documents utilisés sont très hétérogènes, le modèle de fiche devait donc également prendre en compte la fréquence d'apparition des données afin de ne pas comporter des rubriques d'utilités très particulières qui resteraient vides dans la majorité des cas. Dans un souci d'homogénéité une certaine normalisation devait être instaurée, qu'il s'agisse du vocabulaire employé ou du contenu des rubriques.

Il fallait donc créer un modèle de fiche permettant :

- le stockage des données existantes ;
- l'acquisition de données nouvelles indispensables, sur les mouvements déjà recensés ;
- le contrôle des pertes d'information susceptibles de s'effectuer lors de la mise en fiche.

La prise en compte de ces différents éléments, a permis d'élaborer une fiche ne permettant qu'une consultation manuelle, qui a été testé sur 2 700 mouvements environs. Commencé en marge d'autres travaux, poursuivi par nos soins (DELAUNAY, 1976), seul puis en collaboration avec L. Ph. RICARD (1976), le travail de mise en fiche d'une documentation recueillie de longue date et à tout hasard a permis d'améliorer la forme du fichier et de le structurer au fur et à mesure qu'il s'étoffait grâce à une certaine systématisation du dépouillement des sources d'information mené principalement par J. VOGT. Parallèlement - l'ébauche d'une synthèse cartographique nationale à l'échelle du millionième par L. Ph. RICARD (cette esquisse a abouti à une carte portant les mouvements recensés avec distinction de leur type et de leur importance) ;

- l'étude entreprise en Touraine à une échelle plus grande ; permettaient de définir les problèmes posés par la manipulation et le traitement de grandes quantités de données et de préparer l'automatisation du fichier.

2.2 - Autres types de fichiers de mouvements de terrains

Différents essais méthodologiques ont conduit à des modèles de fiches permettant de stocker des données concernant les mouvements de terrains.

J.P. BOMBARD (1968) a proposé une fiche assez détaillée prenant en compte la localisation du mouvement, la description générale du site (géométrie externe et interne, hydrologie et hydrogéologie), la description du mouvement. Cette fiche en deux volets ne concerne que les glissements de terrains. Elle est destinée à l'analyse de terrain.

La fiche mise au point conjointement par l'institut Dolomieu de Grenoble et le B.R.G.M. lors de l'inventaire cartographique des mouvements de terrain de la feuille topographique La Grave au 1/50 000 se présente sous forme d'un dossier.

Elle comporte l'identification du mouvement et une cartographie du mouvement, sa localisation, son cadre géographique, géologique et hydrogéologique, une analyse du mouvement.

Très complète (40 rubriques au total) cette fiche constitue une guide méthodique d'analyse de terrain. La normalisation des renseignements, au moyen d'un glossaire et d'un répertoire de figurés conventionnels, permet d'obtenir une homogénéité au cours d'un travail d'équipe. Ce type de fiche a été utilisé, après quelques modifications, pour l'étude des mouvements de la feuille Saint Jean de Maurienne (MALATRAIT, 1975).

De même, la fiche élaborée lors du recensement des glissements de terrains au Québec (HUMBERT, 1974) est également un document très complet adapté à un travail de terrain ; la normalisation du contenu permet également à plusieurs personnes de travailler séparément tout en gardant un ensemble cohérent.

Ces fiches sont très élaborées et leur objet est plus d'être un guide analytique de terrain qu'un système de stockage. Elles sont inadaptées par leur précision au travail d'inventaire bibliographique qui est en général loin de pouvoir fournir de telles quantités de renseignements.

La fiche mise au point en Tchécoslovaquie (figure n° 1) a un caractère beaucoup plus synthétique. Il s'agit d'une fiche à perforations marginales utilisée recto-verso. Elle contient la localisation, l'âge et les caractéristiques générales du mouvement, la situation géologique, hydrologique et hydrogéologique. Elle mentionne également les propriétés physiques et mécaniques des matériaux, les dégâts causés et les mesures prises. Une rubrique contient les autres indications disponibles : coupes, témoignages... Tous les mouvements recensés, que ce soit en archives ou sur le terrain, sont portés sur ces fiches.

En fonction de l'origine des informations (documents d'archives, documents accompagnés d'une enquête de terrain et d'une cartographie au 1/25 000 ou au 1/2 000), les fiches sont classées en trois catégories :

96	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
95	Lage: x = 5200, 95 km y = 3310, 80 km H = 430 m NN					Ortschaft: Lhota 400 m nordwest von der Kirche					Rutschungs-Nr.: G 23 - 15 - B - a - 53																	
94						Kreis: Jány					Rutschungstypus: schollenartig flächenartig					Kateg.:												
93						Bezirk: Nordböhmen					Alter: F, U					B												
92	Allgemeine Charakteristik: 350 x 200 m, Höhendifferenz 120 m, Neigung 12°, an der Karte gemessen (im mittleren Teil 25°, im unteren 8°, mit Kompass gemessen). Die Abrisswand der fossilen Bewegungen ist bis 20 m hoch. Im oberen Teil des Gebietes überwiegen schollenartige Bewegungen mit ausgedehnten Einsenkungen. Tiefer hangabwärts kommen flächenartige Rutschungen vor, deren Abriss 4-5 m hoch ist. Die Stirnwälle dieser Rutschungen greifen bis in die Gemeinde, an deren nördlichem Ende sie das Bachbett verschütten.																											
91	Geologische Verhältnisse: Im Abriss der Schollenbewegungen Phonolith, im Abriss der Flächenbewegungen sind unter einer Phonolithschuttlage scherbenartig zerfallende Tone aufgeschlossen. Nach der Karte im Massstab 1:200,000, Blatt Teplice: Tonsteine, kalkige Tone - Oberturon, Coniac; Phonolith - Tertiär.																											
90	Hydrogeologische und hydrologische Verhältnisse: Oberfläche grösstenteils trocken, nur bei rezente Rutschungen im unteren Teil des Gebietes zahlreiche abflusslose kleine Seen mit Schilf- und Schachtelhalmbewuchs (Equisetum maximum). Vor den Stirnwällen verstreute kleine Quellaustritte. Der Bach Hutna erodiert die Stirn der Rutschungen.																											
89	Physikalisch-mechanische Eigenschaften der Gesteine: wurden nicht untersucht.																											
88																												
87																												
86																												
85																												
84																												
83																												
82																												
81																												
80																												
79																												
78																												
77																												
76																												

Hauptursache des Abrutschens: Seitenerosion durch den Bach Hutná; rezente Bewegungen, extreme Niederschläge.			
Geländennutzung:			
Misch- und Nadelwald 4 ha	Obstgarten 3 ha	Ortschaft 1 ha	insgesamt 8 ha
Beschädigte und gefährdete Objekte: Risse an Wirtschaftsgebäuden am nordöstlichen Rand der Ortschaft; zwei aus der Richtung geratene Hochspannungsmasten: ein Transformator und die Häuser Nr. 17, 19 und 50 gefährdet.			
Sicherungsmassnahmen: Nach dem Bericht des Sekretärs des dortigen Nationalausschusses wurden i.J. 1936 Entwässerungsarbeiten am rechten Ufer des Baches Hutná und die Stabilisierung des Stirnwalles mit Hilfe von Sickerschlitzten durchgeführt.			
Weitere Angaben:		NW	
		Nach dem Bericht eines Altangesiedelten haben die Bewegungen bereits vor 70 Jahren im nördlichen Teil der Ortschaft vier Häuser zerstört; das Gebiet wurde nicht mehr bebaut.	
Lhota	Obstgarten	Mischwald	Nadelwald
Arbeitsstelle: Č.S.A.V. Autor: Nový. Datum: 2.5.1962. Klassifikator: Kouba. Beilagen: B #0.			

Fig. 1 : Modèles du recto et du verso des fiches employées en Tchécoslovaquie pour l'inventaire des mouvements de terrains. (extrait de Dokumentation der systematischen Untersuchung der Rutschungsgebiete in der Tschechoslowakei RYBÁŘ J. PAŠEK J. ŘEPKA L. Eng. Geol., 1(1), 1965, p. 21-29)

- catégorie A : mouvements étudiés et cartographiés à grande échelle par un spécialiste de la Géologie de l'ingénieur ;
- catégorie B : mouvements cartographiés au 1/25 000 ;
- catégorie C : tous les autres mouvements recensés.

La fiche mise au point au B.R.G.M. pour l'inventaire national des mouvements de terrains se rapproche le plus de ce modèle bien que les conditions actuelles ne permettent pas de réaliser un travail aussi détaillé que celui effectué en Tchécoslovaquie.

3 - LE FICHER MANUEL

Ce fichier est aujourd'hui dépassé et les 2 700 mouvements qu'il contient seront reportés sur bordereaux pour être intégrés au fichier informatisé qui existe maintenant.

Cependant, c'est à partir de ce fichier :

- qu'ont été définis le nombre de rubriques à mettre en place et le contenu de ces rubriques ;
- que nous avons pu obtenir une première image de la représentativité des mouvements recensés et de la qualité des documents recueillis
- qu'ont été entrepris l'esquisse de synthèse cartographique au 1/1 000 000 et l'étude des risques liés aux mouvements du sol et du sous-sol en Touraine.

C'est pourquoi nous lui consacrons un paragraphe étant donné qu'il est à la base du fichier informatisé et du travail que nous présentons.

3.1 - Mouvements de terrains répertoriés, Classement

Le fichier ne prend en compte que certains mouvements de terrains et laisse de côté : les tassements de terrain compressibles, les phénomènes volcaniques, les séismes.

Le fichier est un outil de travail destiné entre autre à réaliser des synthèses et des travaux statistiques. Par ailleurs les documents utilisés sont très hétérogènes et parfois peu détaillés, de ce fait la mise en place d'un grand nombre de catégories de mouvements aurait conduit à des mouvements qui, ne pouvant être déterminés avec exactitude au moment de la mise en fiche, n'auraient pu être pris en compte. C'est pourquoi les

catégories de mouvements retenues sont telles que les descriptions, même défectueuses, des mouvements rattachés à l'une puissent se distinguer aisément de celles des mouvements contenus dans les autres catégories.

Le choix de constituer un outil évolutif dans le temps a été délibérément retenu, la plupart des mouvements pouvant ainsi être immédiatement pris en compte, quitte à compléter par la suite, soit de façon systématique, soit à l'occasion de travaux particuliers, les fiches établies.

Il existe de nombreuses classifications de mouvements de terrains suivant les critères retenus. Outils de travail fixant un langage commun, les classifications varient suivant les auteurs, l'objet du travail, la région étudiée...

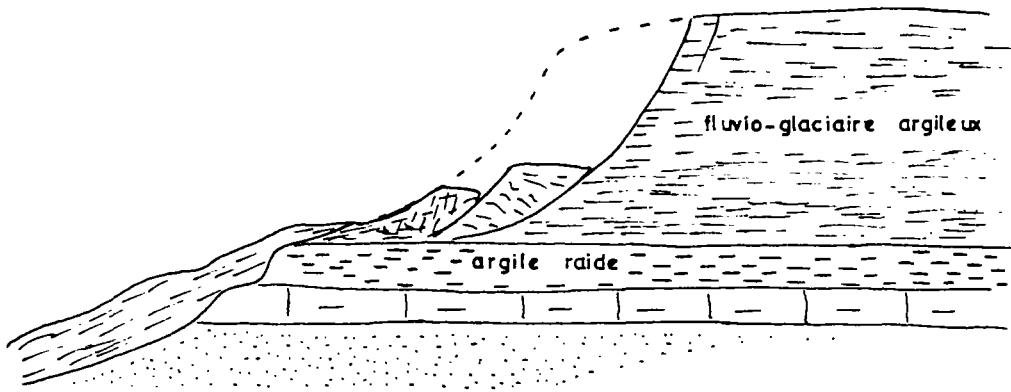
Elles sont basées sur la cause du mouvement (MOLITOR, 1894), la nature des matériaux mis en mouvement (HOWE, 1909), la cinématique des mouvements (NEMČOK, PAŠEK, RYBÁŘ, 1971) ou la combinaison de différents critères (SHARPE (1938), HUMBERT (1972), classification du CETE (1973)).

En ce qui concerne le fichier manuel, les classes et les vocables suivants ont été retenus :

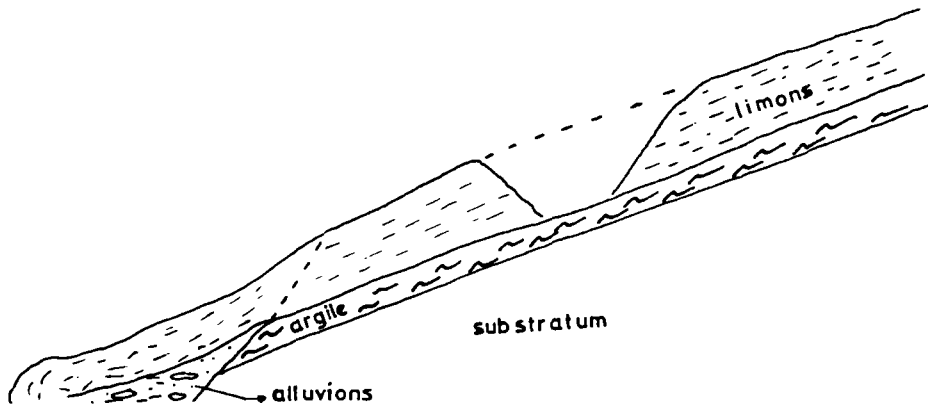
"glissements de terrain" : mouvements superficiels ou profonds, affectant des matériaux meubles ou rocheux sur des versants dont la pente peut être faible.

Cette classe regroupe : les glissements proprement dits, simples ou complexes, rotationnels (fig. 2a) ou translationnels affectant des matériaux meubles (fig. 2b) ou rocheux (fig. 2c), mais également les phénomènes de reptation des sols et de solifluxion, ainsi que les glissements de débris.

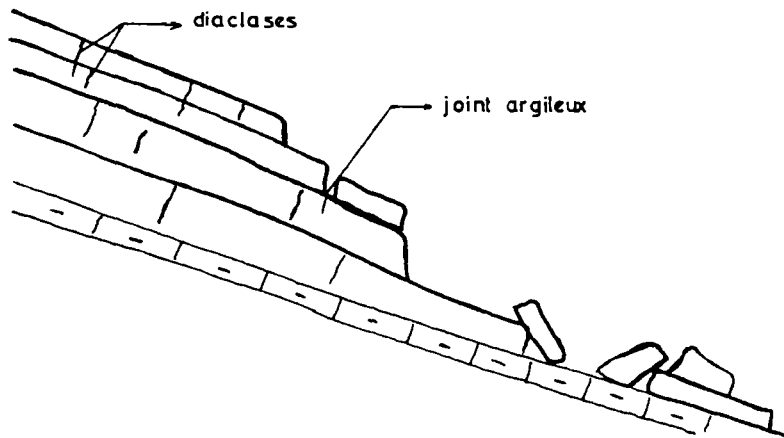
"écroulements" : chutes plus ou moins libres de masses rocheuses le long de parois très raides. On trouve dans cette classe les écroulements sensu stricto (fig. 3a et 3b) et les chutes de blocs. Nous n'avons pas retenu la différence entre éboulement et écroulement (BOMBARD, 1968) qui fait intervenir la rapidité et la progressivité du mouvement, donc un critère de durée difficile à apprécier à travers les documents. Seuls sont considérés les écroulements rocheux (rockfall des auteurs anglo-saxons), les écroulements de sol (soil fall), phénomènes assez rares, sont à rattacher à la classe précédente.



2a

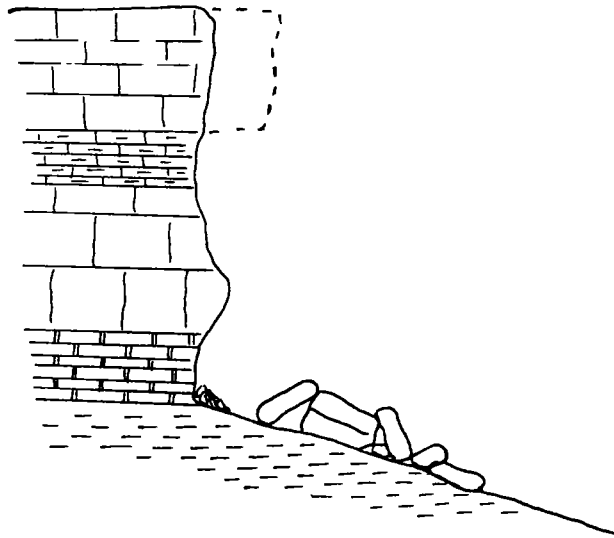


2b

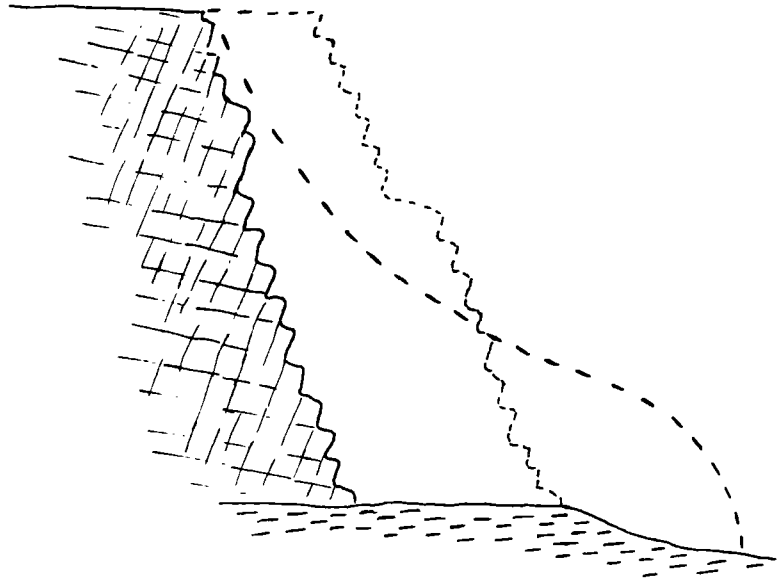


2c

Fig 2 : EXEMPLES DE MOUVEMENTS APPARTENANT A LA CATEGORIE "GLISSEMENTS"
2a: rotationnel ; 2b et c: translationnel



3a: chute d'une masse en surplomb.



3b: glissement d'un talus rocheux sans cohésion, où circule de l'eau

Fig. 3 : EXEMPLES DE MOUVEMENTS APPARTENANT A LA CATEGORIE "ECROULEMENTS"

"coulées de boue" : ces mouvements s'apparentent autant aux glissements de terrains qu'au transport en milieu aqueux. On a regroupé sous ce vocable les coulées provenant de glissements de terrains semblables à la coulée du Chatelard de mars 1931, et les "laves torrentielles" telles celles qui se sont fréquemment produites à Pontamafrey.

"affaissements - effondrements" : (fig. 4a et 4b) que les causes en soient naturelles : vides dus à la dissolution de gypse, de calcaire..., ou artificielles : mines, anciennes carrières souterraines.

Il ne s'agit en aucune manière d'un inventaire général des processus karstiques ou assimilés, travail effectué par ailleurs. Seuls sont pris en compte les événements datés, survenus au cours des derniers siècles.

En ce qui concerne les carrières, seuls sont pris en compte les mouvements ayant eu des répercussions en surface**.

Deux autres classes ont été créées en fonction des besoins :

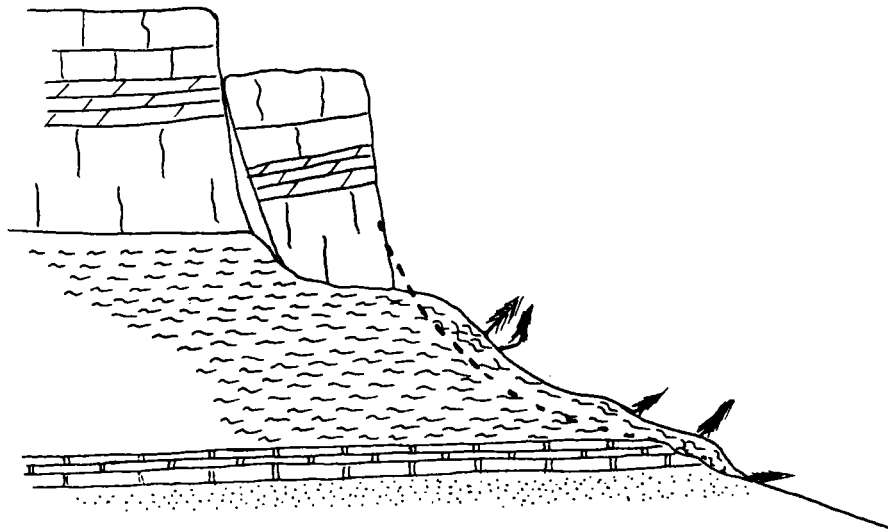
"mouvements mixtes" : mouvements composés de plusieurs mouvements simples : glissement de terrain ou solifluxion entraînant l'affaissement ou l'écroulement d'une barre rocheuse sus-jacente (fig. 5), coulée de boue ou glissement survenant à la suite de l'effondrement d'un karst et de la libération de ses eaux, écroulement induisant une coulée de boue...

"mouvements indéterminés" : cette classe regroupe les mouvements qui n'ont pu être rattachés de façon certaine aux classes précédentes au vu des documents consultés et nécessitent une enquête complémentaire.

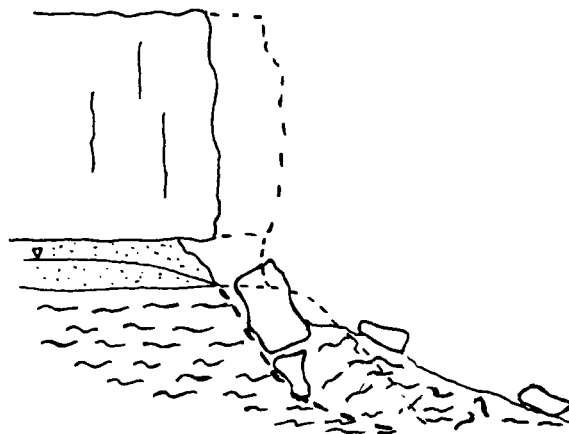
Les catégories retenues sont très larges et groupent parfois des mouvements très différents (mouvements avec ou sans surface de rupture, rapides ou lents, pour les "glissements" par exemple), ou des mouvements dont les effets sont semblables (coulées de boues et laves torrentielles par exemple) mais dont les causes et donc les remèdes sont très différents.

Les définitions de ces classes sont complexes ; basées sur la cinématique des mouvements plutôt que sur la nature des matériaux mis en mouvements, elles prennent parfois en compte les facteurs de mouvements

** De nombreux documents relatifs à des carrières souterraines, qui ne font pas l'objet de ce fichier sont conservés au département "Géologie de l'Aménagement du B.R.G.M..

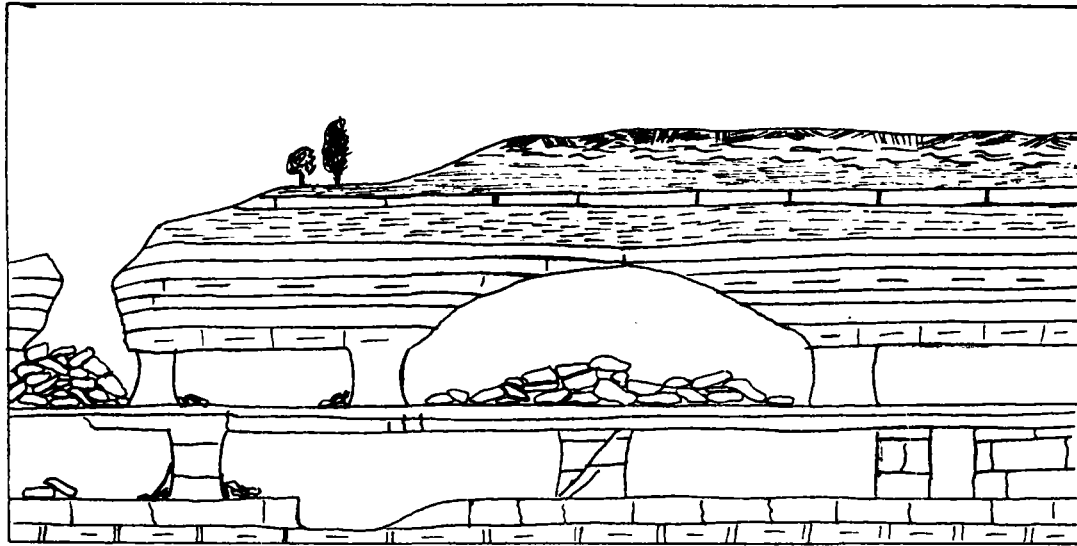


Fluage de la couche argileuse et affaissement de la barre rocheuse

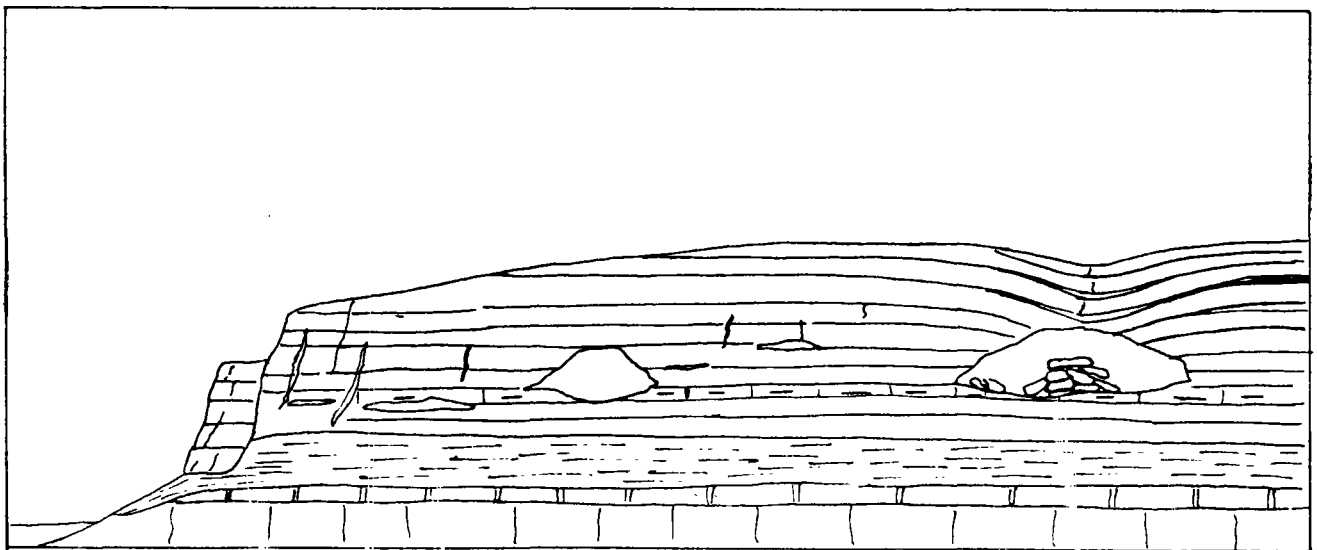


Glissement des argiles dû à l'écrasement de la barre calcaire sous cavée par suite de l'entraînement des sables par les eaux souterraines

Fig 5 : EXEMPLES DE MOUVEMENTS MIXTES



4a: effondrement lié à l'existence d'une carrière souterraine.



4b: affaissement de la surface du sol dû à l'existence de calcaires karstifiés.

Fig. 4 : EXEMPLES DE MOUVEMENTS APPARTENANT A LA CATEGORIE "AFFAISSEMENTS EFFONDREMENTS "

(existence de vides souterrains, présence de parois très raides) ; ces classes se rapprochent des grandes catégories de certaines classifications (C.E.T.E. classification tchèque...).

3.2 - Forme du fichier manuel

Chaque mouvement fait l'objet d'une fiche (figure n° 6) de format 10 x 15 cm portant un numéro d'ordre. Les fiches sont classées par département puis par numéro d'ordre croissant. La fiche comporte les rubriques suivantes :

- département / commune / lieu dit / date
- contexte morphologique et géologique
- type de mouvement
- causes du mouvement
- description
- dégâts
- source d'information.

3.2.1 - Numéro d'identification

Chaque mouvement est rattaché à un numéro d'identification constitué de deux parties (exemple : n° 876/01). Le premier nombre correspond à un lieu géographique qui peut être défini par des coordonnées (coordonnées LAMBERT, U.T.M....). Ce point est le lieu exact de l'accident quand il est connu, dans le cas contraire il désigne la commune à laquelle appartient (actuellement) le lieu du mouvement. Le second nombre est un numéro d'ordre destiné à distinguer les mouvements survenus au même endroit ou dans la même commune.

La méthode adoptée est loin d'être satisfaisante. Elle est due à l'absence fréquente d'une localisation précise des mouvements décrits dans les documents utilisés.

Par exemple les documents à caractère administratif (série M des archives départementales, rapports des préfectures...), ne mentionnent souvent que la commune sur laquelle s'est produit le mouvement. De même, les services des Ponts et Chaussées localisent de façon pratiquement systématique les points kilométriques qui sont des données variables dans le temps ; c'est ainsi qu'un mouvement de terrain bien localisé au dix neuvième siècle se trouve non situé à l'heure actuelle.

<p><u>Département</u> Dordogne n° 876/01</p> <p><u>Commune</u> CHANCELADE</p> <p><u>Lieu-dit</u> Carrière souterraine de "Port sec"</p> <p><u>Date</u> 22 octobre 1885</p> <p><u>Contexte morphologique et géologique</u></p> <p>Colline de 74 m à pente variable, constituée de "craie" turonienne et sénonienne. Une carrière souterraine de 5 ha exploite, à partir de la base du versant, sur 5 à 6 m de haut les calcaires de l'Angoumien.</p> <p><u>Type</u> Affaissement + écoulement</p> <p><u>Cause</u> Rupture générale des piliers</p> <p><u>Description</u> "Bruit de tonnerre"... affaissement général du coteau qui détruit le hameau d'Empeyrand Bas, ... le front de la carrière s'écroule... l'effet de souffle déracine des arbres. Le coteau est sillonné de fractures... Mouvement prémonitoire en 1883 (cf autre fiche).</p> <p><u>Dégâts</u> Un hameau détruit - 10 victimes au minimum.</p> <p><u>Source</u> La Nature, 1886, 1er semestre, p. 75-78, A.D. Dordogne, S/carrière (sans cote)</p>

Fig. 6 : Modèle de fiche manuelle.

Préciser la localisation d'un mouvement mal situé au moment de la mise en fiche nécessite souvent des recherches assez longues. Le désir d'avancer rapidement le travail de mise en fiche dans un premier temps a conduit à adopter ce système de numérotation.

Par contre la collecte de renseignements complémentaires peut se faire efficacement dès que l'on peut grouper les recherches, en consultant des cartes topographiques, en interrogeant les archives départementales ou en se rendant sur place (dans le cadre d'études régionales...)

Ces numéros sont portés :

- sur un atlas de cartes départementales (première partie du numéro d'identification seulement) à l'échelle de 1/440 000 ;
- sur les documents ayant servi à établir les fiches, qui sont archivés au département Géologie de l'aménagement du B.R.G.M..

3.2.2 - Identité du mouvement

Chaque mouvement est repéré par sa situation géographique (département, commune, lieu dit) et sa date. Le numéro d'ordre permet de distinguer des mouvements survenus au même endroit ou à la même date dans une commune.

Département et commune : il s'agit du découpage administratif actuel.

Lieu dit : On trouve dans cette rubrique diverses sortes de renseignements : la mention effective d'un lieu dit, les repères du cadastre (section et numéro de parcelle), ... Parfois et faute de mieux des indications non significatives dans l'immédiat, telles le nom d'une propriété, ou d'un propriétaire, le n° d'une route et d'un point kilométrique... toutes indications susceptibles de conduire à une localisation précise moyennant une enquête ultérieure.

La date : Les mouvements de terrains sont pour la plupart des phénomènes continus sur une certaine période durant laquelle ils peuvent présenter différentes vitesses. Cette continuité ne se manifeste pas toujours à l'observateur (chute de blocs, effondrement) ou ne peut être perçue sur toute son étendue. On constate d'ailleurs que la plupart des documents consultés mentionnent une date et non des durées.

C'est pourquoi cette rubrique donne la date de l'accélération brutale du phénomène. Lorsque des indications sur la cinématique sont connues, elles sont portées dans la rubrique "description".

3.2.3 - Situation morphologique et géologique

Les caractéristiques morphologiques et géologiques (lithologie structures, hydrogéologie, caractéristiques des matériaux) d'un site sujet à un mouvement de terrain doivent être prises en compte. Ce sont des traits permanents (pour certains) qui peuvent être à l'origine de mouvements. L'étude de ces paramètres pour les mouvements survenus dans une région donnée peut conduire à des guides de recherche intéressants pour la détermination de zones de risque et pour leur graduation.

Le contenu de cette rubrique au moment de la mise en fiche des données est le plus souvent sommaire. Rares sont les documents donnant des indications précises : valeur de la pente, exposition et forme du versant, horizons concernés par les mouvements (stratigraphie et lithologie).

D'autre part les termes employés dans certains documents doivent être considérés avec circonspection et doivent toujours être vérifiés. Une enquête détaillée est nécessaire dans la plupart des cas pour remplir cette rubrique.

3.2.4 - Type et facteurs de mouvement

Le contenu de ces deux rubriques résulte de l'interprétation d'un ou de plusieurs documents plus ou moins détaillés et plus ou moins sûrs. L'attribution d'un mouvement à une des classes définies précédemment (§ 3.1) doit se faire avec rigueur, la solution idéale consisterait à attribuer un coefficient de confiance à cette attribution ; l'expérience du dépouillement nous a montré que l'on ne pouvait faire reposer ce coefficient sur l'ancienneté des documents pas plus que sur leur origine. A l'heure actuelle les paramètres permettant une telle quantification n'existent pas, c'est donc l'expérience de l'instructeur du dossier, son esprit critique qui gouvernent cette attribution.

C'est pourquoi tous les documents laissant des doutes sur la nature du mouvement doivent conduire à la mention *indéterminé* quitte à indiquer dans la rubrique "description" les hypothèses sur la nature du mouvement.

Quant aux facteurs de mouvement le problème est semblable. Les "causes" indiquées dans les documents sont partielles et parfois erronées, les relations de causes à effets n'apparaissent pas toujours. N'oublions pas

que les documents consultés sont souvent des interprétations, voire les explications, d'un phénomène, et qu'ils peuvent être erronés.

3.2.5 - Description

On trouvera dans cette rubrique deux catégories d'informations. Une description empruntée au document original, parfois condensée et se résumant aux points saillants, mais ne faisant l'objet d'aucune modification. Elle permet en général une vérification rapide du bien fondé de l'attribution à un type de mouvement donné. Ces données apparaissent entre guillemets.

Des indications sur le mouvement provenant de l'instructeur du dossier : volume mis en mouvement, surface concernée, hypothèses sur la nature du mouvement et les facteurs en cause...

3.2.6 - Dégâts

La mention des dégâts reproduit celle du ou des documents qui ont servi à établir la fiche. Elle distingue les victimes : morts et blessés, et les dégâts matériels.

Par contre, excepté pour les mouvements récents, les coûts indiqués pour les dommages ne sont pas reproduits, d'abord par ce que dans certaines circonstances (demandes d'indemnisation...) les dommages sont parfois surestimés, ensuite parce que la mention d'une somme n'est pas significative dès que l'on remonte dans le temps et risque de prêter à des conclusions erronées.

3.2.7 - Source d'information

Elle donne l'origine du document, le lieu où il a été recueilli ainsi que sa nature (demande de secours, rapport de gendarmerie, expertise judiciaire...) ce qui permet à l'utilisateur familiarisé avec la lecture des documents d'apprécier la valeur des informations.

3.3 - Conclusions

Ce fichier manuel, tel qu'il vient d'être présenté, constitue un instrument de travail ménageant de nombreuses possibilités.

Il peut paraître sommaire de prime abord, étant donné les quantités de données que l'on peut utiliser pour décrire un mouvement de terrain. Cependant l'expérience a montré qu'il était bien adapté aux moyens mis en oeuvre. Ceci, d'autant plus que le but de la fiche n'est pas de restituer tous les paramètres d'un mouvement, mais d'en synthétiser les caractères principaux. Il est toujours possible de retourner aux documents de base, archivés au B.R.G.M., si le besoin s'en fait sentir.

Le contenu des fiches est parfois très réduit, cela provient du choix qui a été fait d'obtenir rapidement une image de la représentativité et de la qualité des documents recueillis. Des données complémentaires peuvent toujours être obtenues par la suite lorsque des circonstances favorables à un travail efficace se présentent (complètement entrepris département par département, études régionales...).

Un inconvénient de ce fichier tient à son unique entrée, géographique qui est liée au découpage administratif de la France. On retiendra l'impossibilité de classer ces fiches en fonction de la confiance que l'on peut leur accorder, du fait d'un manque de critères rationnels à l'heure actuelle. Enfin nous soulignerons le soin mis à séparer l'information brute de l'information interprétée, et le souci de ne pas introduire dans les fiches des données douteuses, en préférant une erreur par défaut à une erreur par excès.

4 - FICHER INFORMATISE

4.1 - Généralités

Deux types de problèmes sont apparus au cours de la manipulation des données du fichier manuel. Certains d'entre eux touchent au fond, d'autres à la forme, sont d'ordre théorique ou d'ordre pratique.

Parmi les problèmes de fond on rencontre :

- la nécessité d'une normalisation plus stricte du vocabulaire employé, de façon à ce que des personnes différentes puissent établir des fiches sans que le fichier perde une homogénéité indispensable.

- la nécessité d'un contrôle plus strict des pertes d'information, que ces pertes proviennent de la normalisation du langage (tous les glissements par exemple, se trouvent désignés par le même vocable) ou du fait que tous les détails intéressants ne peuvent pas être signalés sur la fiche à

cause de ses dimensions (le fichier manuel ne permet pas de distinguer, donc de retrouver rapidement, les mouvements connus à travers des documents très détaillés des mouvements connus à travers des documents sommaires).

Parmi les problèmes d'ordre pratique on trouve :

- les limites dues à une entrée géographique et surtout unique.
- les difficultés de manipulation d'une grande quantité de données.
- les problèmes posés par la mise à jour permanente de ce fichier.

La mise en place d'un fichier informatisé permet de résoudre certains de ces problèmes.

- l'emploi de l'ordinateur nécessite pour le stockage de ces données en majorité non numérique, l'élaboration de lexiques de codes et de mots-clés. Moyennant la prise en compte de tous les cas de figures possibles lors de la constitution de ces lexiques, on doit obtenir une transcription unique pour des mouvements similaires. La mise sur ordinateur oblige l'instructeur du dossier à trancher. On gagne ainsi en homogénéité, inversement on accroît les pertes de détails.

- on peut, en introduisant les rubriques appropriées et les lexiques nécessaires, réduire ces pertes de détails. On peut notamment indiquer dans une rubrique susceptible de traitement informatique (sélection) des détails très utiles (présence dans les documents de coupes de forage, de résultats d'essai *in situ*,...) qui permettent de retrouver dans le fichier les mouvements ayant fait l'objet d'une étude détaillée...

La mise sur ordinateur, moyennant la mise en place des rubriques saisissables appropriées, accélère les opérations de sélection d'information.

L'utilisation de tables traçantes, les possibilités de sorties sur imprimantes, permettent une restitution rapide de l'information sous diverses formes.

Il est possible d'obtenir, rapidement et à tout moment, le nombre de mouvements recensés, leur répartition par types, leur répartition géographique... Ces opérations nécessitaient avec le fichier manuel soit une mise à jour permanente de ces états (ce qui augmentait considérablement le temps nécessaire au stockage) soit un travail assez long nécessitant de reprendre tout le contenu du fichier.

La définition des modalités de cette automatisation, réalisée en collaboration avec le département "Banque du Sous-Sol" du B.R.G.M. a bénéficié de l'expérience acquise au Québec lors de la constitution d'un "fichier glissements" (HUMBERT, LHEUREUX, LEMAIRE, 1976) et de l'élaboration d'un fichier relatif aux séismes.

4.2 - Méthodes employées

Le fichier informatisé a été constitué en tenant compte des considérations suivantes.

- les données sont diverses et en majorité non numériques.
- les bordereaux doivent pouvoir être consultés manuellement.

Pour faciliter cette consultation, le bordereau doit être rédigé en langage clair, toute donnée codée est donc suivie ou précédée de sa transcription en langage clair.

- toutes les données recueillies ne justifient pas un traitement informatique (tri, sélection) mais doivent être conservées et pouvoir apparaître sur un document élaboré par l'ordinateur (restitution).

On a donc réuni sur le même support (figure n° 7).

- un dossier manuel qui porte les données non mémorisées mais indispensables.
- un bordereau de saisie qui porte les données informatisables.

Ces bordereaux sont conçus en format fixe : chaque information a une place réservée appelée *rubrique*, et à chaque rubrique ne correspond qu'un type d'information.

On distingue :

- les rubriques libres dont le contenu, ou *libellé*, n'est pas destiné à subir un traitement informatique. Mais ce libellé peut être restitué.

- les rubriques non libres qui contiennent les informations susceptibles de faire l'objet d'un traitement

4.3 - Rubriques libres

Le libellé de ces rubriques ne doit comprendre que des termes et restituables par l'ordinateur et être compatible avec la longueur physique de ces rubriques.

Elle suivent ou précèdent des données codées afin que le dossier reste lisible : département, commune ; ou concernent des données dont le traitement ne présente pas d'intérêt : lieu dit, références, instructeur du dossier, précision sur les coordonnées LAMBERT, autres fiches.

4.4 - Rubriques non libres

Parmi ces rubriques on distingue (tableau n° 1) :

- les rubriques numériques
- les rubriques faisant appel à un code
- les rubriques faisant appel à des mots-clefs.

4.4.1 - Les rubriques numériques

Elles renferment des données exprimables sous forme de valeur : date, volume missen mouvement, surface, etc...

La date

C'est la date de l'accélération brutale du mouvement. Elle s'écrit dans le sens jour, mois, années. Le fait de remplir la rubrique ou une sous-rubrique par des zéros signifie "je ne sais pas".

Exemple: 12 juillet 1945	<u>1.2.0.7.1.9.4.5</u>
mai 1846	<u>0.0.0.5.1.8.4.6</u>
1754	<u>0.0.0.0.1.7.5.4</u>

Certains documents sont tels qu'il subsiste un doute sur le millésime (l'incertitude résulte d'énoncés du genre : "il y a une vingtaine d'années..." ; notons que dans ce cas les données sur le jour et le mois font en général défaut). Une rubrique numérique indique la moitié de l'intervalle de temps dans lequel a dû se produire le mouvement. Exemple : Pour un document de 1874 signalant : "il y a une cinquantaine d'années, un glissement..." on obtient, en estimant que la datation est juste à 20 ans près, donc que le glissement est survenu entre 1814 et 1834, le libellé suivant :

0.0.0.0.1.8.2.4

0.1.0

INTITULE DE LA RUBRIQUE	CARACTERE de la RUBRIQUE			NOMBRE de POSITIONS
	code	mots clefs	numérique	UTILISABLES
n° d'identification	N			4 + 2
confidentialité	A			1
département	N			3
commune	N			3
date			+	8
millésime(précision)	N			3
date (précision)	A			1
coordonnées Lambert			+	6 × 3
zone de projection	N			1
précision coordonnées	A			1
nature des terrains		+		77
morphologie		+		85
type		+		38
facteurs naturels		+		60
facteurs humains		+		60
volume			+	8
surface			+	8
importance		+		6
dégâts matériels		+		80
victimes (morts)			+	4
victimes (blessés)			+	4
autres fiches	N			6 × 9
origine information	AN			78
annexe		+		139
n° B.S.S.	N			10

Tableau n° 1 : Caractéristiques des rubriques non libres

[code: N =numérique / A = alphabétique/ AN = alphanumérique]

Les coordonnées Lambert

Ce sont les coordonnées moyennes du lieu du mouvement, exprimées avec deux décimales. L'altitude Z est facultative, lorsqu'elle est mentionnée, une rubrique codée indique quel est le rattachement (plan directeur, nivellement général de la France). Si le lieu du mouvement n'est pas connu avec exactitude (cf. anté § 3.2.1) les coordonnées mentionnées sont, pour des raisons de commodité³³ celles de la mairie de la commune à laquelle se rattache le mouvement.

Surface

Pour les mouvements de type effondrements et affaissements il s'agit de la superficie au sol de la zone affectée. Pour les autres catégories de mouvements il s'agit de la surface affectée par le mouvement, soit la surface du mouvement proprement dit, plus la surface couverte par les matériaux mis en mouvement. La surface s'exprime en m², la valeur est entière, arrondie à l'unité supérieure.

Volume

Le volume n'est pas indiqué pour les affaissements et les effondrements. Pour les autres mouvements il s'agit du volume de matériaux mis en mouvement. Il est exprimé en m³, la rubrique ne contient que des valeurs entières, arrondies à l'unité supérieure.

Victimes

La rubrique indique le nombre de morts d'une part, et le nombre de blessés d'autre part.

4.4.2 - Rubriques faisant appel à un code

Numéro d'identification

C'est le numéro porté sur les atlas, suivi du numéro d'ordre du mouvement (cf. anté § 3.2.1) le premier peut occuper quatre positions, le second, deux positions. Les unités occupent la position la plus à droite, le cas échéant ces numéros sont complétés sur la gauche par des zéros.

0,5,6,3 | 0,7

Confidentialité

Un code alphabétique précise si les renseignements sont ou non dans le domaine public.

³³ Ces données sont extraites du fichier géomatic de l'I.G.N..

Précision sur les coordonnées LAMBERT

Code alphabétique précisant si les coordonnées portées sur la fiche sont celles du lieu du mouvement ou celles de la mairie de la commune concernée. La zone de projection LAMBERT est indiquée par le code numérique conventionnel**.

Département et commune

Ils sont codés à la suite de leur expression en langage clair par un code numérique (numéro I.N.S.E.E.). Ce sont ces codes qui sont utilisés dans les traitements informatiques.

Date

Un code alphabétique donne des précisions sur la date. Mouvement d'âge géologique mouvement d'âge non géologique mais survenu avant l'ère chrétienne, mouvement postérieur au début de l'ère chrétienne.

Origine de l'information

C'est un code numérique ou alphanumérique indiquant le service qui a émis l'information où le lieu qui a archivé l'information avec dans ce cas mention de l'origine. Cette rubrique est destinée à des traitements d'évaluation de la qualité et de la représentativité de l'information.

Numéro BSS

Code numérique interne au département "banque du sous-sol".

4.4.3 - Rubriques faisant appel à des mots-clés

Certaines rubriques contiennent des données qui peuvent être exprimées par des mots dont le sens est fixé sans ambiguïté. Les données transcrites à l'aide de mots-clés sont soumises aux impératifs suivants :

- les mots-clés ont une orthographe figée ;
- les mots-clés, répertoriés dans les lexiques (Annexe 1) ont un sens fixé.

** La projection LAMBERT est une projection conique conforme, elle conserve un méridien et un parallèle origine. La projection LAMBERT France, s'effectue sur un cône séquant à la surface sphérique à représenter, ce qui a l'avantage de diminuer les altérations linéaires dues au système de projection. Le territoire national est couvert par quatre zones de projection :

- zone 1 : territoire compris entre les parrallèles 56,5 et 53,5 gr.
- zone 2 : territoire compris entre les parrallèles 53,5 et 50,5 gr.
- zone 3 : territoire compris entre les parrallèles 50,5 et 47,5 gr.
- zone 4 : zone couvrant le territoire de la Corse.

- les expressions comportant plusieurs mots-clés (substantif, adjectif, par exemple) obéissent à une syntaxe.

Nature des terrains

Les terrains mis en mouvement sont énumérés de haut en bas. Le dernier terme cité correspond à la formation lithologique qui est restée en place. La figure n° 9 montre la façon dont cette rubrique doit être remplie.

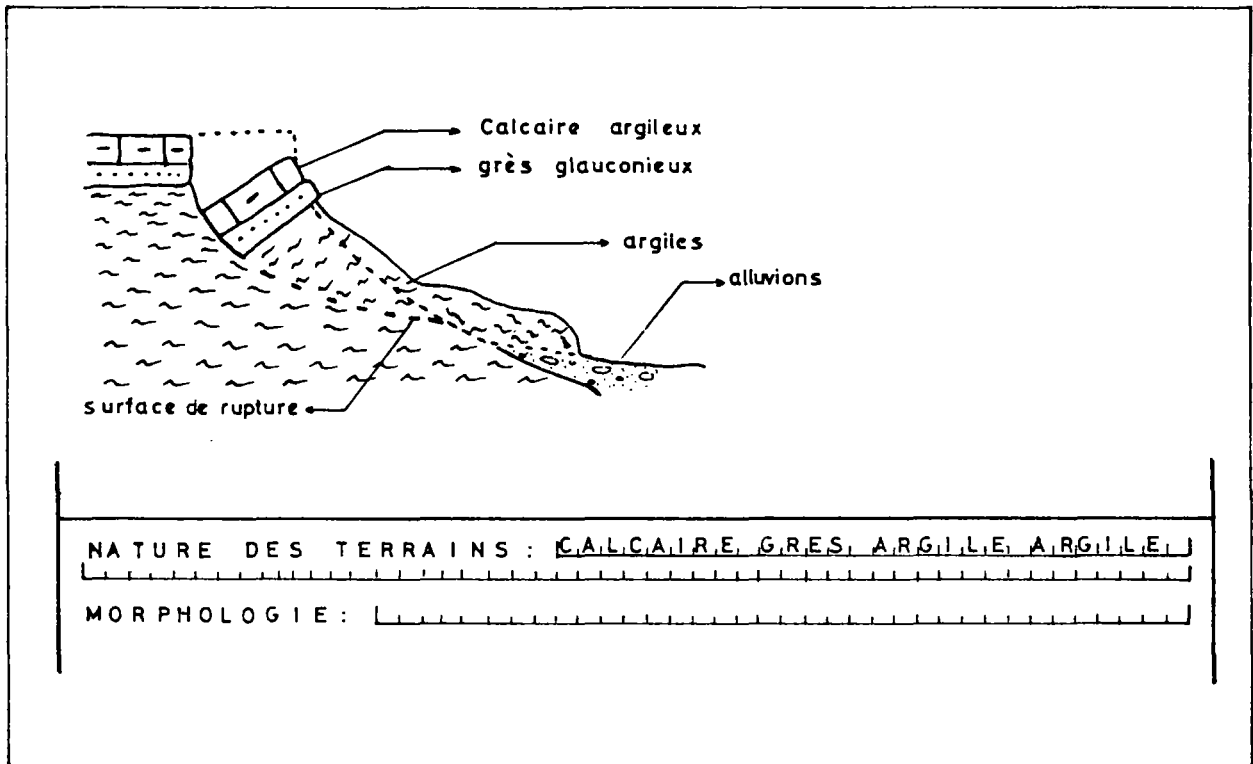


Fig.9: transcription de la lithologie sur le bordereau de saisie

Le lexique ne contient que des substantifs, étant donné la précision qui est recherchée.

Morphologie

Cette rubrique donne des indications sur la valeur de la pente, son exposition, le caractère soliflué du versant... Comme pour le fichier manuel le contenu de la rubrique "morphologie" du fichier informatisé est sommaire.

Type de mouvement

Des subdivisions plus fines que celles retenues dans le fichier manuel ont été adoptées. Les catégories retenues et leur contenu sont dor-

nés dans le lexique "type de mouvement" (Annexe 1). Les mouvements composés donnent lieu à une énumération chronologique des différents mouvements. Exemples : la chute d'une barre rocheuse à la suite du glissement des argiles sous-jacentes conduit au libellé suivant :

G_L_I_S_S_E_M_E_N_T, E_C_R_O_U_L_E_M_E_N_T

Les mouvements que l'on observe en particulier dans les falaises de Seine-Maritime (L'entraînement des sables du Néocomien par les eaux souterraines conduit au sous cavage des horizons de craie et à leur écoulement, écoulement qui induit parfois le glissement des argiles du Kiméridgien) sont transcrits par le libellé suivant :

E_C_R_O_U_L_E_M_E_N_T, G_L_I_S_S_E_M_E_N_T

Le phénomène de renard à l'origine du mouvement est mentionné dans la rubrique "facteurs naturels".

Facteurs

Les facteurs de mouvements sont subdivisés en facteurs humains et naturels. Le lexique contient 28 termes actuellement.

Importance

Cette rubrique, à laquelle correspond un lexique de trois termes, donne une appréciation sur la signification du mouvement. Elle permet de distinguer des mouvements mineurs de mouvements plus importants, et peut suppléer à un déficit de données plus précises (volume...). Elle tient compte également du contexte régional, de l'impact psychologique du mouvement... Cette rubrique ne pourra être remplie dans la plupart des cas qu'après une étude comparée des mouvements.

Dégâts matériels

Le libellé comporte dans l'ordre, un substantif, un adjectif et un nombre. Exemple : un glissement détruisant deux pavillons, endommageant et obstruant une route, conduit au libellé suivant :

H_A_B_I_T_A_T_I_O_N, D_E_T_R_U_I_T, 2, R_O_U_T_E, O_B_S_T_R_U_E, 1, R_O_U_T_E, E_N_D_O_M_M_A_G_E, 1

Annexe

Cette rubrique, à laquelle correspond un lexique de 19 termes, permet de limiter la perte d'information due à la mise en fiche. Elle

permet à l'utilisateur de savoir ce que contient le ou les documents utilisés ; cette rubrique est saisissable, on peut donc sélectionner dans le fichier les mouvements connus à travers des documents détaillés ou des mouvements ayant fait l'objet de telle ou telle étude...

4.5 - Lexiques

Les différents lexiques (ainsi qu'un répertoire des codes) sont groupés dans l'annexe 1.

Certains d'entre eux reprennent ceux mis au point par le département "Banque du Sous-Sol" ou y empruntent des termes, afin de conserver une certaine homogénéité et de permettre d'éventuels couplages avec d'autres fichiers. Toutefois ces lexiques ont été simplifiés étant donné la précision recherchée. Le lexique "annexe" est emprunté au lexique B.S.S. de même qu'une partie du lexique "nature des terrains", les autres lexiques ont été fabriqués en fonction des besoins et de la précision moyenne des documents utilisés. Ces lexiques peuvent être complétés si le besoin s'en fait sentir.

4.6 - Conclusions - Perspectives

Le fichier informatisé qui est proposé, constitue à notre avis la forme optimale souhaitable, étant donné les buts recherchés et les moyens employés. L'étude des documents relatifs à près de 2 700 mouvements, incorporés au fichier manuel, a fortement contribué à son élaboration.

Les modifications apportés à la forme du fichier sont dues à la méthodologie et aux impératifs de la mise sur ordinateur. Les rubriques "volume", "surface", "importance", "autres fiches", implicitement contenues dans la rubrique "description" du fichier manuel, ont été individualisées. Le contenu de la fiche y gagne en rigueur, cela permet de visualiser immédiatement la quantité de données possédées sur un mouvement. Ces rubriques étant saisissables, cette individualisation confère de nouvelles entrées au fichier. La décision de ne pas restituer la rubrique "description" du fichier manuel (elle n'apparaîtra donc pas sur les documents élaborés par l'ordinateur) a conduit à augmenter la précision de certaines rubriques ("type de mouvement", "morphologie"). La fiche y perd en détail (une fiche restituée ne donnera aucune précision sur le type d'un glissement, elle mentionnera *glissement*, qu'il soit rotationnel ou translationnel, simple ou complexe...). Notons

cependant que la fiche initiale, qui sera archivée au département après que son contenu aura été mis en mémoire, comporte cette description.

De nouvelles rubriques sont apparues ; la rubrique "confidentialité" permet de soustraire les fiches qui ne peuvent être communiquées, elle est apparue du fait qu'un contrôle est plus difficile à exercer sur la consultation des fiches ; la rubrique "coordonnées LAMBERT" a été créée pour optimiser la mise sur ordinateur, outre la précision gagnée sur la localisation du mouvement, elle permet d'obtenir des traçages automatiques et d'avoir une entrée géographique autre qu'une entrée suivant le découpage administratif de la France. La rubrique "annexe" permet de minimiser la perte de précision qui résulte d'une normalisation des données et d'un nombre limité de rubriques ; ainsi les renseignements sur la structure du site ne peuvent apparaître sur la fiche, mais si de telles données existent dans les documents qui ont servi à établir le bordereau, le consultant saura qu'elles existent (le terme STRUCTURE apparaîtra dans la rubrique).

On peut formuler quelques réserves vis-à-vis de ce fichier :

- repérage dans le temps : la date portée est la date de l'accélération brutale du phénomène. De ce fait les mouvements continus sur une certaine période, le caractère non stabilisé de certains mouvements, ne peuvent être exprimés, et ce d'autant plus que la rubrique "description" n'est plus restituée. On peut cependant exprimer cette continuité en établissant un bordereau par jour, ou par mois, de fonctionnement du mouvement ; ces bordereaux portant chacun un numéro d'ordre différent, renverront dans la rubrique "autres fiches" aux autres bordereaux.

- absence de stratigraphie : la stratigraphie n'est pas mentionnée bien qu'elle puisse constituer, à certaines échelles, un guide de recherche intéressant. Le simple report sur un fond géologique de la position des mouvements recensés fournira la corrélation mouvement (ou groupement de mouvements) - stratigraphie. Par ailleurs une rubrique "stratigraphie" aurait imposé un lexique important, enfin la rubrique "annexe" permet de signaler la présence de données stratigraphiques dans le dossier (terme DOC-GEOL, DOC-SOND ou DOSSIER-CARTO).

- simplicité du lexique "nature des terrains" : il ne comprend que des substantifs, les calcaires marneux se traduisent donc de la même façon que les calcaires siliceux. C'est la rareté de telles indications dans les documents employés, et le fait que la carte géologique ne permet en général pas de suppléer à ces carences, qui sont à l'origine de cette

simplicité. Cette rubrique constitue plus un moyen de sélection qu'un stockage de données (elle permet par exemple de sortir tous les mouvements survenus dans des formations superficielles recouvrant du gypse).

L'automatisation a des conséquences sur la maintenance du fichier et sur les utilisations que l'on peut en faire. Notons que la rédaction des bordereaux en langage clair permet toujours une consultation manuelle du fichier. Les possibilités de sorties des données sous diverses formes, celles de traçages automatiques facilitent :

- la gestion du fichier : en permettant de sélectionner rapidement les fiches devant faire l'objet de recherches complémentaires, en permettant d'obtenir, à tout moment et rapidement, des états de l'inventaire sous formes écrites ou graphiques ;

- les utilisations du fichier : en lui conférant une grande maniabilité. Le nombre de rubriques saisissables multiplie les possibilités de sélection de l'information moyennant la mise au point des programmes adaptés. L'entrée géographique suivant le découpage administratif de la France subsiste, mais l'introduction des coordonnées LAMBERT (même approchées) constitue une nouvelle entrée géographique indépendante d'un cadre administratif. Toutes ces possibilités, complétées par celles de représentation et de calcul, facilitent les utilisations ponctuelles ou à fin de synthèse auxquelles se prête ce fichier.

Plus de 2 600 fiches, contenues dans le fichier manuel, devront être reportées sur bordereaux. L'apparition des nouvelles rubriques, les modifications apportées à d'autres s'opposent à une simple transcription. Cet inconvénient pourrait être utilisé au mieux en complétant (avec les cartes topographiques, géologiques...) les données possédées sur chaque mouvement, lors du report sur bordereaux.

Les consignes de rédaction des bordereaux sont réunies dans l'annexe 1, à la suite du répertoire des lexiques et des codes.

CHAPITRE 2

ANALYSE DES SOURCES D'INFORMATION ET DES DOCUMENTS A L'ORIGINE DU FICHER

1 - GENERALITES

Rassemblés pour la plupart, de longue date et à titre personnel par J. VOGT en marge d'autres travaux (érosion anthropique des sols), les documents qui ont alimentés jusqu'à présent le fichier, proviennent essentiellement d'archives. De ce fait ils concernent en général des évènements antérieurs à la deuxième moitié du vingtième siècle.

La création du fichier mouvements de terrains, la prise de conscience de l'intérêt de tels renseignements, ont permis de systématiser dans une certaine mesure le dépouillement et d'enrichir les résultats des premières investigations.

Par ailleurs, la poursuite simultanée de travaux sur les mouvements de terrain, les séismes passés et l'érosion anthropique, permet de grouper les recherches auprès des archives et entraîne des dépouillements qui dans certains cas n'auraient pas été entrepris si l'inventaire des mouvements de terrains était seul en jeu, les risques d'échec étant trop élevés.

Parallèlement le dépouillement des publications, thèses et autres documents de ce type, contribue à combler le déficit d'informations relatives aux mouvements survenus récemment, déficit qui devrait disparaître avec une extension de l'enquête aux préfectures, directions départementales de l'équipement, bureaux de contrôle...

La dispersion des matériaux est extrême, les documents alimentant le fichier ont différentes origines : Génie rural, services des Mines, préfectures... et ont été établis à différentes époques. Ils sont obtenus directement auprès des services ou indirectement à travers les archives départementales, la presse... Ces caractères (origine de l'information, provenance, date des données) conditionnent la qualité des informations donc l'interprétation qui en est faite. Par ailleurs ces caractères influent de manière importante sur la quantité de documents que l'on peut recueillir.

Nous traiterons dans ce chapitre, en essayant de ne pas schématiser outre mesure, des différentes sources d'informations, de leur fonctionnement et des conséquences qui en résultent. Cet exposé simplifie une réalité complexe qui présente de nombreux cas particuliers. Nous avons porté sur la figure n° 10 les différents intermédiaires qui peuvent intervenir entre le moment où survient un mouvement et celui où il est mis sur fiche.

2 - LES SOURCES D'INFORMATION

2.1 - Définitions

Pour la commodité de l'exposé nous distinguerons :

- "l'origine de l'information" : c'est le service, l'organisme, qui a établi le document relatif à un mouvement de terrain. Il peut s'agir des Mines, des Ponts et chaussées, du B.R.G.M., d'une compagnie d'assurance, d'une préfecture...

- "le réceptacle de l'information" : c'est le lieu où le document a été trouvé. Il peut se confondre avec l'origine de l'information, mais ce peut être un service d'archives, une bibliothèque...

Notons qu'il est impossible de distinguer les sources donnant accès aux événements anciens de celles donnant accès aux mouvements récents. C'est ainsi par exemple que le service des Ponts et chaussées du département de l'Aube conserve les rapports établis depuis le début du XVIII^e siècle alors que les documents antérieurs à 1965 émanant de la Protection Civile ont été versés aux Archives Nationales.

2.2 - Les origines

Il s'agit de tout service, société, organe technique ou administratif ayant à prendre en compte des mouvements de terrains. Elles ont en la matière une vocation administrative : préfectures, sous-préfectures, mairies, gendarmerie, tribunaux, compagnies d'assurance..., ou technique : service des mines, des ponts et chaussées, bureau d'études techniques, D.D.E., D.D.A..

De façon globale, la vocation technique ou administrative se répercute sur le caractère des documents que l'on y trouve. Néanmoins certaines de ces sources sont liées entre elles de façon permanente (préfecture-Service des Mines par exemple) ou temporaire (service technique-

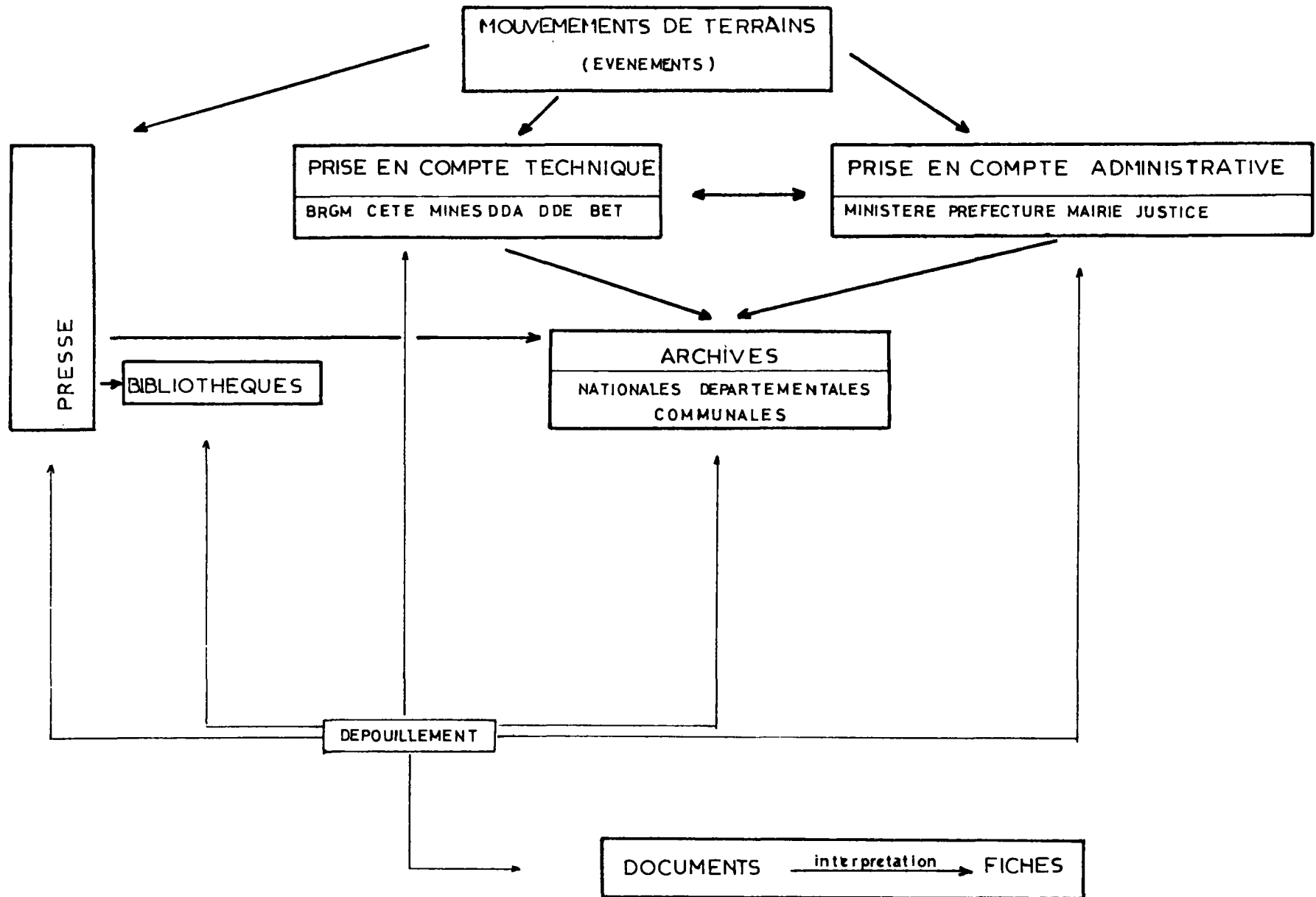


Fig.10 : Sources d'information et processus mis en jeu au cours de l'inventaire des mouvements de terrains

tribunaux) aussi peut on trouver des documents techniques dans un service à caractère administratif et inversement.

Le caractère privé ou public de la source d'information a une influence sur :

- la localisation des mouvements inventoriés ; certains services techniques n'interviennent que sur le domaine public ; notons les services des Ponts et Chaussées qui livrent des mouvements affectant ou menaçant des routes*.

- le type de mouvement que l'on peut y trouver : du fait de la spécificité de la mission attribuée au service. C'est ainsi que le Service des Mines livre la plupart du temps des mouvements de type effondrement. Notons toutefois qu'il peut y avoir des exceptions, en Indre-et-Loire par exemple un arrêté préfectoral de 1943 charge le Service des Mines de la surveillance des coteaux, c'est ainsi que nous avons pu recueillir auprès de ce service un grand nombre de documents traitant de mouvements de type glissement et écroulement et d'effondrements dus à des phénomènes karstiques.

2.3 - Les réceptacles

Il s'agit principalement des services d'archives et des bibliothèques.

2.3.1 - Les archives nationales

Elles conservent nombre de documents classés en fonds, séries et sous-séries dont certaines, en particulier les séries F 14 (ponts et chaussées) et F 15 (secours) livrent entre autres des relations de mouvements de terrains.

Dans une moindre mesure la série C, qui regroupe les documents émanant du parlement livre aussi des informations à travers des propositions de loi, des textes d'urgences, des interventions... Ces données sont sommaires mais sont souvent le point de départ d'autres recherches.

2.3.2 - Les archives départementales

Il existe dans chaque département un service d'archives qui conserve des documents provenant des services publics, de personnes et de

* Cette spécialisation peut même influencer sur les données décrites, nous avons pu constater à plusieurs reprises que les volume et surface indiqués pour de tels mouvements étaient ceux des matériaux déposés sur la chaussée.

sociétés privées. Ces documents sont classés en fonds, correspondant à l'origine du versement, et en séries et sous-séries. Les fonds et séries susceptibles de livrer des documents ayant trait à des mouvements de terrain sont :

- les séries C et L qui correspondent respectivement aux versements de l'administration provinciale de l'ancien régime et à ceux de l'administration révolutionnaire.

- les séries M (calamités) et Z (sinistres) des fonds préfetures et sous-préfetures, qui sont parfois regroupées. Elles contiennent des demandes de secours, des rapports de gendarmerie, des constats municipaux...

- les séries S/Ponts et Chaussées, subdivisées par la suite en S/Mines et S/Ponts et Chaussées, sont de qualité inégale suivant qu'elles appartiennent au fond préfecture ou au fond travaux publics.

- les séries O des fonds communaux, en particulier la série 30/service vicivale, la série O/bâtiments communaux.

- les fonds justice, séries U.

Le contenu de ces séries est très composite, J. VOGT (1976) signale à ce propos que les fonds modernes offrent une diversité de versement et de classement par rapport aux fonds anciens qui, présentant un intérêt historique, sont en général bien classés et font souvent l'objet d'un inventaire très détaillé.

Chaque fond a une dominante ; administrative pour les fonds préfecture sous-préfecture... (séries M, Z...), plus techniques pour les versements des services. Mais la série S/Mines, par exemple, contient aussi bien des documents relatifs à des accidents liés aux carrières souterraines que les règlements d'exploitation successifs, les procès verbaux relatifs aux établissements classés... Un classement défectueux peut donc donner l'impression qu'une série est pauvre alors que cette "pauvreté" n'est que relative.

Toutes ces séries ne présentent pas la même richesse ; indépendamment de l'époque et de la région considérées, les séries M et S sont plus riches que la série O, du moins au moment de collecte des documents. Aussi certaines sources ne sont utilisées que dans des problèmes très particuliers, ou pour compléter des informations insuffisantes et ne font pas l'objet de dépouillement systématique.

2.3.3 - Les archives communales

Les documents qu'elles conservent ont trait à des surfaces restreintes et concernent différents domaines aussi ne sont elles pas systématiquement dépouillées au niveau de l'inventaire national. Toutefois elles sont susceptibles de livrer des renseignements fort intéressants pour compléter des informations partielles. Notons que très souvent elles ont disparu soit par négligence, soit par destruction.

2.3.4 - Les bibliothèques

Elles livrent des ouvrages d'intérêt local, des dictionnaires, les comptes rendus des sociétés savantes, des monographies communales et surtout des collections de presse régionale sur lesquelles nous reviendrons.

2.4 - La presse régionale

C'est une source importante de données à partir du milieu du XIX siècle (J. VOGT, 1973). Les journaux régionaux livrent alors une foule de renseignements au sujet de mouvements de terrains. Elle perd beaucoup de son intérêt avec le début du XX siècle à la suite des mouvements de concentration et de l'apparition d'une concurrence acharnée. Les descriptions des XVIII et XIX siècles laissent place à des relations discutables, voire à un catastrophisme déplorable, et ce n'est plus qu'occasionnellement qu'apparaissent des échos dignes d'intérêt.

L'expérience montre que rien n'échappe aux nombreux correspondants locaux de certains journaux dont le réseau couvre parfois toute la France. C'est ainsi par exemple, que "le Petit Marseillais" du 22 novembre 1893 relate l'écroulement survenu rue de la Foulerie à Chateaudun, que "le Sémaphore de Marseille" signale l'effondrement survenu le 26 juillet 1846 à Saint-Jean-le-Blanc (Loiret) ; de même "le journal de la Meurthe" décrit le glissement qui affecte un hameau du village de Vinzier (Haute Savoie) en janvier 1910, nous pourrions ainsi citer de nombreux exemples, de nombreux journaux tels "le journal de la vallée de Thône", "l'Ami de l'Ordre", "l'Abeille du Bugey", "le courrier de la Drôme"...

Le recours à des articles de presse présente des inconvénients, la qualité de l'information laisse parfois à désirer et les séries de

mouvements que l'on peut ainsi recueillir sont souvent biaisées. Cependant l'expérience prouve :

- qu'à certaines époques la presse est une source de choix ;
- que moyennant une certaine circonspection, la presse permet de compenser les déficits d'information des services et des archives ;
- que les échos de presse permettent d'effectuer des recherches complémentaires ;
- que le recours à la presse est souvent le seul moyen d'approcher les mouvements qui ont affecté le domaine privé.

3 - QUALITE DES DOCUMENTS RECUEILLIS

La qualité se définit comme "le degré plus ou moins élevé d'une échelle de valeurs pratiques" (dictionnaire ROBERT). Pour notre propos, le document de qualité est celui qui permettra par sa partie descriptive une interprétation conduisant à la détermination du type de mouvement, à une identification des facteurs de mouvement, ou contiendra les éléments (date, localisation) permettant d'effectuer des recherches complémentaires.

Jusqu'à présent, en fonction des sources inventoriées, rares sont les documents donnant des indications précises sur la morphologie et la géologie du site, les propriétés mécaniques des terrains, le régime des eaux souterraines et comportant des plans, des coupes, des données de sondages...

Inversement il y a peu de documents aussi sommaires que les états statistiques de mouvements (par exemple : "état des dégâts causés sur les chemins vicinaux par les calamités publiques de l'hiver 1954-1955 en Savoie" AD. Savoie 5 S 28). Notons cependant que de tels inventaires, qui mentionnent en général le lieu et la date du mouvement ainsi qu'un type, permettent d'orienter des recherches complémentaires.

Nous avons cherché à établir d'une part des corrélations entre les sources d'information, l'ancienneté du document, sa nature et la qualité des documents, et d'autre part à déterminer l'influence de ces paramètres sur l'interprétation du document.

3.1 - Influence de l'ancienneté du document

Les relations qui existent entre l'ancienneté des documents recueillis et leur qualité s'expriment essentiellement au niveau de la terminologie employée. La géotechnique est une discipline récente, les terminologies, les classifications qu'elle emploie sont encore plus récentes. Il s'ensuit que les termes rencontrés dans les documents anciens n'ont en général que des rapports très éloignés avec ceux employés aujourd'hui.

L'expérience montre que la cinématique des mouvements est en général bien perçue et s'exprime dans les vocables utilisés. Ainsi le terme "glissement" désigne souvent les glissements plans, de sols ou de roches ; par contre les glissements de type rotationnel sont assez souvent dénommés "affaissement" par les observateurs situés en tête du mouvement.

Des glissements complexes semblables à celui de la figure n° 11 (glissement par suppression de la butée de pied avec formation d'un graben) peuvent conduire à bien des termes descriptifs et sont difficiles à reconstituer à partir des documents.

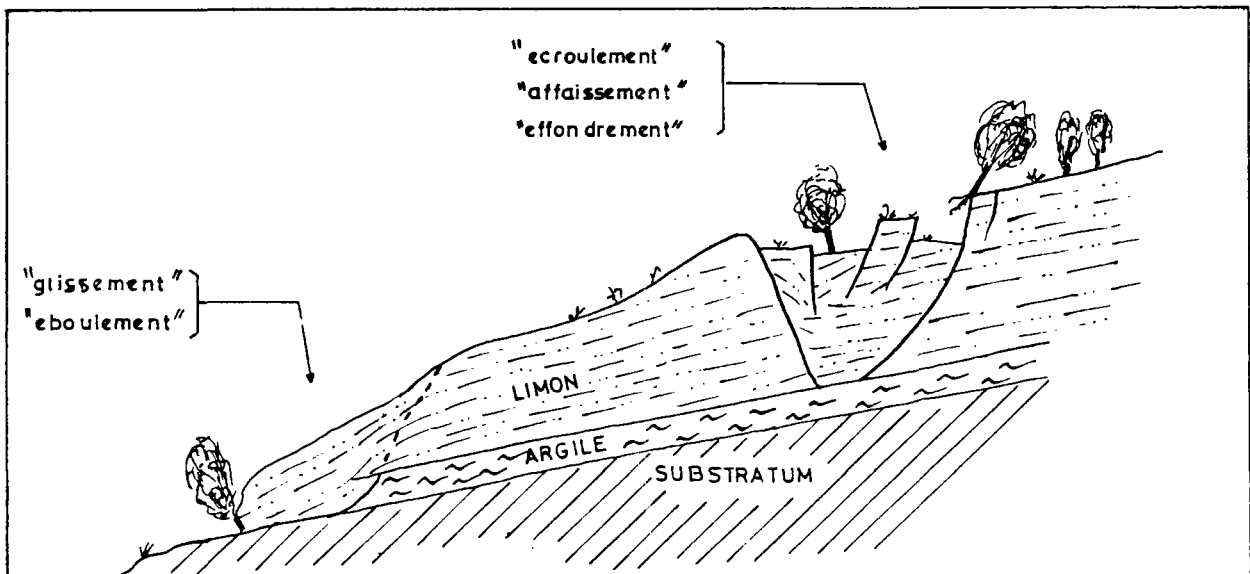


Fig 11 : terminologie susceptible d'apparaître dans un document relatif à un mouvement complexe

Les termes "éboulements" et "écroulements" sont sujets à caution. Une notion de catastrophe s'attache au vocable "éboulement" qui peut désigner indifféremment :

- des écroulements : "éboulement d'un bloc assez considérable qui s'est détaché de la masse du rocher..." (AD Indre et Loire, série carrière sans cote)

- des glissements : "... qu'un éboulement s'était produit sur sa prairie..., il s'en est suivi une crevasse d'une longueur de cent mètres et d'une largeur de cinquante..., les arbres sont inclinés, couchés..." (AD Isère, 148 M 2) ;

- des fontis : "...qu'un éboulement s'était produit dans une ancienne carrière..., qu'une excavation de... s'était formée à deux mètres du bord du chemin... (AD Eure, 33 S 6).

On rencontre des termes curieux dans certains documents, nous avons trouvé à plusieurs reprises dans des documents anciens de terme "fondre" qui correspond la plupart du temps à des fontis (citons à titre d'exemple des effondrements survenus dans la région de Chinon en 1741 dans une zone où l'on trouve de nombreuses carrières souterraines : "... le chemin de... à... prêt à fondre étant sur des carrières, ... celui... est fondu dans un endroit..." (AD Indre-et-Loire C 723)).

Ces quelques exemples montrent que la terminologie est très variée et recouvre bien des choses, toutefois moyennant un effort de réflexion il est possible de reconstituer le mouvement dans la plupart des cas pour peu que l'on prenne la précaution d'explicitier chaque terme.

On note de façon générale une carence des documents anciens dans la description des sites ; la nature des terrains est le plus souvent très sommaire tout au plus parlera-t-on de "roc", de marne^{**} de "terres"... , le plus souvent la nature des terrains se ramène à une distinction entre matériaux meubles et matériaux rocheux. Quant aux facteurs de mouvements, ou ils ne sont pas mentionnés ou ils ne sont que partiels ; la météorologie est souvent mise en avant (parfois à tort d'ailleurs) ainsi que les faits et gestes des voisins. Les indications sur les "causes" du mouvement sont toujours à considérer avec une très grande prudence.

^{**} Ce terme, qui désigne à l'heure actuelle un matériau composé à 50 % par l'argile et à 50 % par du calcaire, correspond à beaucoup de choses dès que l'on remonte dans le temps ; en particulier, la craie prend souvent cette appellation pour peu qu'elle serve à l'amendement (marnage) des sols

Si les documents anciens présentent une pauvreté de vocabulaire et parfois un langage fantaisiste, les documents récents posent d'autres problèmes qui sont souvent plus difficiles à résoudre. Malgré un effort d'harmonisation, les classifications et les terminologies sont multiples. Suivant le point de vue adopté, la classification employée (qui n'est pas toujours mentionnée) des termes tels *argile*, *limon*, *silt*... désigneront des choses différentes. Il en est de même pour les termes *glissement*, *écroulement*...

A côté du problème de vocabulaire, on notera que l'ancienneté du document intervient sur sa qualité dans la mesure où il existe des relations entre la richesse des documents livrés par les sources d'informations (origine) et la période considérée. J. VOGT signale (1973) à ce sujet la pauvreté de certains dossiers du dix-neuvième siècle qui est due en grande partie au style administratif de l'époque. On relève le même phénomène pour la presse régionale qui livre de nombreuses descriptions sobres et détaillées dans la deuxième partie du XIX siècle, alors qu'au XX siècle elle se cantonnera aux événements spectaculaires et donnera souvent cours à un catastrophisme déplorable.

3.2 - Influence de la source d'information

Les rapports entre sources d'information et qualité sont très généraux, que l'on considère "l'origine" ou le "réceptacle".

De façon très générale on peut considérer que les séries S sont plus intéressantes que les séries M, mais les premières renferment aussi des documents à caractère administratif où les détails disparaissent et les secondes livrent parfois des documents d'une grande valeur tels les rapports de gendarmerie.

Des études comparées de documents de différentes origines relatifs aux mêmes mouvements nous ont montré que la qualité n'est pas le monopole des documents à caractère technique.

Plus que la source d'information, c'est la nature du document qui conditionne sa qualité.

3.3 - Influence de la nature du document

Tout document est écrit dans un but précis avec des préoccupations précises. Ainsi la valeur des documents recueillis dans une même série d'archives (ou dans les archives d'un service) variera-t-elle largement suivant que l'on considère le rapport d'un garde-mine, d'un agent voyer, ou celui de l'ingénieur destiné à l'information du préfet. Les premiers qui s'apparentent au compte rendu, énumèrent les faits, le dernier rédigé dans une optique d'information et de synthèse fait disparaître une foule de détails.

Les demandes de secours s'attachent essentiellement aux conséquences des mouvements, celles-ci sont parfois surestimées en vue d'une meilleure indemnisation. Cependant, si de telles exagérations se rencontrent parfois, une généralisation serait abusive. Notons d'ailleurs que les séries M, C et L ne contiennent pas uniquement des demandes de secours, nombre de documents consistent en constats, procès-verbaux... dans lesquels l'aspect financier des dégâts n'est pas mentionné en vue d'une indemnisation.

3.4 - Conclusion

On peut recueillir en sollicitant diverses sources d'information un grand nombre de documents, d'âges et d'origines divers, ayant trait à des mouvements de terrain.

On ne peut établir de relation générale entre la qualité de ces documents, leur ancienneté, et leur origine. L'expérience de la mise en fiche montre que seule la nature du document, son objet, permettent de présumer de la qualité du document. Moyennant une étude critique, une interprétation qui tient compte de tous les éléments contenus dans le document et une fois surmonté le problème de vocabulaire, il est possible de rattacher avec plus ou moins de précision la plupart des mouvements recensés à une des classes retenues.

Signalons que lorsque ces fiches sont reprises dans une étude régionale et que chaque mouvement n'apparaît plus comme une entité mais comme l'élément d'un ensemble, des éléments nouveaux apparaissent. Il est donc possible de prendre en compte dans un inventaire des mouvements du sol

et du sous-sol, ceux dont nous avons connaissance à travers des documents anciens remontant parfois à plusieurs siècles. Rarement très élaborés, ils contiennent généralement suffisamment de détails pour satisfaire aux impératifs d'un inventaire.

4 - REPRESENTATIVITE DE LA QUANTITE DE DONNEES RECUEILLIES

4.1 - Généralités

Le fichier peut servir à des études statistiques ce qui nécessite la détermination de la valeur de l'échantillon traité.

REMARQUE : Les mouvements contenus dans le fichier ne constituent pas un échantillon au sens qu'attribuent les statisticiens à ce terme. En effet ces mouvements ne proviennent pas d'un tirage aléatoire parmi une population d'étendue délimitée. Ils constituent une sous-population dont les individus sont des mouvements de terrains qui se sont produits dans un passé plus ou moins lointain et dont nous avons eu connaissance à travers des documents d'origines diverses. La conservation et la prise en compte de ces documents résultent de processus complexes et le plus souvent non aléatoires (fig. n° 12)

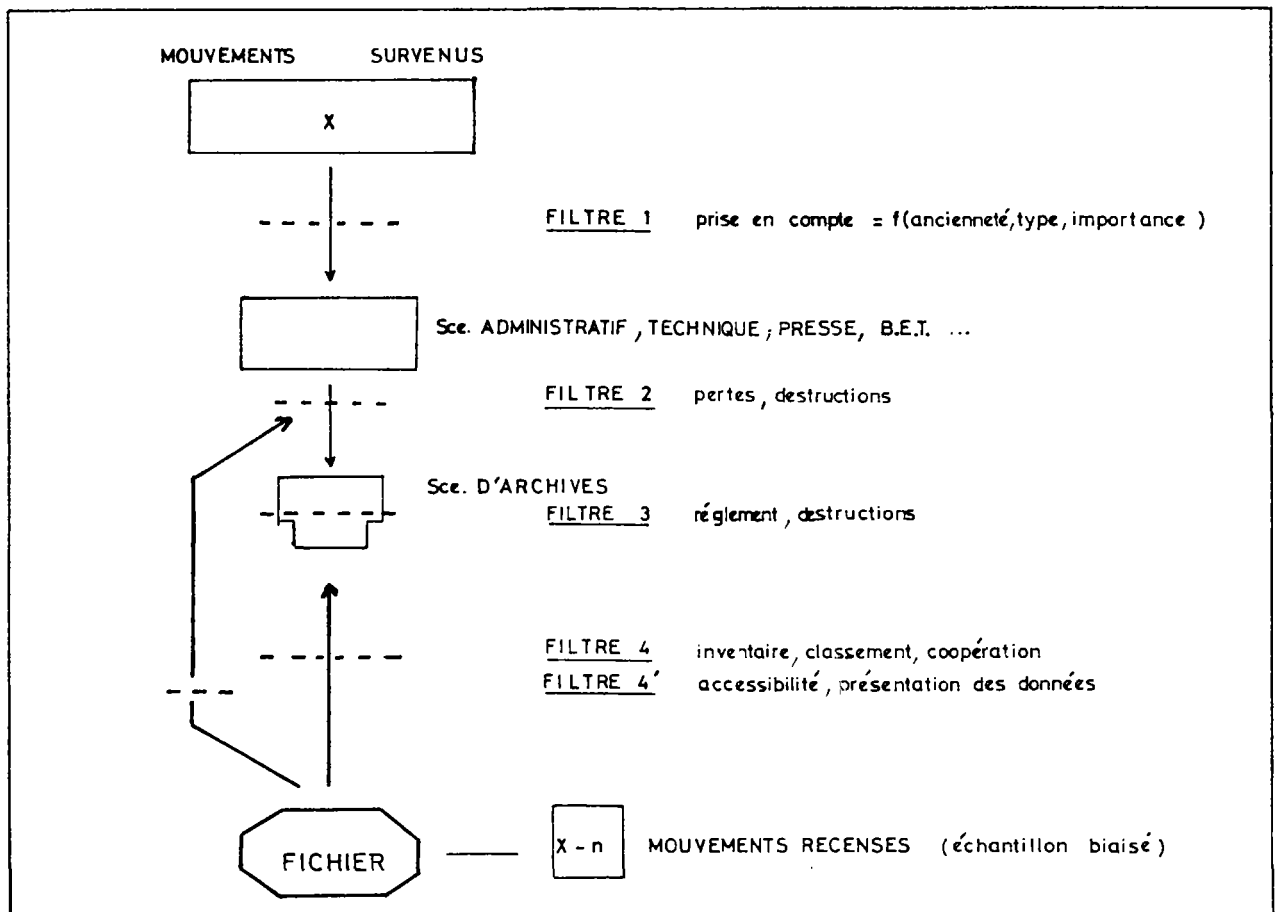


Fig.12 : Mécanismes s'opposant à l'obtention d'un échantillon non biaisé.

A priori, le nombre de mouvements répertoriés est loin de représenter le nombre de mouvements de terrains survenus.

En effet : - le dépouillement de toutes les sources est loin d'être achevé et se heurte parfois à des difficultés.

- beaucoup de mouvements n'ont fait l'objet d'aucun document.
- beaucoup de documents relatifs à des mouvements ont disparu, victimes de pertes ou d'éliminations.

Il est indispensable de savoir sur quels types de documents ont porté les éliminations et de quelle façon celles-ci ont eu lieu (processus aléatoires ou non), il est également utile de savoir quels sont les mouvements de terrains qui n'ont pas donné lieu à des traces écrites et pour quelles raisons.

Enfin il est utile d'étudier s'il existe des relations entre ces éliminations, ces absences de prise en compte, et les sources d'information (origine et réceptacle), l'ancienneté de la période considérée.

La quantité de mouvements répertoriés dépend de deux choses :

- la quantité de documents disponibles ;
- la manière dont a pu être mené le dépouillement.

Le nombre de documents que l'on peut recueillir est fonction de plusieurs facteurs dont :

- l'ancienneté des mouvements ;
- les structures et le fonctionnement des sources d'information (origine et réceptacle) ;
- l'accessibilité des sources.

Le dépouillement, en dehors du fait qu'il nécessite pour être fructueux une connaissance approfondie des sources d'information, dépend également de ces facteurs.

4.2 - Influence de l'ancienneté des mouvements

Pour la période antérieure au XVII^e siècle les relations de mouvements sont épisodiques, négligent le quotidien et concernent surtout des événements spectaculaires (écroulements du Granier en 1248, écroulement de Luc-en-Diois en 1441), mais de représentativité incertaine.

On peut recueillir de nombreux documents relatifs à des mouvements de terrains survenus aux XVII et XVIII siècles, auprès des archives départementales. C'est ainsi que les enquêtes fiscales et agricoles de l'ancien régime, les cahiers de doléances, livrent nombre de renseignements. Conservés dans les fonds anciens des archives qui sont bien inventoriés en raison de l'intérêt historique qui s'y attache (dans un autre domaine que celui qui nous intéresse), ces documents sont d'accès facile.

Par contre la diversité des versements et des classements qui affecte les fonds modernes des archives complique le dépouillement, et à tendance à faire diminuer (en valeur relative) la quantité de documents que l'on peut recueillir dans les dépôts départementaux ; à l'inverse la presse (au XIX siècle) et les archives nationales (XIX et XX siècles) constituent des sources de choix pour ces périodes.

Beaucoup de documents ayant trait à des mouvements récents (un siècle et parfois plus) sont encore conservés dans des services techniques ou administratifs ou dans des sociétés privées et sont difficiles à obtenir, de ce fait la quantité de mouvements récents recensés est souvent inférieure à celle des mouvements anciens.

4.3 - Influence des sources sur la quantité de données recueillies

4.3.1 - Documents provenant des services techniques

Actuellement, du fait que le dépouillement a essentiellement concerné des documents d'archives (archives nationales et départementales), le fichier présente un déficit de données récentes.

D'autre part l'accès des archives de ces services est souvent difficile, le dépouillement se heurte à des oppositions conséquences d'une incompréhension, d'une routine administrative ou de querelles stériles ; sans oublier une manie du secret qui frappe souvent à tort nombre de documents.

Toutefois nombre d'événements sont connus à travers les nombreuses publications consacrées à la géologie et à la géotechnique. D'autre part les difficultés évoquées ci-dessus font parfois place à une collaboration fructueuse.

Indépendamment de l'accessibilité des sources qui induit des déficits en valeur relative, la collecte des documents peut se heurter à différents phénomènes : disparition des documents, destruction par faits de

guerres, destruction volontaire (manque de place...) perte au cours de déménagements... Enfin certains mouvements ne font pas l'objet de documents soit parce qu'ils ne sont pas du ressort du service consulté, soit parce que celui-ci n'a pas été prévenu citons par exemple l'écroulement survenu à Parnay (37) le 13 février 1879, dont la seule trace écrite consiste en un article de 15 lignes dans "l'Echo Saumurois" du 15.2.1879 qui indique que l'ingénieur des mines n'a pas été appelé.

4.3.2 - Documents provenant des services d'archives

Aux pertes survenues par faits de guerre s'ajoutent les processus de conservation et d'élimination propres aux archives.

Les règlements des archives prévoient des durées fixes de conservation des documents, durées qui sont fonction de la nature des documents, de leur origine... Passé ce délai un manque de place peut conduire à la destruction des documents. D'autres documents ne font l'objet d'aucune obligation et ne sont pas archivés, ainsi les dossiers accidents de la série S/carrières des archives de l'Oise (période 1911-1929) et de la Somme (période 1910-1939) ont été mis au pilon. Nombre de documents jugés "terre à terre" tels les rapports de gendarmerie ont fait l'objet d'élimination.

Un autre facteur de déséquilibre dû aux sources d'information provient de l'influence de leur organisation sur le résultat du dépouillement. Certains services d'archives ont des fonds qui ne sont pas encore classés ou dont les inventaires sont sommaires; de même, les archives de certains services sont mal classés, il s'ensuit des déséquilibres entre les différents départements, toutes choses égales par ailleurs.

4.3.3 - La presse

La quantité de données qu'elle est susceptible de livrer est fonction de l'époque considérée (VOGT 1973).

D'une façon générale et quelle que soit l'époque, la presse est sujette à des modes journalistiques, le phénomène important déclenchant par association d'idées des articles sur tous les événements similaires se produisant par la suite, sur ceux qui se sont produits antérieurement et ceci jusqu'à ce qu'un autre sujet domine l'actualité. Une première distorsion apparaît donc du fait que les informations puisées dans un journal sont déjà des événements sélectionnés.

Une deuxième distorsion peut provenir du dépouillement. La consultation d'une seule année d'un quotidien est déjà un exercice fastidieux qui doit être exécuté rapidement. Les informations qui nous intéressent sont groupées par cantons et communes, ou en chroniques locales, voire dans les faits divers; les relations de mouvements se trouvent noyées au milieu d'échos sans intérêt pour notre propos et échappent parfois à l'investigation.

Une troisième distorsion provient de l'association communément faite par la presse des événements météorologiques exceptionnels avec les dégâts qu'ils occasionnent, dégâts auxquels se rattachent les mouvements de terrains. La presse régionale groupe alors des pages entières de dommages parmi lesquels beaucoup sont en relations avec des mouvements. Il s'ensuit que certaines périodes telles l'hiver 1879-1880, l'hiver 1910, le mois de mai 1931, celui d'octobre 1955..., qui sont riches en mouvements (richesse absolue) apparaîtront plus riches encore au niveau du fichier par suite d'une collecte aisée des données.

4.4 - Conclusions

La quantité de documents que l'on peut recueillir dépend de plusieurs facteurs qui influent les uns sur les autres. Indépendamment des différences naturelles, dues au contexte géologique climatologique..., la quantité de mouvements recensés variera suivant les départements et les périodes concernées.

Chercher à cerner la représentativité du nombre de mouvements recensés, dans un département par exemple, nécessite la prise en considération de tous les éléments énumérés dans ce paragraphe (état des sources, accessibilité des documents, période considérée...).

La consultation de bordereaux d'entrée et de sortie et des inventaires des documents versés aux archives permet de se faire une idée de la situation (absence de versements, éliminations, état du classement) et d'estimer les résultats du dépouillement.

Des études comparatives des quantités de documents fournies par la presse avec celles fournies par les dépôts d'archives ou les archives des services, permettent de cerner les déficits et d'estimer la valeur du recensement en quantité.

L'analyse de la documentation qui a été effectuée au cours de l'étude des mouvements de terrains survenus en Touraine sera développée dans la deuxième partie de notre mémoire.

CONCLUSION DE LA PREMIERE PARTIE

A côté des sources classiques, et connues, susceptibles de livrer des relations de mouvements de terrains, diverses sources - archives nationales, départementales, communales, presse régionale - livrent une grande quantité de témoignages sur des mouvements survenus dans un passé plus ou moins lointain.

Ces documents sont plus ou moins riches suivant leur origine, leur objet et l'époque à laquelle ils ont été établis.

Une fois surmonté le problème de vocabulaire et moyennant une étude critique, parfois interprétative, basée sur l'expérience, ces documents constituent une source précieuse de renseignements qui ne doit pas être négligée.

Les données qu'il est ainsi possible de recueillir trouvent des utilisations dans divers problèmes. Elles peuvent fournir des réponses ou des éléments de réponse à nombre de questions que suscitent les mouvements de terrains dans des domaines de préoccupations très divers. Chaque mouvement recensé vient enrichir les ensembles auxquels il s'intègre, qu'il s'agisse de groupements régionaux, de groupements de mouvements similaires ou survenus dans des conditions identiques, d'ensembles chronologiques...

Toute étude de cette documentation au cours ou en vue d'une synthèse doit être précédée d'une définition de sa représentativité dans l'espace de l'étude.

L'analyse brute des données fournit des éléments d'appréciation sur cette représentativité. Toutefois l'expérience acquise lors du traitement de documents relatifs aux mouvements survenus en Touraine ; traitement que nous développerons dans la deuxième partie de ce mémoire ; nous a montré que l'appréciation de cette représentativité se modifie tout au long de l'étude.

A l'heure actuelle, du fait :

- du contexte dans lequel s'inscrivent les opérations de dépouillement des sources d'information ;
- du caractère évolutif choisi pour le système de stockage ;
- des différences qui existent entre les régions en ce qui concerne la nature des sources consultées, l'ancienneté des documents recueillis

et indépendamment des différences qui existent entre les différentes régions de France en matière de risques liés aux mouvements du sol et du sous-sol le fichier montre des déséquilibres dans la qualité et la quantité des documents recueillis ; les informations stockées ne sont pas homogènes. Il est certain que ces déséquilibres s'atténueront considérablement au cours de la poursuite du travail de dépouillement et de mise en fiche des mouvements recensés.

Le système de stockage de l'information est issu de l'expérience acquise lors du dépouillement de documents de diverses origines relatifs à près de 3 000 mouvements de terrains, survenus à diverses époques et dans diverses régions.

Un premier fichier, ne permettant qu'une consultation manuelle, a permis de faire une première analyse du caractère des informations recueillies, de commencer des travaux de synthèse au niveau régional (Touraine) et national (ébauche de synthèse au 1/1 000 000) et a été utilisé dans des problèmes plus particuliers (carte ZERMOS de Millau, carrières souterraines de Caen...). Il a également permis de définir les principes de stockage (individualisation de chaque mouvement, présentation des fiches, contenu des fiches). Le système qui a été adopté en dernier ressort - un fichier informatisé - a atteint à notre avis sa forme optimale souhaitable : il est assez simple par le nombre assez restreint de paramètres, concernant les mouvements de terrain, qui sont pris en compte, mais il est adapté à un inventaire bibliographique et à la nature des documents qui ont été recueillis jusqu'à présent. Nous avons vu (cf. chapitre 1, §4.6) que l'on pouvait formuler un certain nombre de réserves sur la forme du fichier et sur le contenu de certaines rubriques. Nous avons apporté des réponses à certaines de ces réserves, les autres tiennent aux conditions dans lesquelles ce fichier est constitué et ne pourraient disparaître qu'avec une modification de ces conditions.

Le souci de fournir une information synthétique, analysée, tout en contrôlant les pertes d'information dues à une normalisation, et en ménageant un retour à l'information initiale, fait de ce fichier un système ouvert et adaptable à divers cas d'utilisation.

La forme de stockage adoptée doit permettre l'intégration de ce fichier à une base de données disposant de moyens modernes de sélection et de restitution de l'information. L'automatisation, en permettant une meilleure gestion du fichier (mise à jour d'atlas, état des sources inventoriées)

et des entrées multiples dans ce fichier (chaque mouvement recensé peut être rapidement retrouvé soit à titre individuel soit en tant qu'élément d'un groupe) le rend opérationnel.

Notons enfin que l'utilisation de moyen informatique permettra certainement étant donné le grand nombre de documents disponibles (actuellement plus de 3 000 mouvements ont été recensés) de parvenir à une meilleure définition de la représentativité des documents qu'il s'agisse de leur qualité ou de leur quantité. Des travaux restent à entreprendre dans cette voie, ils nécessiteront d'aborder les difficiles problèmes de quantification de cette représentativité et d'effectuer des choix de paramètres représentatifs, mais devraient sûrement permettre de parvenir à des résultats significatifs dans ce domaine.

La deuxième partie de ce mémoire, consacrée à l'étude des mouvements du sol et du sous-sol en Touraine, montrent les apports de l'utilisation d'un tel fichier dans la définition du comportement des terrains. Ces apports justifient, à notre avis, la poursuite de ce travail d'inventaire dont l'intérêt pratique à moyen terme est certain.

DEUXIEME PARTIE

LES RISQUES LIES AUX MOUVEMENTS DE TERRAIN
EN TOURAINE

INTRODUCTION

CHAPITRE 1 : Etude bibliographique et statistique des mouvements survenus
en Touraine

CHAPITRE 2 : Les caractéristiques du milieu naturel

CHAPITRE 3 : Pathologie des terrains et typologie des mouvements
observés en Touraine

INTRODUCTION

La deuxième partie de ce mémoire est consacré à l'étude réalisée en Touraine. Cette étude a d'une part, contribué, dans une large mesure, à tester une partie du contenu du fichier des mouvements de terrain, en confrontant ses données avec la réalité ; à définir les conditions d'emploi et les limites à apporter à l'utilisation de ce fichier. D'autre part, elle nous a conduit à proposer une méthode d'étude régionale des risques liés aux mouvements du sol et du sous-sol.

Les résultats acquis sur les mouvements de Touraine résultent d'une confrontation permanente, à différents stades de l'étude et à différentes échelles, des données du fichier et des caractéristiques géologiques et géotechniques du milieu étudié.

La démarche est assez complexe, nous donnons donc, ci-dessous, un exemple (les écroulements survenus à Rochecorbon, Indre-et-Loire) afin que l'on saisisse les relations qui existent entre les différentes phases de l'étude.

L'inventaire des mouvements livrait en particulier quatre écroulements (1810, 1820, 1885 et 1933) de grandes importances par les volumes déplacés et/ou les surfaces concernées. L'existence de falaises et de cavités souterraines était signalée de même que le rôle joué par l'homme dans certain de ces événements. Le report de ces mouvements sur des cartes confirmait la présence de falaises (30 m. et plus) et permettait de localiser stratigraphiquement les mouvements (Turonien supérieur).

L'étude géologique et géotechnique, générale, révélait: la grande hétérogénéité du tuffeau de Touraine et ses faibles propriétés mécaniques. La proximité de "l'axe anticlinal" d'Amboise laissait supposer qu'une fracturation d'origine tectonique pouvait s'ajouter à la fracturation résultant d'une décompression des versants. Aucune donnée sur les carrières n'a put être obtenue à ce stade de l'étude. L'étude de terrain (l'ampleur des mouvements et leur fréquence à Rochecorbon justifiait une étude ponctuelle) et la visite des carrières ont permis :

- de vérifier les hypothèses émises à partir des données précédentes et de saisir les principaux facteurs de ces mouvements.

- d'enrichir nos connaissances et de posséder de nouveaux guides de recherche.

L'intégration de toutes ces données dans l'étude statistique déjà ébauchée, a permis de confirmer, d'enrichir et de nuancer les premiers résultats obtenus.

La répétition d'une telle démarche pour des mouvements que les premiers traitements statistiques avaient mis en évidence nous a permis finalement d'acquérir un certain nombre de résultats sûrs quant aux types de mouvements, aux conditions de leur apparition, aux risques qu'ils font courir aux personnes et aux biens...

Pour la clarté de l'exposé nous avons été amené à individualiser les différentes phases de l'étude en trois parties:

- le premier chapitre expose les résultats de l'étude bibliographique des mouvements survenus en Touraine et ceux de l'analyse statistique des données du fichier ;

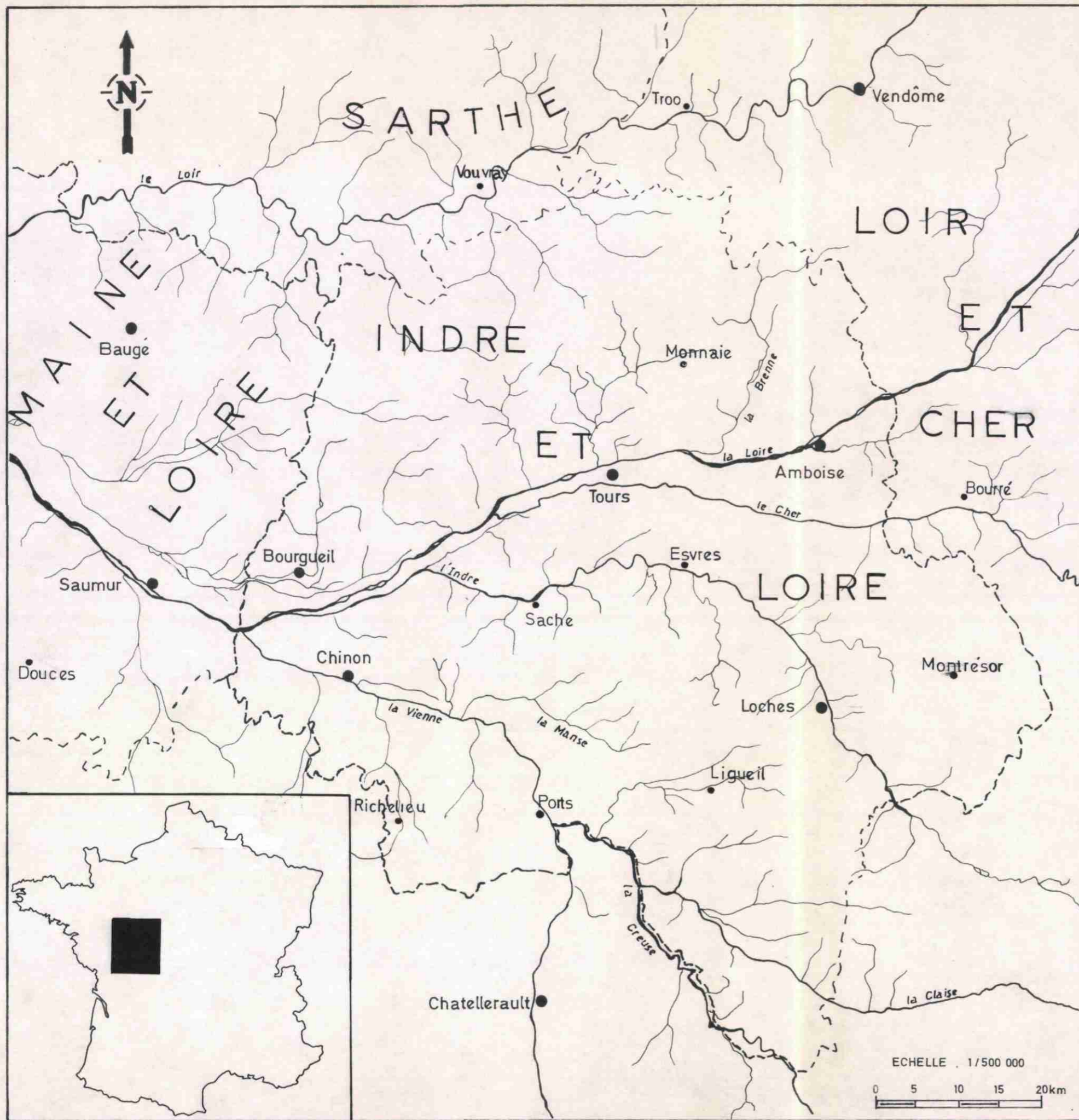
- le deuxième chapitre est consacré aux caractéristiques du milieu naturel ;

- le chapitre trois traite de la typologie des mouvements et de la pathologie des terrains et développe à travers la réalisation de la carte ZERMOS de Tours ("retombée" de cette étude régionale) les éléments à prendre en compte dans une cartographie des risques, à moyenne échelle (1/10 000).

Enfin nous établirons le bilan de nos recherches, les résultats acquis tant au niveau du fichier qu'à celui de l'étude régionale, et les perspectives qui sont ouvertes.

CADRE GEOGRAPHIQUE DE L'ETUDE (figure n° 13)

Etant donné le plan que nous avons adopté pour l'exposé de nos travaux, nous avons été amené à fixer dans cette introduction le cadre géographique de l'étude ainsi qu'un résumé de l'histoire géologique de la Touraine.



Cadre géographique de l'étude.

L'étude intéresse la Touraine "au sens large" et concerne, outre cette province une partie de l'Anjou, du Maine et de l'Orléanais. Elle recouvre :

- le département de l'Indre-et-Loire en totalité ;
- la bordure orientale du Maine-et-Loire, prolongement vers l'Ouest des vallées du Loir et de la Loire ;
- la partie méridionale de la Sarthe : vallée du Loir et ses abords ;
- la partie occidentale du Loir et Cher, prolongement vers l'Est des vallées du Loir, de la Loire et du Cher.

La zone étudiée est limitée :

- au Nord par la vallée du Loir et les contreforts du plateau crayeux de Saint-Calais ;
- à l'Est par les affleurements tertiaires de l'Orléans ;
- au Sud et à l'Ouest par la cuesta du Crétacé ;
- au Sud-Ouest par les contreforts du Massif Armoricaïn.

Il s'agit d'une vaste région sub-tabulaire, dont l'altitude se situe entre 180 et 50 m et décroît au Nord du Sud et de l'Est à l'Ouest. Elle est entaillée plus ou moins profondément par les vallées de l'Indre, de la Loire, de la Vienne, de la Creuse, du Loir et du Cher, qui assurent le drainage d'une multitude de petites rivières occupant les vallées affluentes. On y distingue les régions naturelles suivantes :

- les Varennes : zones d'alluvions fertiles correspondant aux larges vallées à fond plat, telles le val du Loir, la basse vallée de la Vienne à son confluent avec la Loire,...

- les Champeignes : zones où affleurent :
 - . les calcaires lacustres du Lutétien et du Sannoisien, dont la fertilité est fonction de la présence ou de l'absence d'une couverture sableuse miocène
 - . les calcaires lacustres du Bartonien (Pays de Baugé).
- les gâtines : régions correspondant aux affleurements de Crétacé sous un recouvrement d'argiles à silex : gâtines de Montrésor, de Preuilley, de Saint Laurent.
- le Richelais, pays où affleurent les terrains crayeux du Crétacé supérieur : région de Richelieu et par extension la région de Sainte Maure de Touraine et celle de Ligueil, au Sud du plateau de Saint Maure.

L'habitat est surtout localisé dans les grandes vallées et aux débouchés de leurs affluents, qui de tout temps ont été un lieu de concentration des populations. A l'exception des grands centres : Tours Saumur, Chinon, Amboise, les activités relèvent du domaine agricole.

Notons que la zone étudiée englobe la partie occidentale du schéma d'aménagement de la Loire moyenne (figure 14). "Zone d'appui" du Bassin de Paris, cette région dont la population ne cesse de s'accroître par suite des mouvements de décentralisation, est en plein essor.

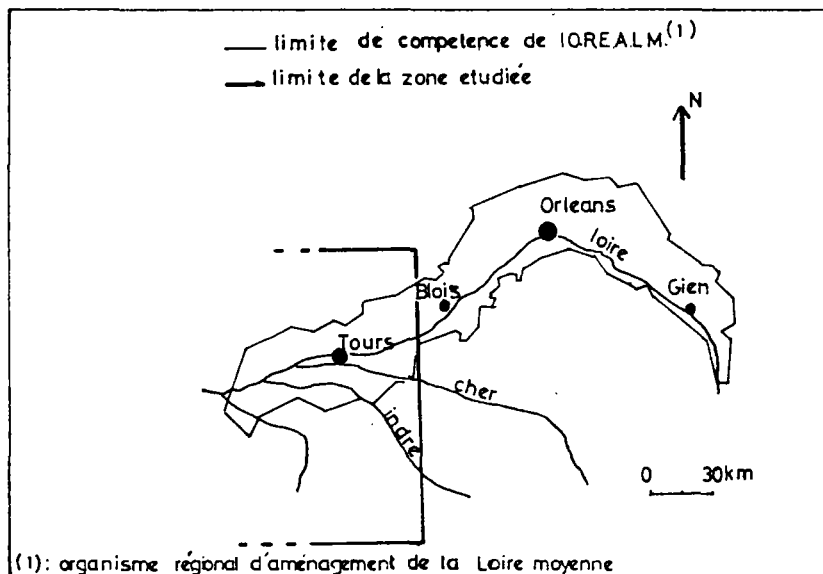


Fig.14 : Relations entre la zone étudiée et le schéma d'aménagement de la Loire moyenne

RESUME DE L'HISTOIRE GEOLOGIQUE DE LA TOURAINE

Après l'orogénèse hercynienne, la région est soumise jusqu'au Jurassique supérieur à une longue période de sédimentation qui s'achève avec le plissement des dépôts et leur émergence. La Touraine constitue alors le flanc Nord d'un isthme reliant le Massif armoricain au Massif central, elle est soumise à l'érosion qui s'accompagne d'une évolution karstique des calcaires jurassiques.

Avec la transgression cénomaniennne, la mer envahit à nouveau la région, la transgression est progressive ; le Cénomanienn fossilise la surface jurassique karstifiée, soulignant une émergence de plus de cinquante millions d'années.

La Touraine constitue alors la bordure méridionale et occidentale d'une mer parisienne, il s'y dépose des faciès détritiques, tandis que dans le reste du Bassin de Paris prédominent les faciès crayeux.

A la fin du Crétacé supérieur, on note un approfondissement du bassin avec une persistance des influences littorales qui se traduisent par un caractère détritique marqué des dépôts. Ce caractère détritique diminue du Sud-Ouest au Nord-Est, mais s'accroît dans le temps jusqu'à l'émergence anté-tertiaire. Le plissement, amorcé dès le Cénomanienn, se poursuivra jusqu'à la limite Eocène-Oligocène.

Au Nummulitique, la Touraine qui est isolée du reste du Bassin de Paris, est le siège d'actions continentales qui conduisent à la mise en place de dépôts complexes (grande variété de faciès, discontinuité des couches...) en milieu aérien ou lacustre ; les dépôts lacustres sont guidés par les structures résultant des mouvements anté-oligocènes.

Durant cette période une sidérolithisation affecte tous les dépôts.

A l'Helvétien, une transgression venue de l'Ouest, grossièrement axée sur le cours actuel de la Loire, envahit la Touraine et atteint le Blésois, déposant les faluns de Touraine.

La Touraine subit, avec le reste du Bassin parisien, le contrecoup des mouvements alpins, au Pontien un gauchissement général affecte le Bassin de Paris, le domaine tourangeau est désormais soumis uniquement aux actions continentales ; les derniers traits du relief actuel sont acquis durant le Quaternaire.

Par la proximité du Massif central et armoricain, le caractère bordier de la sédimentation crétacée et la sédimentation essentiellement continentale du Tertiaire, la Touraine constitue une région originale vis-à-vis du reste du Bassin de Paris.

CHAPITRE 1

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE ET STATISTIQUE DES MOUVEMENTS SURVENUS EN TOURAINE

1 - INTRODUCTION

Nous avons soumis les données relatives au mouvements de terrain recensés en Touraine à un traitement statistique.

Cette analyse a conduits à plusieurs résultats :

- le traitement statistique des données recueillies a permis de définir un certain nombre de facteurs pouvant être à l'origine de mouvements, d'approcher de la hiérarchie d'un certain nombre de types de mouvements et les risques qu'ils font courir aux personnes et aux biens par leur fréquence, leur importance...

- ce traitement a également permis de définir des guides de recherche à utiliser dans les études plus détaillées.

- l'analyse de la représentativité des données recueillies, préalable indispensable à toute étude statistique, a apporté des éléments nouveaux sur la valeur des documents utilisés et sur ce que l'on pouvait attendre des données provenant des sources d'information consultées pour établir le fichier.

Les résultats obtenus permettent de cerner de façon plus rigoureuse les conditions d'utilisation du fichier qui ont été évoquées dans la première partie de ce mémoire ; ils viennent étayer des conclusions acquises intuitivement ; toutefois, ces résultats ont été acquis sur un nombre relativement petit (environ 400) de documents qui concernent, qui plus est, des mouvements appartenant à une entité régionale. Aussi, les caractères de la documentation déterminés en Touraine ne sauraient être extrapolés à l'ensemble du territoire national et ne constituent qu'un élément d'appréciation.

2 - ANALYSE DE L'ECHANTILLON

Parmi les mouvements recensés, nous en avons retenus 302 qui ont fait l'objet d'une analyse. Ils appartiennent à un espace géographique où rè-

gnent des conditions morphologiques, géologiques et climatiques relativement homogènes dont les variations sont connues à l'échelle du département.

Ces mouvements appartiennent à des catégories bien définies (cf. première partie, chap. 1, § 2.4.1) :

- . glissements
- . écroulements
- . effondrements et affaissements

En outre, nous avons pris en compte par la suite, et à l'occasion de circonstances particulières, toute une série de phénomènes survenus dans des cavités souterraines autres que des carrières souterraines ; ces mouvements sont regroupés sous le terme "désordres en caves".

2.1 - Analyse de la qualité des documents recueillis

Les documents sont nombreux, d'origine et de caractères très divers (constats de gendarmerie, rapports du Service des Mines, arrêtés préfectoraux et municipaux, etc.). Ils constatent et relatent des mouvements ou concernent des interventions préventives.

Ces documents sont plus ou moins complets, plus ou moins sûrs ; ils se prêtent plus ou moins à des recoupements et ne permettent pas toujours de compléter par une enquête sur place les informations qu'ils livrent.

Si pour chaque mouvement recensé la somme :

- . des données des documents initiaux
- . des données acquises par recoupement
- . de celles acquises sur place

. de celles relatives à des mouvements qui se sont produits dans des conditions similaires, permet de se faire une idée assez exacte de ce qui s'est passé et de déterminer les principaux paramètres qui sont à l'origine ; le recours à de multiples sources de renseignements et à divers moyens d'étude masque en définitive l'apport des documents initiaux.

Nous avons donc cherché à quantifier la qualité des documents car il était intéressant de pouvoir définir les documents accumulés par rapport à une norme, on pouvait ainsi comparer des documents, de différentes époques ou non, de même origine ou non. Ceci permettrait par la suite d'estimer les résultats à attendre de l'inventaire connaissant la composition de l'échantillon et pourrait servir à orienter les travaux de dépouillement.

2.1.1 - Les critères de qualité retenus. Leur quantification

Chacun de ces critères présente une importance en lui-même, mais nous n'avons pas pu les pondérer en fonction de leur importance relative dans l'ensemble des données fournies par un document. Notons d'ailleurs que l'importance de tel ou tel renseignements varie en fonction du degré d'avancement de l'étude générale des mouvements dans une région.

Nous pensons toutefois, qu'au niveau de la mise en fiches des mouvements et des premières études corrélatives, ce sont l'existence d'une date complète et une localisation correcte de l'événement qui constituent les points fondamentaux d'un document.

Les paramètres retenus sont au nombre de sept :

- trois d'entre eux (millésime, mois, jour) concernent la date de l'événement. En effet, en l'absence d'une localisation précise dans le temps et si la localisation dans l'espace est imprécise, deux documents différents afférents à un même mouvement peuvent donner lieu à deux fiches. Il y a là risque de multiplication du nombre de mouvements réellement survenus.

D'autre part, l'absence de date s'oppose aux corrélations avec des facteurs temporaires, tels les événements météorologiques par exemple.

- deux paramètres concernent la localisation du mouvement, il s'agit :

- . de la localisation donnée (par écrit) dans le document
- . de l'existence d'un plan ou d'un schéma.

Ces deux points sont complémentaires ; l'absence de plan, est parfois une gêne, inversement la seule présence d'un plan est parfois insuffisante. Nous citerons à ce propos un rapport du Service des Mines du Maine-et-Loire de 1896 (Archives Départementales du Maine-et-Loire, 136 S 26) traitant d'effondrements dûs à des carrières souterraines ; en dehors du nom de la commune on trouve un plan détaillé à l'échelle du 1/2 000 superposant la surface topographique, les dégâts en surface et le plan des carrières. Ce plan, sans coordonnées, est inutilisable ; les fontis ont été comblés, l'occupation du sol a changé, il n'a pas été possible de localiser ces mouvements au moment de la mise en fiche, et il n'a pas été possible par la suite (lors d'une enquête de terrain) de repérer parmi les autres cette carrière sur laquelle nous possédions pourtant beaucoup de renseignements.

- la qualité de la description est prise en compte

- l'existence de valeurs numériques est également prise en considération (surface affectée par le mouvement, volume mis en mouvements,...).

Chaque paramètre a été évalué par une note. La notation a trois niveaux : 0, 1/2, 1 ; nous évitons ainsi de faire entre les documents des discriminations qui n'ont pas lieu d'être dans l'état actuel de nos connaissances.

Pour chaque paramètre nous avons attribué :

- la note 0 : si les données ne figurent pas dans le document : absence du milésime, du mois ou du jour, pas de localisation excepté le département, absence de description du mouvement...

- la note 1/2 si les indications sont sommaires ou imprécises. Pour la date il s'agit de mentions du type "... il y a une dizaine d'années...", "... durant l'hiver 1789-1790..." etc..

En ce qui concerne la localisation du mouvement les données sont imprécises ("... sur la route de ... à ...") ou non significatives à l'heure actuelle (nom d'une propriété en 1911, nom d'un propriétaire, localisation par rapport à des repères aujourd'hui disparus etc.). Pour la description, la valeur 1/2 est attribuée lorsque les indications permettent tout juste l'attribution à une des catégories définies, et sont telles qu'elles laissent subsister des doutes.

En ce qui concerne les données numériques, la valeur 1/2 correspond à des indications incomplètes, imprécises...

Enfin pour le critère "qualité des plans" la note 1/2 correspond à des documents très sommaires, ou sans échelle, ou encore à des échelles telles qu'ils sont inutilisables au moment de la mise en fiche.

- la valeur 1 est attribuée lorsque les indications correspondant aux critères retenus sont corrects : date complète, localisation précise, plans utilisables, description permettant une analyse du mouvement...

Nous avons soumis à l'analyse 181 documents prélevés au hasard parmi ceux qui concernent les mouvements recensés dans les départements d'Indre-et-Loire, du Maine-et-Loire et du Loir-et-Cher. La distribution de ces documents dans les départements et en fonction de leur origine sont respectivement données dans les tableaux 2 et 3

Indre-et-Loire	144 documents
Loir-et-Cher	23 documents
Maine-et-Loire	14 documents

TABLEAU 2 : Distribution des documents par départements

Presse régionale	24 documents
Archives, séries M et assimilées	43 documents
Archives, séries S et assimilées	55 documents
Service des Mines de Tours	59 documents

TABLEAU 3 : Distribution des documents par type de source

2.1.2 - Résultats

La comparaison des notes moyennes obtenues pour chaque source est exprimée dans la figure n° 15.

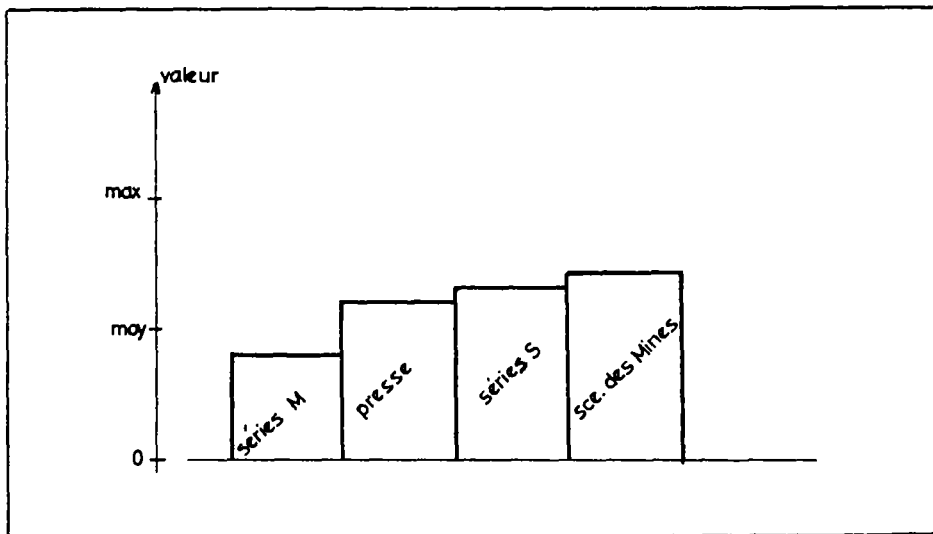


Fig.15 : Valeur moyenne des documents : répartition par origine.

On note une prédominance des documents récents (archives du Service des Mines, subdivision de Tours). On remarque également une similitude entre la qualité globale des informations fournies par la presse régionale et celle des données des séries S et assimilées des services d'archives (archives départementales et nationales). Toutefois, les effectifs de chacune de ces classes sont différents (cf. tableau n° 3) et les documents correspondent à diverses périodes.

La distribution dans le temps de la qualité des documents (fig. n°16) montre une amélioration de celle-ci au fur et à mesure que l'on se rapproche de la période actuelle. La distribution des notes pour chaque source (fig. n°17) permet de nuancer les résultats précédents ; si la qualité des documents recueillis dans les séries S et M des archives croît avec le temps, il n'en est pas de même pour la qualité des informations extraites de la presse régionale.

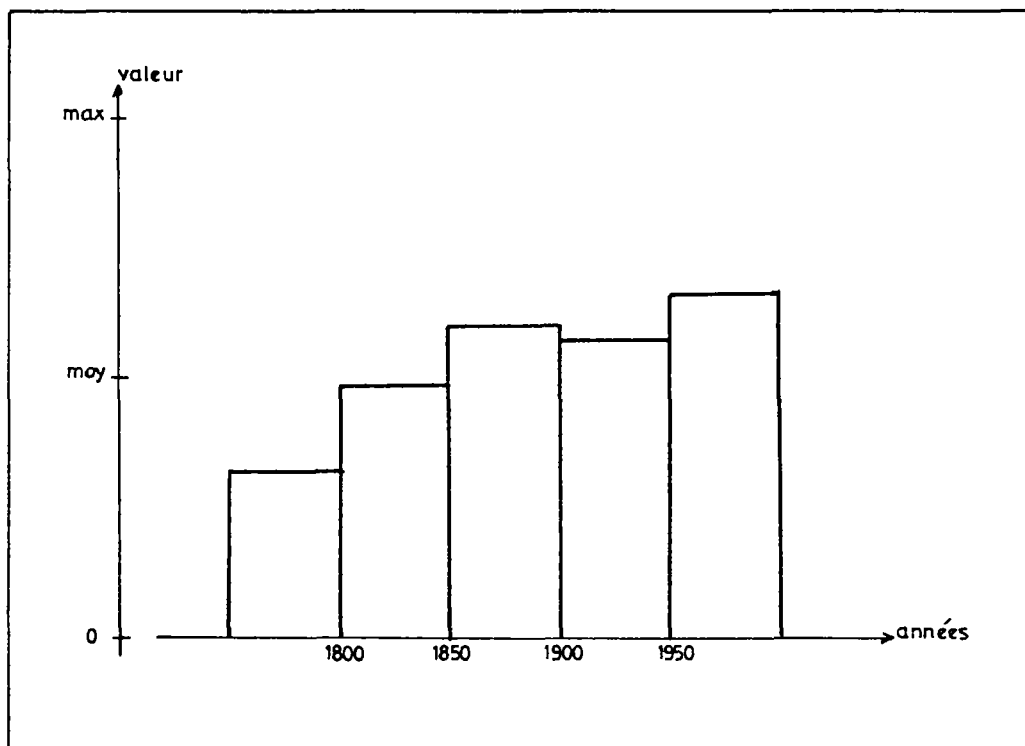


Fig.16 : Distribution dans le temps de la valeur des documents

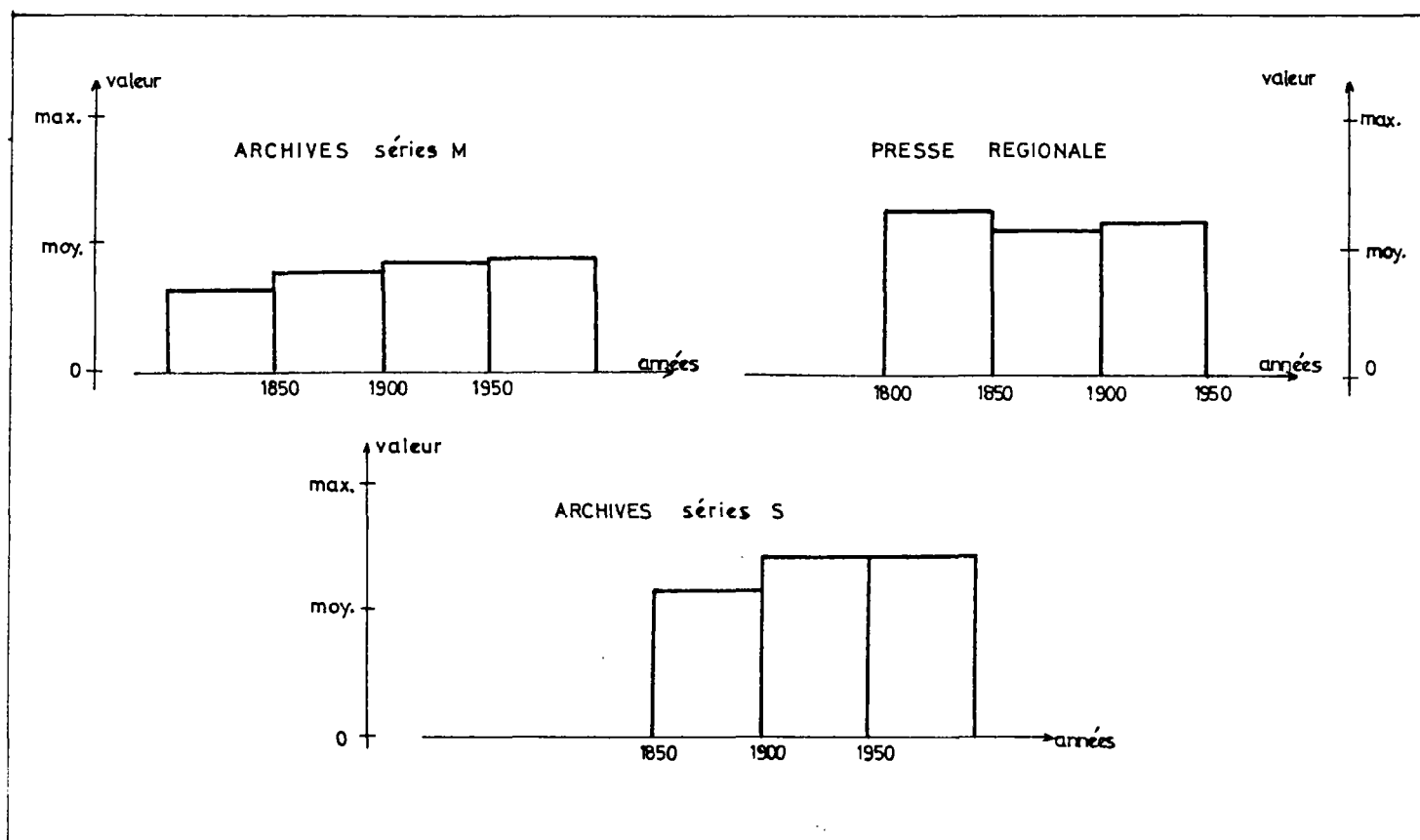


Fig.17 : Distribution dans le temps et par sources d'information de la valeur des documents

L'étude de chaque critère analysé par source d'information permet de préciser les résultats obtenus jusqu'à présent.

Localisation des mouvements dans le temps :

Le millésime est toujours exprimé dans les documents analysés.

Par contre le mois fait défaut dans :

- 32 % des documents provenant des séries M des archives départementales

- 9 % des documents provenant des séries S ou assimilées

- 6 % des documents provenant du Service des Mines

- 8 % des relations de mouvements faites par la presse régionale.

Sur les 302 cas de mouvements traités au cours de l'analyse statistique, 39 cas (soit 13 % du total) ne sont situés dans le temps que par le millésime.

L'indication du jour de l'accélération brutale des mouvements figure dans :

- 12 % des documents provenant des séries M et assimilées

- 79 % des documents provenant des séries S et assimilées

- 58 % des documents provenant directement du Service des Mines.

Localisation des mouvements dans l'espace :

La valeur de la localisation des mouvements est bonne dans l'ensemble (figure n° 18). Les documents ne sont défailants que dans 21 % des cas (ces documents proviennent essentiellement des séries M ou assimilées).

Les informations provenant de la presse ne laissent à désirer que dans 17 % des cas quant à la localisation des mouvements .

Les documents qui localisent des mouvements de façon imprécise ne se prêtent pas toujours à une exploitation immédiate ; mais l'expérience prouve que l'on peut assez facilement localiser des mouvements initialement mal situés à l'aide d'enquêtes complémentaires, sur place ou aux archives départementales. Le groupement de ces recherches rend possible une opération qui n'est pas envisageable au moment de la mise en fiche des données. Nous citerons à titre d'exemple les effondrements survenus en 1741 à Beaumont-en-Véron. (Archives départementales d'Indre-et-Loire, C 723). Ces mouvements

étaient localisés à l'aide de noms de lieu dits, une modification de la toponymie est survenue entre temps ; des recherches aux archives départementales menées à l'occasion d'un passage à Tours et une visite sur place ont permis de situer très exactement l'endroit où étaient apparus ces fontis.

Valeur de la description des mouvements :

La qualité des descriptions analysées est bonne dans l'ensemble (figure n° 19) et elle est meilleure que celle des localisations. On note la prédominance des documents provenant du Service des Mines (directement ou indirectement) pour la bonne qualité des description.

2.1.3 - Conclusions

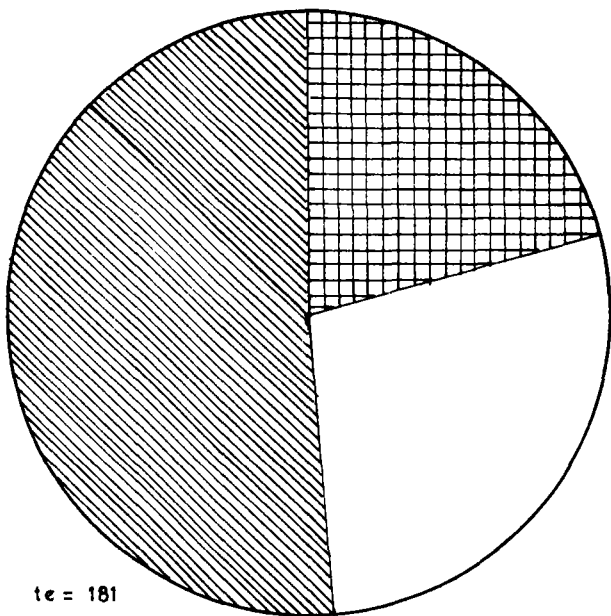
L'analyse de près de 200 documents relatifs à des mouvements de terrain survenus en Touraine, fait ressortir la hiérarchie suivante quant à la qualité des documents :

série M/sinistres < presse < série S/mines < archives du Sce des Mines.

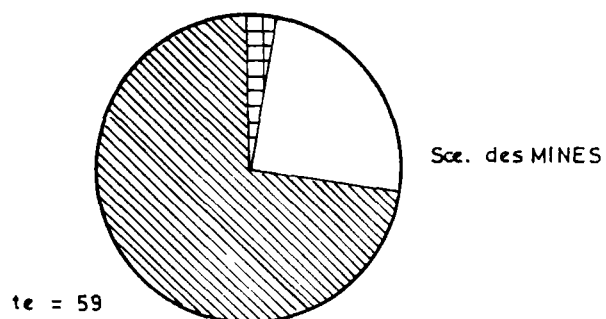
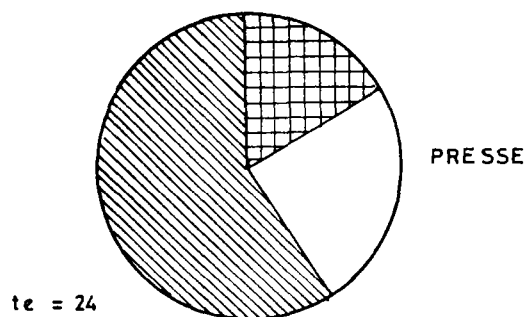
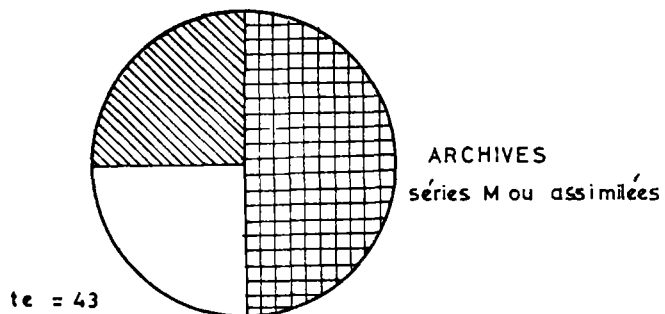
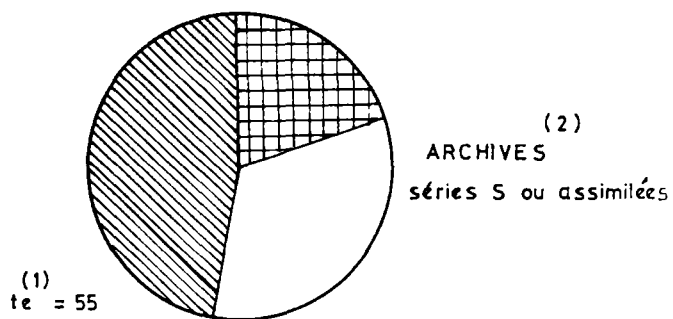
A l'exception des renseignements fournis par la presse régionale, plus on se rapproche de la période actuelle plus la qualité des documents s'améliore.

Indépendamment de la Touraine il reste à définir des critères d'évaluation de la qualité des documents et les facteurs de pondération à introduire entre les différents paramètres relatifs à la qualité des documents, pour arriver à une analyse significative de la valeur du contenu du fichier.

Cette première analyse montre que le recours à des sources d'information livrant des données sur des mouvements anciens se justifie, et que le caractère administratif de certaine source n'est pas un obstacle à une information de la qualité. Si globalement, les documents techniques livrent de façon immédiate plus de données, les séries M/sinistres et la presse régionale (surtout au XIX siècle) peuvent se révéler très intéressantes et ne doivent pas être négligées.



DISTRIBUTION GLOBALE



DISTRIBUTION PAR SOURCES

 Absence de localisation

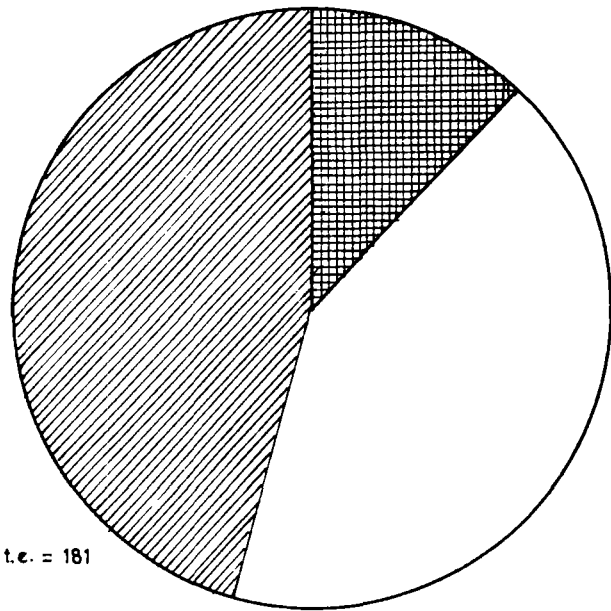
 Localisation imprécise

 Bonne localisation

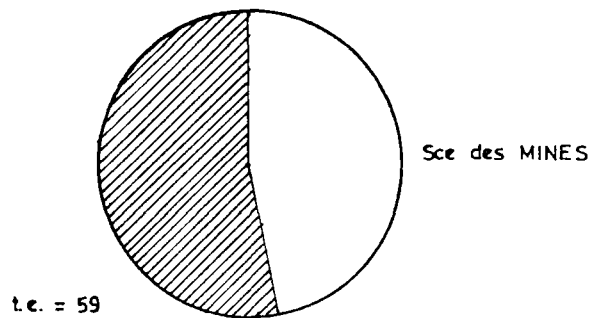
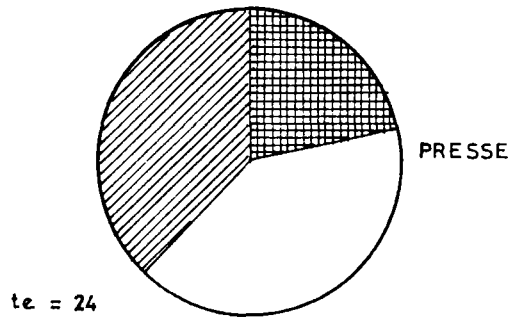
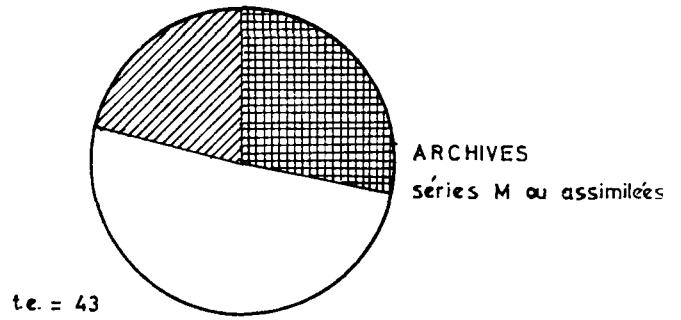
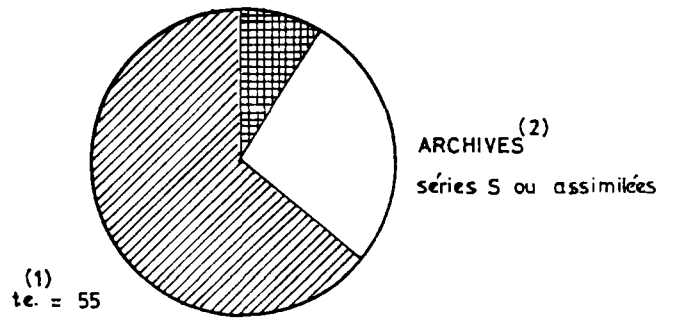
(1) taille de l'échantillon (nombre de documents)

(2) Archives départementales (37,41,49), archives nationales.

Fig. 18 : ETUDE QUALITATIVE DE L'ÉCHANTILLON : QUALITÉ DE LA LOCALISATION
répartition exprimée en % du nombre de documents (10% = 36°)





DISTRIBUTION GLOBALE



DISTRIBUTION PAR SOURCES

 catégorie 1: description insuffisante

 catégorie 2: description moyenne.

 catégorie 3: bonne description.

(1) taille de l'échantillon (nombre de documents)

(2) Archives départementales (37 41 47) archives nationales.

Fig.19 : ETUDE QUALITATIVE DE L'ÉCHANTILLON: QUALITE DE LA DESCRIPTION
répartition exprimée en % du nombre de documents (10% = 36°)

Les résultats qui viennent d'être présentés sont assez satisfaisants, d'autant plus que les documents analysés ne se rapportaient pas chacun à un mouvement distinct. Il y a en effet des recoupements dans la masse de documents recueillis ; à un mouvement correspond souvent plusieurs documents d'origines différentes, les lacunes des uns sont souvent compensées par d'autres informations.

2.2 - Représentativité du nombre de mouvements recensés

Actuellement le fichier national des mouvements de terrain survenus sur le territoire national signale plus de 3 000 mouvements irrégulièrement répartis dans les différents départements. Nous avons vu dans la première partie de ce mémoire (chapitre 2) qu'en raison de l'origine des documents et de la façon dont ils étaient collectés les mouvements recensés constituent le plus souvent des échantillons biaisés.

Nous proposons d'étudier les caractéristiques des mouvements qui affectent un département ou une région, à travers les résultats d'une étude statistique. Encore faut-il que l'échantillon traité soit représentatif, notamment si l'on veut pouvoir aborder l'étude de la fréquence de réalisation des mouvements, celle de la hiérarchie des mouvements.

Il est donc indispensable de cerner les biais qui affectent l'échantillon, une étude qui ne prendrait pas cette précaution mènerait à des conclusions erronées. Nous avons donc cherché à établir des tests qui permettraient d'établir si le nombre de mouvements recensés dans un espace géographique donné (ici la Touraine) était représentatif d'une réalité.

Pour cela nous avons analysé :

- la répartition par départements du nombre de documents recueillis et du nombre de mouvements recensés.
- la distribution des mouvements à l'intérieur de chaque département.
- la distribution des événements dans le temps. Nous avons à chaque fois tenu compte :
 - . des périodes couvertes par le recensement.
 - . de l'origine des documents.

- . des caractéristiques des sources d'information.
- . des facteurs, naturels ou non, susceptibles de jouer un rôle sur ces distributions.

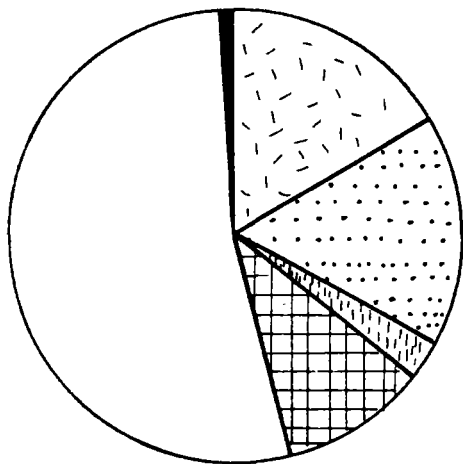
2.2.1 - Origine des documents

La répartition par sources d'information des documents recueillis est donnée dans le tableau n° 4. Elle est exprimée en pourcentage du nombre total de documents consultés d'une part et en nombre de documents d'autre part.

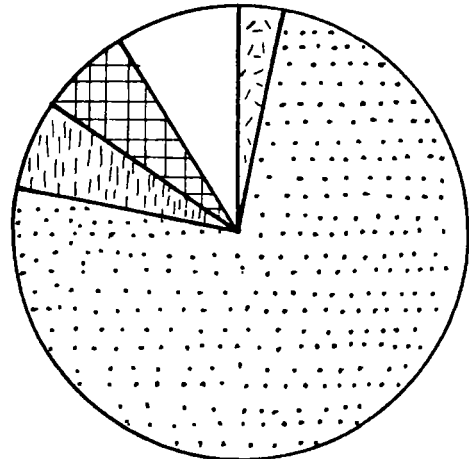
On remarquera la grande variété des sources utilisées pour le département d'Indre-et-Loire de même que la grande quantité de documents provenant, directement ou non, du Service des Mines. La comparaison, en valeur absolue, de la richesse des différents services d'archives montre des variations considérables. L'attribution de ces variations à une cause précise : déficiences du système de stockage ou inexistence de mouvement, est impossible au seul examen de ce tableau.

ORIGINE		DEPARTEMENTS			
		INDRE-ET-LOIRE	LOIR-ET-CHER	MAINE-ET-LOIRE	SARTHE
Archives départementales	Série M/sinistres ou assimilées	16,5 % 41	3 % 1	16,5 % 4	— —
	Série S/Mines	16 % 40	75 % 24	37,5 % 9	22 % 2
Archives nationales		3 % 8	6,5 % 2	— —	11 % 1
Archives communales		— —	— —	25 % 6	— —
Presse régionale		10,5 % 26	6,5 % 2	21 % 5	45 % 4
Archives du service des Mines (subdivision de Tours)		52,8 % 131	9 % 3	— —	— —
Autres sources		1,2 % 3	— —	— —	22 % 2

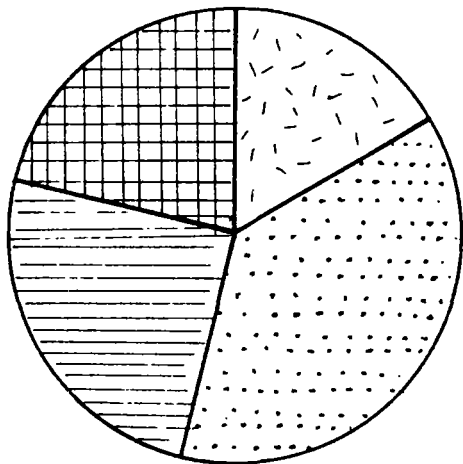
TABEAU n° 4 : Répartition des documents par sources d'information.



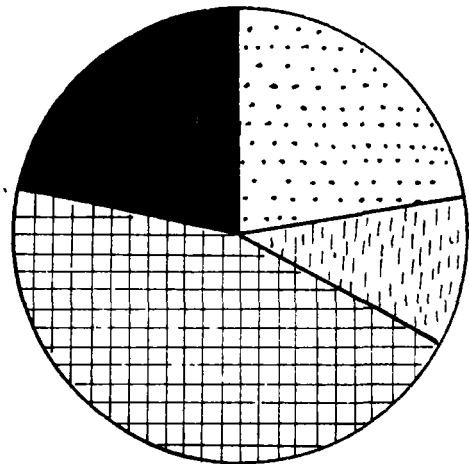
INDRE ET LOIRE



LOIR ET CHER



MAINE ET LOIRE



SARTHE

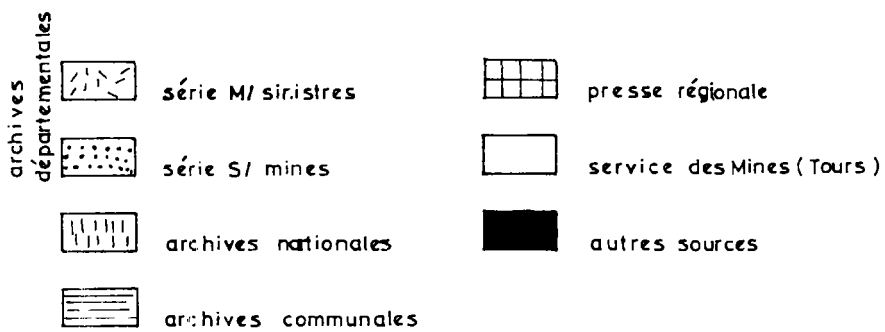


Fig.20 : Répartition par source d'information des documents recueillis.
(exprimée en % du nombre total de documents)

2.2.2 - Distribution dans l'espace du nombre de mouvements recensés

La distribution par départements des 302 mouvements de terrains retenus est donné dans le tableau n° 5. Elle est très hétérogène, et les périodes intéressées par le recensement (calculées à l'aide des dates du mouvement le plus ancien et du mouvement le plus récent) sont très variables.

DEPARTEMENTS	NOMBRE DE MOUVEMENTS	PERIODES CONCERNEES (dates extrêmes)
Indre-et-Loire	245	1741-1975
Loir-et-Cher	32	1818-1975
Maine-et-Loire	18	1857-1926
Sarthe	7	1912-1966

TABLEAU n° 5 : Répartition par départements du nombre de mouvements recensés.

Pour mieux saisir cette distribution nous avons tenu compte :

- de la durée de la période durant laquelle les mouvements se sont produits. Nous ne disposons que des dates extrêmes de ces périodes, ce qui n'est pas très significatif.

- de la surface respective des départements ou partie de départements concernés par l'inventaire.

- de la superficie des secteurs exposés à des mouvements de terrain**.

Les résultats sont exprimés dans le tableau n° 6.

* Cette superficie n'a pu être calculée qu'à partir du moment où nous avons possédé des idées générales sur les facteurs permanents de mouvements ce qui nous a permis de déterminer assez grossièrement l'étendue des zones où risquait d'apparaître des mouvements. Ceci montre bien que la représentativité de l'échantillon traité ne peut être déterminée qu'à posteriori.

DEPARTEMENTS	NOMBRE DE MOUVEMENTS CONNUS/ PERIODE CONCERNEE (années)	NOMBRE DE MOUVEMENTS CONNUS/ SURFACE DU DEPARTEMENT (ha)	NOMBRE DE MOUVEMENTS CONNUS/ SURFACE DES SECTEURS DE RISQUES (ha)
Indre-et-Loire	1,05	$4 \cdot 10^{-4}$	$3,8 \cdot 10^{-3}$
Loir-et-Cher	0,20	$2,3 \cdot 10^{-4}$	$7 \cdot 10^{-4}$
Maine-et-Loire	0,26	$1,1 \cdot 10^{-4}$	$9 \cdot 10^{-4}$
Sarthe	0,12	$2,1 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-3}$

TABLEAU n° 6 : Valeur des "estimateurs" retenus pour tester la distribution des mouvements dans l'espace.

Etant donné les paramètres pris en compte les deux premiers estimateurs calculés n'ont pas grande valeur, ils nécessiteraient pour acquérir une signification que les hypothèses qu'ils impliquent (homogénéité du milieu naturel, du dépouillement et de la richesse des sources dans chaque département) se révèlent exactes. Par contre le rapport du nombre de mouvements recensés à la surface des secteurs de risques présente un intérêt. L'hypothèse est la suivante : l'étude statistique, l'étude géologique et géotechnique et l'enquête de terrain permettent de mettre en évidence un certain nombre de caractéristiques du milieu naturel (lithologie, structure, morphologie, conditions hydrogéologiques...) qui, seules ou combinées, peuvent être à l'origine de mouvements. Les secteurs où ces facteurs permanents d'instabilité sont présents sont donc des lieux privilégiés d'apparition de mouvements. Une fois ces zones déterminées, il est possible de comparer les séries d'événements que l'on a pu y recenser.

Nous avons calculé les surfaces des zones exposées à des risques de mouvements d'après les résultats de nos recherches. Les rapports que nous avons pu calculer font apparaître la Sarthe comme particulièrement exposée par comparaison avec les valeurs obtenues pour les autres départements (de plus l'inventaire est particulièrement pauvre pour ce département, le rapport calculé doit donc être plus élevé). Or cette conclusion est totalement erronée ;

la Sarthe est certe affectée par des mouvements de terrains, mais les secteurs de risques sont restreints.

D'autre part, d'après les valeurs calculées pour ce rapport, l'Indre-et-Loire se place avant les départements du Loir-et-Cher et du Maine-et-Loire. Or si nous n'avions pas pu accéder en Indre-et-Loire aux archives du Service des Mines, le rapport du nombre de mouvements recensés à la surface des secteurs de risque aurait pris la valeur 2.10^{-4} , inférieure à celle des autres départements.

Ceci montre qu'étant donné les processus qui entrent en jeu au cours de l'inventaire, tout calcul numérique sur la fréquence des mouvements, toute comparaison entre des régions où règnent des conditions semblables, et a fortiori toute comparaison entre les différentes catégories de mouvements inventoriées, sont à proscrire. Ce n'est qu'une fois l'étude terminée (étude des mouvements recensés, - étude de "l'échantillon" - étude géologique et géotechnique) que l'on peut arriver à cerner la représentativité des résultats de l'étude statistique et approcher la fréquence des mouvements et leur hiérarchie.

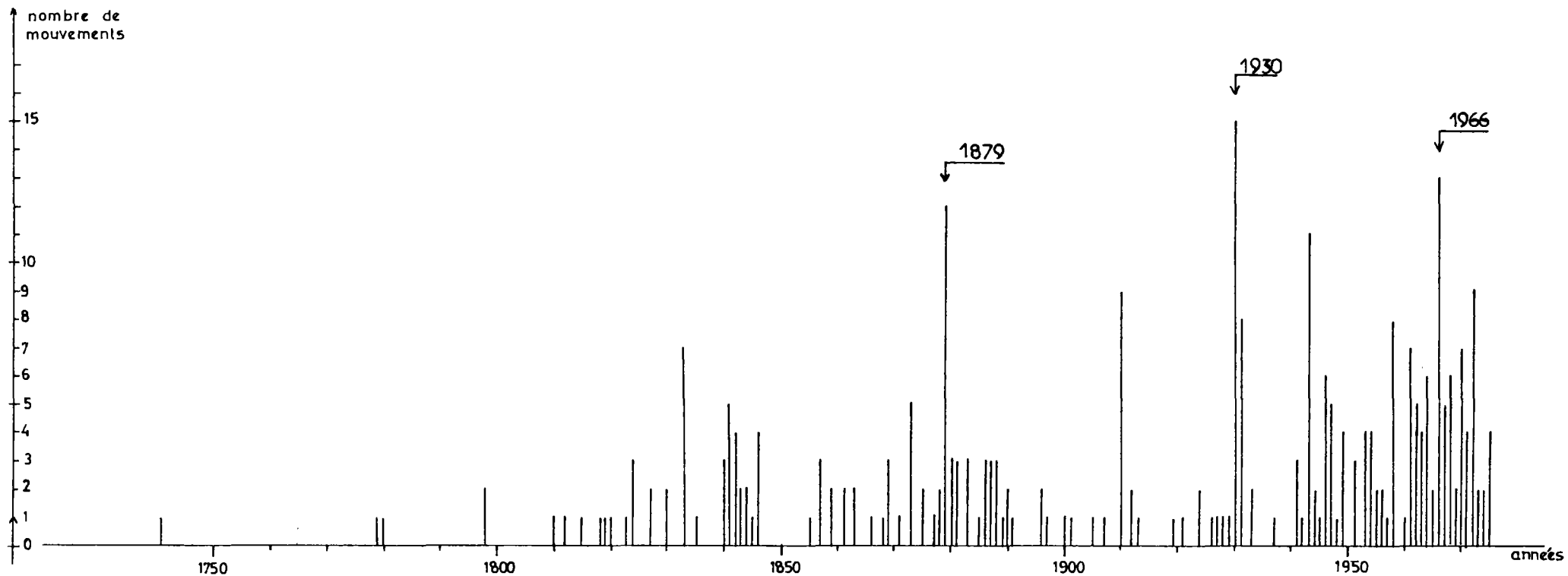
2.2.3 - Distribution des événements recensés dans le temps

L'étude de la répartition des mouvements dans l'intervalle de temps qui fait l'objet de l'inventaire apporte des éléments intéressants sur la représentativité de l'échantillon.

La distribution des mouvements de Touraine est illustrée par la figure n° 21.

L'examen de ce graphe montre qu'il y a peu de mouvements datant du XVIII^e siècle ; la quantité d'événements ne devient significative qu'à partir du XIX^e siècle. Cependant, les données antérieures demeurent précieuses dans la mesure où elles éclairent parfois et confirment des conclusions que l'on peut dégager de celles des XIX^e et XX^e siècles.

Le graphe révèle également une répartition très inégale des événements et montre une augmentation du nombre de mouvements avec le temps, augmentation qui ne peut être qu'apparente.



Indre et Loire:	245	mouvements
Loir et Cher:	32	mouvements
Maine et Loire:	18	mouvements
Sarthe:	7	mouvements
total :	302	

Figure 21 : distribution des mouvements recensés en Touraine .

La forme de ce diagramme pouvait être due :

- aux caractéristiques des sources d'informations ;
- à l'existence d'un rythme de mouvements ;
- à une modification au cours du temps de facteurs susceptibles d'être à l'origine de mouvements ou à la combinaison de plusieurs de ces causes.

Caractéristiques des sources d'information en Touraine

Nous avons évoqué dans la première partie (chap. 2, § 4.3) les phénomènes susceptibles de conduire à des pertes ou à des concentrations d'informations.

En Indre-et-Loire la série M/Sinistres des archives départementales est pauvre, nous n'avons pas retrouvé de rapport de gendarmerie ce qui laisse supposer des éliminations. Le classement et l'inventaire de la série S/Mines sont sommaires ; des tentatives de recoupement d'informations se sont soldées par des échecs, c'est ainsi que :

- nous n'avons pas pu retrouver les rapports des Ponts et Chaussées et des Mines relatifs à la catastrophe de Ports (37) ;

- le rapport des Ponts et Chaussées concernant les glissements de Barrou, et auquel fait allusion un rapport du Service des Mines, n'a pu être retrouvé.

- les documents relatifs à l'instruction judiciaire ouverte après l'écroulement de Ports sont introuvables.

Les séries d'archives sont donc incomplètes, certaines lacunes concernent des périodes entières, des éliminations semblent concerner des régions entières, c'est ainsi qu'il n'existe aucun document sur les mouvements pour certains cantons alors que l'on trouve des échos dans la presse et que les conditions naturelles ne prédisposent pas une absence de mouvements.

Par contre, le Service des Mines en Indre-et-Loire a été chargé à plusieurs reprises de la surveillance des caves et des coteaux en plus de celle des carrières en exploitation qui lui incombe. Un arrêté préfectoral a confirmé cette mission en 1943.

Les interventions, épisodiques jusqu'alors, deviennent systématiques à partir de cette date ; de plus, l'habitude aidant, les ingénieurs du Service des Mines sont de plus en plus fréquemment sollicités pour des mouvements mineurs qui n'auraient pas fait l'objet d'intervention autrefois.

Il y a donc en Indre-et-Loire une augmentation du nombre de mouvements recensés depuis 1943, et une augmentation apparente du nombre de mouvements dans la deuxième moitié du vingtième siècle. Seul un petit nombre d'événements n'a pas fait l'objet d'intervention comme en témoignent quelques échos de presse. De 1943 à 1975 la série de mouvements recensés couvre pratiquement la séquence réelle de mouvements survenus.

Nous enregistrons toutefois un déficit important d'informations pour la période 1900 - 1943. En effet, le dernier versement de documents aux archives départementales par le Service des Mines remonte à 1899, mais les premiers documents conservés à la subdivision de Tours datent de 1933. Il y a donc une période de plus de trente ans pour laquelle tous les documents ont disparu, victimes sans doute de déménagements successifs.

C'est ainsi que :

- les effondrements et écroulements survenus en août 1921 à Chinon ne sont connus qu'à travers la presse régionale et des documents provenant des archives départementales (séries M) relatifs aux travaux de réfection

- la catastrophe de Cinq-Mars-la-Pile (mai 1931) n'est connue qu'à travers des articles de presse (La présence parmi les victimes d'un général américain héros de la première guerre mondiale a particulièrement suscité l'intérêt des journalistes, ce qui a conduit à une mise en relief de ce mouvement au demeurant assez classique dans la région).

- les nombreux mouvements des années 1930 (Amboise, Benais, Langeais...) et 1931 (Vernou-sur-Brenne, Preuilly-sur-Claise, Vilaines-les-Rochers...), ne laissent de traces que dans la presse.

Dans le Maine-et-Loire, les documents provenant des archives sont moins nombreux, les éliminations dont ils ont été l'objet semblent avoir été faites au hasard (avant ou après le versement aux archives). Les séries de documents que nous possédons sur les écroulements survenus à Saumur par exemple, illustrent bien ce phénomène ; en effet nous avons des rapports qui font allusion à des rapports antérieurs qui se sont avérés introuvables.

Nous noterons enfin :

- qu'il est très vraisemblable qu'une moindre importance ait été accordée dans le passé aux mouvements de terrains, notamment au XVIII^e siècle. Ces événements faisaient partie du quotidien et n'étaient signalés que lorsqu'ils entraînaient mort d'hommes ou des dégâts importants.

- qu'il est également possible qu'on ait accordé autrefois une importance plus grande aux mouvements survenus dans les villes importantes (Chinon, Saumur, Vendôme, Langeais...) au détriment d'événements tout aussi importants survenus dans les campagnes.

La quantité de documents recueillis et le nombre de mouvements recensés sont indiscutablement inférieurs à la réalité ; les éliminations et les pertes ne relèvent pas de processus aléatoires, elles concernent des périodes entières et des zones particulières ; l'échantillon soumis à l'analyse est donc biaisé. Etant donné que les périodes et les régions ne sont pas représentées de la même façon dans l'inventaire, toute chose égale par ailleurs, on peut se demander si des phénomènes identiques n'ont pas affecté certaines catégories de mouvements.

Existence d'un rythme de mouvements

Indépendamment de l'influence des sources d'information, la forme du graphe de la figure 21 est due en partie à l'existence d'un rythme.

D'une façon générale on peut distinguer trois types de rythmes :

- sur le littoral, ils sont en relation étroite avec l'action d'érosion de la mer ;

- ailleurs, ils sont essentiellement dus à l'existence de cycles climatiques, annuels, pluriannuels,...

- enfin l'apparition de certains mouvements est directement liée au temps ; ainsi la ruine des carrières souterraines dont le coefficient de sécurité est initialement insuffisant, est une fonction directe du temps ; le fluage du matériau, la diminution de ses caractéristiques mécaniques, son altération, sont autant de facteurs qui conduisent à plus ou moins long terme à la ruine.

Ces trois raisons peuvent se superposer ; par ailleurs, les rythmes locaux se superposent aux rythmes nationaux.

On peut se servir de la rythmicité des mouvements pour évaluer la représentativité numérique des inventaires. La distribution de plus de 1 000 mouvements intéressant une cinquantaine de départements français a été établie par L. Ph. RICARD. Cette distribution est soumise aux mêmes sources d'erreurs que celle établie pour la Touraine ; cependant, la taille de l'échantillon, la diversité des régions retenues et la variété des sources d'information utilisées, homogénéisent dans une certaine mesure le résultat. Cette distribution des mouvements dans le temps fait ressortir localement certaines années (1926 dans le Sud-Est de la France par exemple) ; par contre, d'autres telles 1879, 1931, 1958..., sont mises en relief sur tout le territoire métropolitain. On peut donc se référer à ces années riches en mouvements de terrains dans toute la France pour déceler des lacunes dans une série de documents d'archives ou dans un inventaire régional^{**}. En Touraine, les facteurs permanents (lithologie, falaises et versants abrupts minés par des cavités,...) de chutes de blocs et d'écroulement sont nombreux, la période 1879-1880 devrait donc être riche en mouvements de ce type, (en effet l'hiver 1879-1880 est le plus froid que l'on ait observé en France (SANSON, 1945), il a gelé de décembre à février et du mois de mars 1880 les températures ont été supérieures de 4°C à la normale) pourtant il n'y a aucun mouvement recensé pour cette période, il y a donc là un déficit certain d'informations.

Modification des facteurs de mouvements entre 1741 et 1975

Certaines des activités de l'homme sont à l'origine de mouvements de terrain, d'autres au contraire s'opposent à l'apparition de tels mouvements (surveillance, drainage,...) la forme du graphe de la figure 21 peut également être en partie due à cette raison, malheureusement on ne peut arriver à ce propos qu'à des résultats intuitifs.

Si nous considérons les mouvements de types écroulement et effondrement en Touraine :

- la tradition troglodyte, si elle demeure répandue, a tout de même fortement décru ; l'agrandissement des caves, les travaux intensifs ne sont plus la règle générale ;

^{**} Notons qu'un inventaire qui se baserait en grande partie sur des recherches pour ces années, fausserait totalement la détermination des rythmes de mouvements.

- il s'opère une sensibilisation des populations qui sollicitent l'intervention des services compétents dès qu'apparaissent des signes inquiétants (à leurs yeux) ;

- il n'existent pratiquement plus d'exploitation souterraine, ces carrières sont surveillées de même que les anciennes carrières transformées en champignonnières. Les exploitations clandestines ne sont plus très répandues.

Tous ces points sont favorables à une diminution en valeur absolue du nombre de mouvements. En revanche, l'urbanisation croissante modifie le milieu naturel : augmentation du ruissellement, constructions en zones exposées, travaux intempestifs, etc.. Il y a là autant de facteurs favorables à une augmentation du nombre de mouvements. Nous ne connaissons pas la courbe résultante de ces deux tendances il est donc impossible de déterminer l'influence de la variation des sollicitations du milieu naturel sur la distribution du nombre de mouvements recensés.

2.2.4 - Conclusions

La représentativité du nombre de mouvements recensés n'est pas une chose aisée à déterminer ; nous ne sommes pas dans le domaine classique de la statistique pour lequel des tests permettent de résoudre ce genre de problème, par ailleurs trop d'inconnues subsistent pour parvenir à des données chiffrées.

Les "estimateurs numériques" que l'on peut calculer sont très loin d'être satisfaisants. Les démarches énumérées ci-dessous sont susceptibles d'amener à une meilleure connaissance de la représentativité d'une séquence de mouvements recensée et des biais qui l'affectent.

- l'étude de la répartition des documents entre les différentes sources utilisées donnent de précieuses indications. Il faut néanmoins tenir compte de la spécificité de certaines sources.

- la réalisation de sondages dans les différentes sources, sur des périodes pour lesquelles la probabilité d'existence de mouvements est élevée (années où les conditions climatiques sont favorables à de tels événements) fournit des indications sur leur richesse respective.

- on peut également rechercher à d'autres sources un événement signalé dans la presse par exemple, pour jauger leur richesse. Cette méthode de recoupement est longue et le résultat est souvent difficile à interpréter.

- l'analyse de la répartition dans le temps des mouvements recensés et la recherche des causes logiques aux variations et aux déséquilibres observés, peut apporter des éléments supplémentaires d'appréciation.

Chaque démarche est insuffisante à elle seule ; ce n'est qu'en juxtaposant les résultats, en faisant intervenir des facteurs qui sont parfois difficile à estimer mais susceptibles de modifier l'interprétation des résultats précédents, que l'on parvient à se faire une idée de la valeur de l'inventaire. Ce n'est souvent que lorsque l'étude est terminée et qu'un travail de terrain a permis de vérifier les résultats de l'étude bibliographique, que le contenu du fichier peut être évalué. Nous avons porté dans le tableau n° 7, les questions dont les réponses permettent une détermination approchée de la représentativité de l'échantillon. En estimant les biais qui affectent l'inventaire on peut savoir :

- si les mouvements recensés correspondent ou non à des circonstances particulières et s'ils représentent bien les événements susceptibles de se produire dans les conditions ordinaires.

- si des zones échappent à l'inventaire ;

- si des catégories de mouvements (type, mouvements d'une certaine ampleur...) échappent à l'inventaire.

En Touraine la quantité de documents recueillis est importante. Chaque source utilisée présente des lacunes, toutefois la variété de ces sources permet de couvrir toutes les zones exposées à des mouvements de terrains.

En Indre-et-Loire, grâce à des circonstances particulières, la séquence des mouvements postérieurs à 1943 est très riche et proche de la réalité. Avant cette période le déficit est certain, très important pour le XVIII^e siècle, bien que les archives d'Indre-et-Loire soient relativement riches par rapport à d'autres dépôts. La grande quantité de données recueillies, les aires concernées donnent une image assez exacte de la réalité ; les biais qui affectent l'inventaire ne concernent pas la hiérarchie des types de mouvements excepté en ce qui concerne les effondrements d'origine karstique qui sont mal représentés à notre avis, [vraisemblablement parce qu'ils sont survenus dans des zones alors dépourvues d'habitation et parce que ce type de mouvement n'entrait pas dans les domaines du ressort des "sources techniques" consultées (ce n'est que récemment que des désordres de ce type sont apparus dans les documents archivés au Service des Mines de Tours)].

l'équilibre } de la distribution des données
 le déséquilibre }
 est-il

ABSOLU ?

- Existence d'un rythme ?
- Variation des sollicitations du milieu ?

APPARENT ?

- Influence du dépouillement ?
- Variation du recensement dans le temps
 - ↳ liée à une source ?
 - ↳ liée à l'ensemble des sources ?

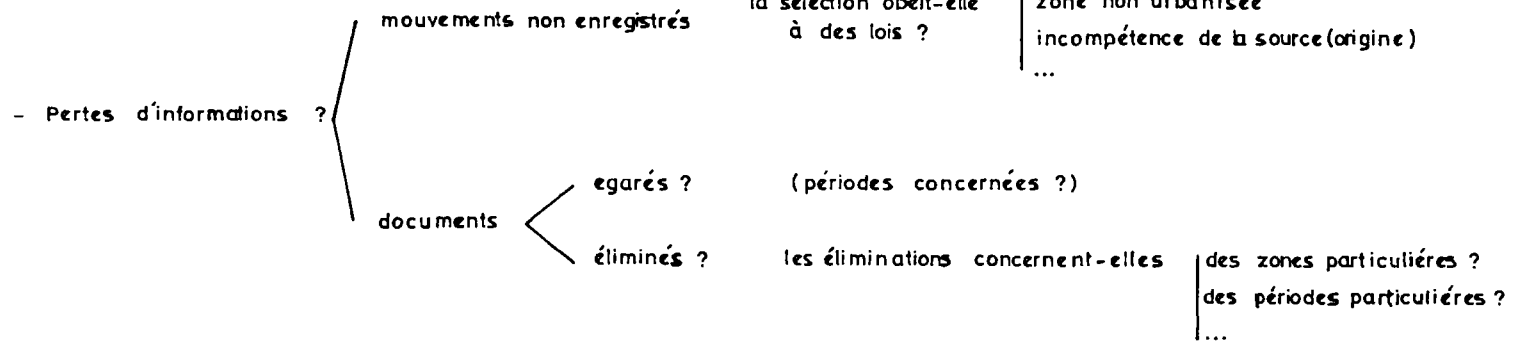


Tableau n° 7 : Processus d'analyse de la distribution des mouvements recensés.

3 - TRAITEMENT DES DONNEES

3.1 - Marche de l'analyse

Dans un premier temps le traitement a porté sur les données d'une centaine de mouvements de terrains qui étaient recensés au fichier. 89 d'entre eux étaient survenus en Indre-et-Loire, affectant 38 communes et causant la mort de 63 personnes.

L'étude de la répartition géographique de ces mouvements, leur report sur des cartes géologiques à 1/80 000 ou 1/50 000, l'étude des descriptions contenues dans les documents ainsi que les premières études corrélatives, ont mis en évidence :

- des zones particulièrement sensibles : Chinon, Loches, Montoire, Rochecorbon, Saumur, Vendôme.
- une majorité de mouvements se rattachant aux catégories écroulement et effondrements (62 % des cas).
- le rôle des cavités souterraines artificielles dans les phénomènes de types écroulement.
- l'utilisation que l'on pouvait faire des terrains crétacés comme guide de recherche.

Cette étude, qui a porté sur les documents contenus dans le fichier à cette époque, a permis :

- d'orienter les recherches sur les cavités souterraines de Touraine ;
- de s'apercevoir que les facteurs anthropiques jouaient un grand rôle dans l'apparition des mouvements.

Compte tenu des premiers indices recueillis nous avons contacté le Service des Mines, d'autre part nous avons recherché, dans les séries S/Mines des archives des différents départements et dans la presse régionale (bibliothèque municipale de Tours), des relations de mouvements susceptibles d'enrichir la série déjà possédée.

En fin de compte l'analyse a porté sur 302 mouvements de terrains survenus durant la période 1741-1976. L'origine des documents et la représentativité de l'échantillon ont été exposées dans les deux premiers paragraphes de chapitre.

Chaque mouvement a été attribué à une des catégories suivantes : "glissements", "effondrements et affaissements", "écroulements" "désordres en caves" (cf. 1ère partie, chap. I, § 3.2.1 et 2ème partie, chap. I, § 2). Nous avons également pris en compte des mouvements se rattachant aux classes précédentes qui ont fait l'objet d'une intervention avant l'accélération brutale du phénomène.

Les mouvements retenus sont portés avec un certain nombre de leurs caractéristiques dans les tableaux de l'annexe n° 2. Ils sont classés dans l'ordre alphabétique des communes puis par ordre chronologique à l'intérieur de chacune d'elle.

Le traitement a porté sur des critères quantitatifs et qualitatifs à l'aide d'analyses statistiques brutes et d'études corrélatives.

3.2 - Catégories de mouvements. Inventaire des dégâts (tableau n° 8)

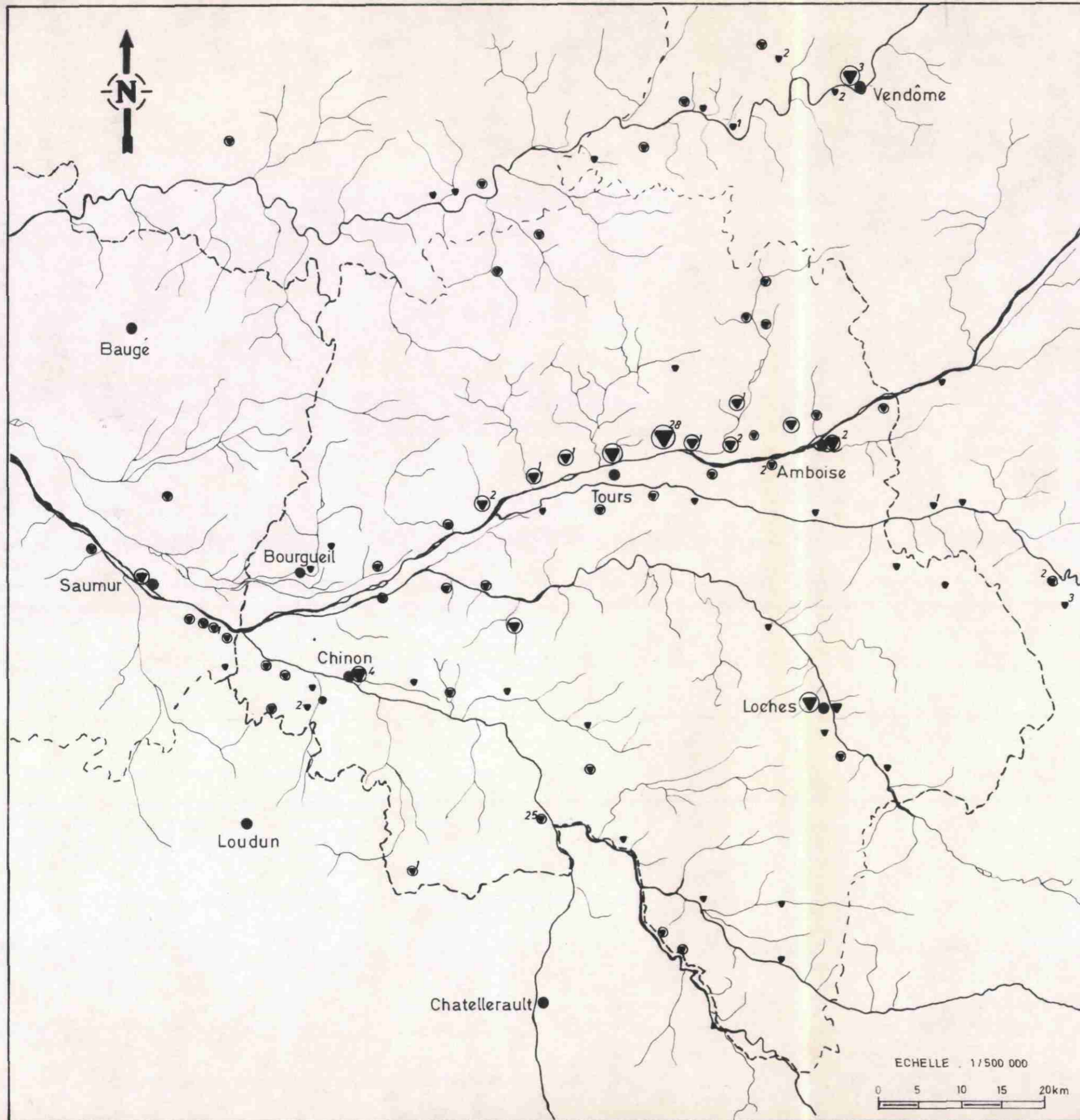
Sur 302 cas de mouvements survenus durant la période 1741-1976 (236 ans) on dénombre

- 138 mouvements se rattachant à la catégorie écroulements ;
- 57 mouvements se rattachant à la catégorie effondrements affaissement ;
- 54 mouvements se rattachant à la catégorie glissements
- 34 cas de phénomènes rattachés à la catégorie désordre en caves ;
- 4 mouvements de terrains qui sont restés indéterminés ;
- 15 cas avec combinaison de deux mouvements (il s'agit en général d'effondrement suivi d'un écroulement) ;

Dans 31 cas une intervention a eu lieu avant le déclenchement du mouvement.

Ces mouvements ont affecté 94 communes et sont à l'origine de 88 décès (fig. n° 22).

- 89 mouvements se sont soldés par des dégâts immobiliers
- 32 autres ont affecté des infrastructures : route, murs de soutènement
- 16 cas enfin ont eu d'autres conséquences : destruction de matériel, dégâts infligés aux cultures.



Répartition des mouvements et des dégâts recensés (PÉRIODE 1741-1975)

MOUVEMENTS

- moins de 5 mouvements
- ▼ de 5 à 10 mouvements
- ▼ de 11 à 20 mouvements
- ▼ plus de 20 mouvements

DOMMAGES

- 26 nombre cumulé de victimes (morts)
- mouvements suivis de dommages matériels

types de mouvement	nombre	intervention préventive	site sous miné	victime (décés)	dégâts immobiliers	autres dégâts (infrastructures, dégâts agricoles...)	communes concernées	terrains** concernées
écroulement	138	17	77 (55 %)	40	52	7	41	T/S
effondrements***	72	13	—	28	18	16	40	T/S/III
glissements	54	1	5 (1 %)	4	18	16	32	AT/Sa
"désordre en caves"	39	—	—	16	—	7	28	T/S
mouvements indéterminés	4	—	—	0	1	2	4	—
total	307***	31		88	89	48		

* Classés par fréquence (T : Turonien/S : Sénonien/AT : Turonien altéré/Sa : Sénonien argilo-siliceux/III : Tertiaire)

*** Y compris les mouvements mixtes "effondrement-écroulement" et "désordres en caves-effondrement", ces derniers sont au nombre de 5 et comptés 2 fois d'où un total de 307 mouvements au lieu de 302,

TABLEAU n° 8 : Résultats du traitement statistique des données du fichier

On distingue dans la catégorie "écroulements" :

- des écroulements sensu stricto, qui affectent des pans entiers de falaises et concernent de gros cubages de matériau ;

- des chutes de blocs désolidarisés des massifs rocheux et en équilibre instable, et des chutes de masses rocheuses mises en surplomb par les chutes précédentes ou les actions atmosphériques (érosion éolienne). De même on peut distinguer à l'intérieur de la catégorie "affaissements - effondrements" :

- des fontis remontant en surface lorsque la lithologie, l'épaisseur et la compétence des bancs, les dimensions des vides, le permettent ;

- des effondrements généralisés dûs à la rupture générale des piliers dans des carrières souterraines.

La catégorie "glissements de terrain" contient une grande variété de mouvements :

- des glissements affectant la couverture altérée des formations turoniennes et sénoniennes. Il s'agit de glissements plans qui peuvent prendre une grande ampleur à la faveur de conditions météorologiques exceptionnelles. Les colluvions sont également sujet à de tels mouvements.

En bordure des falaises, les mêmes matériaux (Sénonien et Turonien altérés) donnent parfois lieu à des glissements de petites tailles de type rotationnel (figure n° 23), ces mouvements résultent le plus souvent de l'absence d'une butée de pied suffisante.

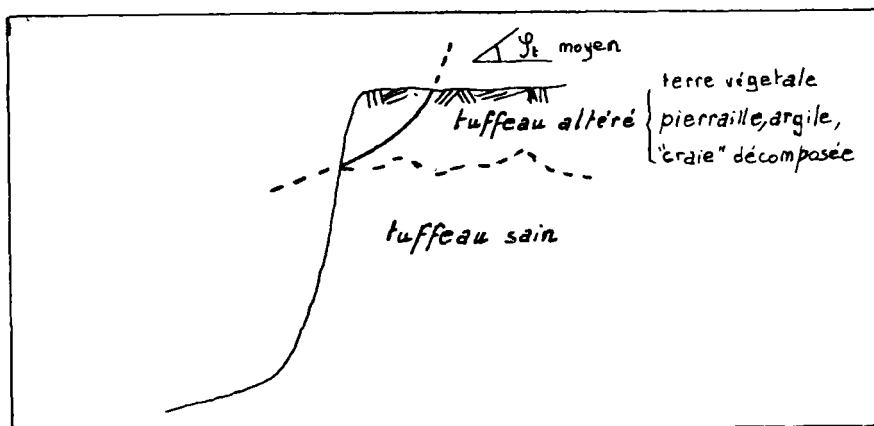


Fig.23: Glissement d'éluvions en sommet de falaise.

- des mouvements de type coulée de boue : on note des coulées de boue et de débris divers qui se produisent à la faveur de conditions météorologiques exceptionnelles et résultant de l'érosion des matériaux altérés, plus ou moins colluvionnés, qui recouvrent certains versants ; on note également des mouvements de type coulée qui surviennent à la suite de ruptures de murs de soutènement. On rencontre fréquemment en Touraine de tels murs, mal fondés et insuffisants, qui limitent les terrasses qui s'étagent sur de nombreux versants. Ces murs, qui retiennent des matériaux altérés et décomprimés ou des remblais, se rompent souvent dès qu'ils sont soumis à une pression de boue. Les venues d'eau accidentelles (ruptures de canalisations...) et les précipitations importantes sont, avec l'absence de drainage de ces murs les causes principales de ces mouvements.

- des mouvements de type fluage ("creep" des auteurs anglais). Ces mouvements de reptation, imperceptibles en zones non construites, affectent principalement les dépôts argilo-siliceux sénoniens et leurs formes remaniés.

- on note enfin des glissements de type rotationnel qui surviennent en général à l'occasion de travaux effectués sans précaution. On en connaît dans les formations lacustres ludiennes et stampiennes et dans les marnes du Cénomanién supérieur.

3.3 - Corrélation avec la lithologie

La majorité (90 %) des mouvements de type "écroulement" surviennent dans l'étage Turonien et plus particulièrement dans le Turonien supérieur. Le Sénonien (craie de Blois et craie de Villedieu) est également sujet à des écroulements, mais apparaît moins souvent dans l'inventaire. La fréquence des mouvements dans le Turonien tient à plusieurs faits :

- le Turonien affleure très souvent et constitue la plupart des falaises.

- le Turonien comporte de nombreux niveaux de résistances différentes ce qui favorise la mise en surplomb de blocs par le jeu de l'érosion différentielle.

- les niveaux homogènes et résistants du Turonien ont été exploités pour la pierre de taille, ces carrières minent les coteaux et ne contribuent pas à leur stabilité. Quant aux niveaux non exploitables (présence de nombreux silex, pierre de mauvaise qualité) ils sont souvent occupés par des habitations troglodytes ou des excavations à usages autres, qui jouent le même rôle que les carrières.

Les effondrements intéressent le Turonien et le Sénonien qui ont fait l'objet de nombreuses exploitations et qui sont soumis, dans une moindre mesure, à des actions karstiques. Par ailleurs, les calcaires lacustres (calcaires aquitaniens et "calcaires de Touraine" sont ou ont été le siège de circulations karstiques ; ils sont parfois à l'origine de désordres en surface.

Les glissements de terrains affectent de nombreux matériaux ; nous ne possédons qu'un petit nombre de mouvements de ce type pour lequel nous possédons des renseignements sur la lithologie, aussi est-il difficile d'obtenir des résultats significatifs ; de plus la pente des terrains, les conditions de drainage et les actions de l'homme interviennent dans la réalisation de ces mouvements.

Les colluvions et les éluvions sont sujet à de tels mouvements, les formations argilo-siliceuses sénoniennes, soumises à des phénomènes de fluage, sont parfois l'objet de glissements de même que les horizons à forte proportion argileuse des "calcaires lacustres de Touraine".

3.4 - Corrélation avec les facteurs météorologiques

Dans la mesure des moyens dont nous disposions (les séries d'enregistrements météorologiques continues sont rares pour les périodes anciennes, les données journalières sont récentes) nous avons corrélé les mouvements avec certains paramètres météorologiques.

Nous avons utilisé :

- des enregistrements mensuels des précipitations remontant à 1849 pour la station de Tours et 1850 pour la station de Vendôme ;
- des données statistiques (valeurs normales) sur les températures et les précipitations (SAMSON, 1945) ;
- les données fournies par les "résumés mensuels du temps en France" (RMT) qui livrent des données journalières depuis 1921.
- le cas échéant, les indications fournies par la presse régionale

Nous avons porté sur la figure n° 24 :

- la répartition mensuelle des hauteurs moyennes de pluie (courbe 1) ;

- la répartition dans l'année des différentes catégories de mouvements (courbes n° 2, 3 et 4).

Cette corrélation est globale, elle ne tient pas compte des précipitations exceptionnelles qui jouent souvent un rôle important dans l'apparition des mouvements de terrain.

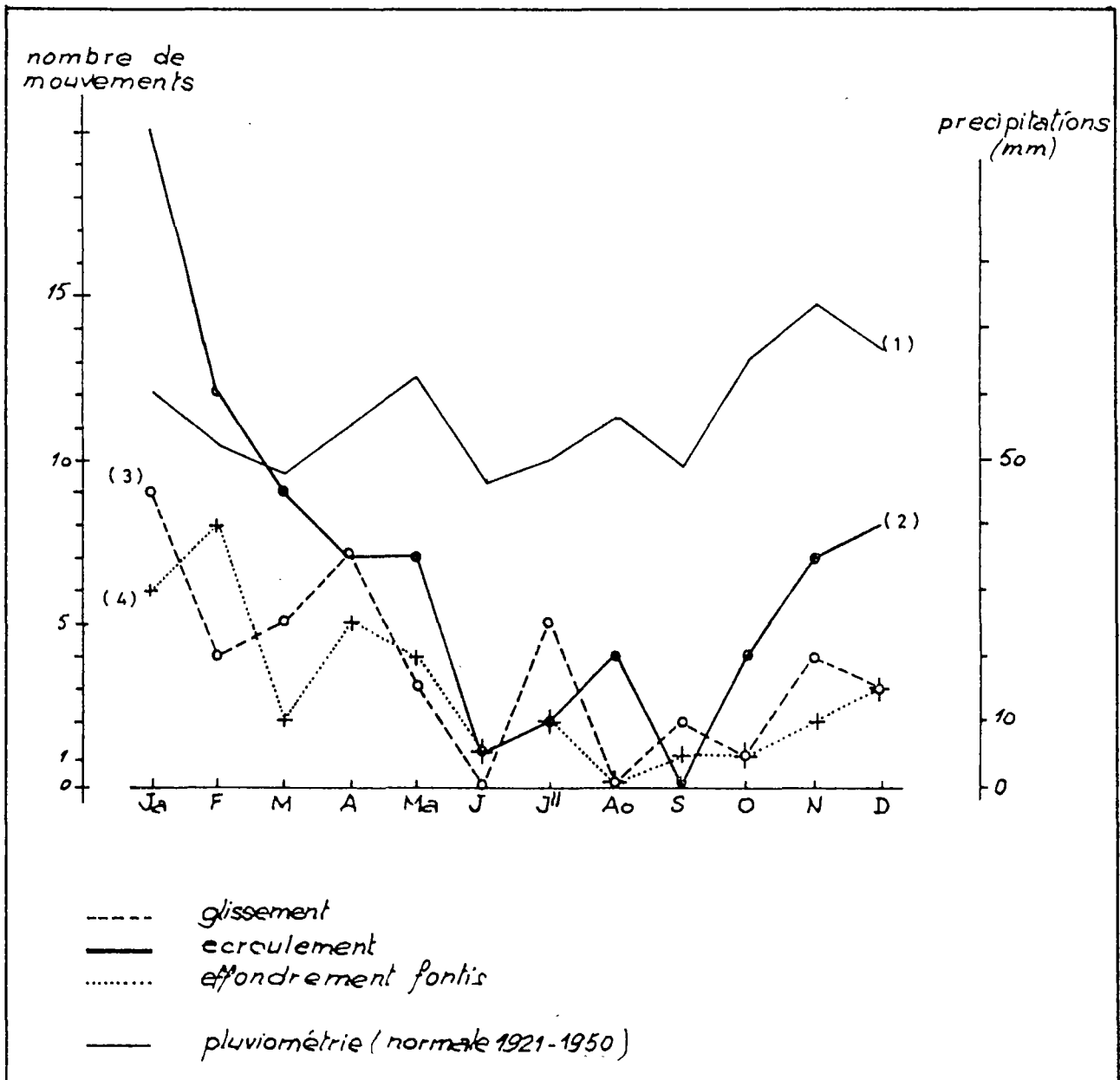


Fig.24 : répartition mensuelle des hauteurs moyennes de pluie et des mouvements recensés classés par catégories

* Il ne s'agit pas de courbes représentant des variables continues mais des courbes enveloppes de diagramme en batons.

On note une similitude entre les courbes 1 et 2 (écroulements) excepté pour la période correspondant au premier trimestre, ce qui laisse supposer une influence d'autres facteurs météorologiques (chocs thermiques). Les relations entre précipitations et les mouvements de types glissements et effondrements sont moins évidentes à ce niveau de comparaison; on remarque toutefois une augmentation du nombre des mouvements à la fin de l'hiver, et pour les glissements de terrain, durant l'été (saison durant laquelle se produisent la plupart des orages).

Les résultats ne sont pas très significatifs, ceci tient au fait :

- que les effectifs de chaque catégorie sont peu élevés (43 mouvements de type glissement, 81 mouvements de type écroulement et 35 mouvements de type effondrement).

- que les relations mouvements-précipitations sont complexes, en dehors de la hauteur d'eau tombée interviennent : l'intensité des précipitations, le degré de saturation du terrain ; par ailleurs les précipitations ne constituent qu'un facteur de mouvement parmi d'autres et le rôle qu'elles peuvent jouer dans le déclenchement d'un mouvement est souvent subordonné à l'état d'équilibre du massif.

Dans un certain nombre de cas nous avons pu nous livrer à une analyse plus fine du rôle des précipitations dans l'apparition des mouvements ; en particulier :

- pour la période orageuse qui touche la Touraine du 24 au 30.04.1930

On enregistre une chute d'eau qui est double de la normale pour le mois d'avril 1930, mais près de 67 % de cette hauteur d'eau est tombée pendant la dernière décade (figure n° 25). On recense :

. un glissement de terrain à Vernou-sur-Brenne le 29 avril (une maison détruite, deux morts) ;

. un glissement de terrain à Rochecorbon le 29 avril (deux maisons détruites) ;

. un glissement de terrain à Amboise (St Denis Hors).

De plus la chute d'eau enregistrée le 29 à Tours est de 31 mm (soit 60 % de la normale mensuelle).

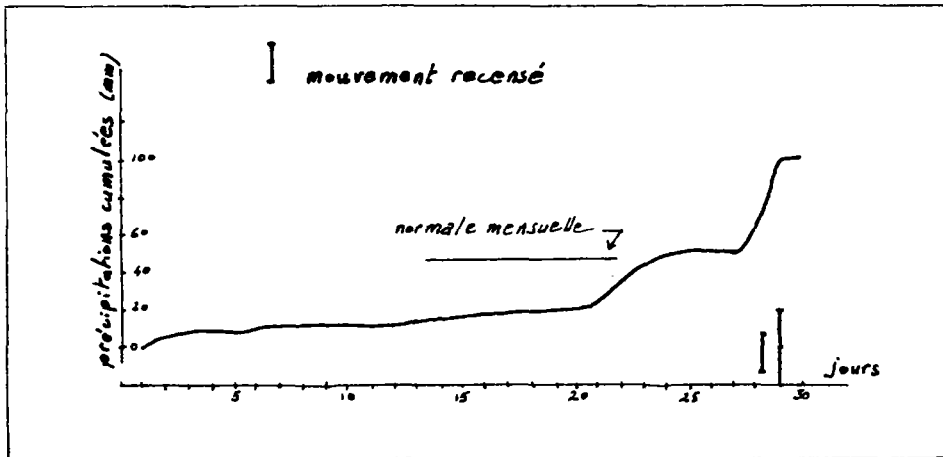


Fig. 25 : Répartition des précipitations durant le mois d'avril 1930

- pour le mois de mai 1931 (figure n° 26)

La chute d'eau durant le mois de mai 1931 est exactement le double de la normale (égale à 60 mm), les précipitations du mois d'avril étaient déjà légèrement excédentaires. Du 15 au 31 mai il tombe 96 mm d'eau (80 % de la précipitation mensuelle; 1,6 fois la normale). On recense :

- . un glissement de terrain à Villaine-les-Rochers ;
- . un glissement de terrain au Petit-Pressigny ;
- . un effondrement au Grand-Pressigny ;
- . la chute d'un bloc de 40 t à Vendôme.

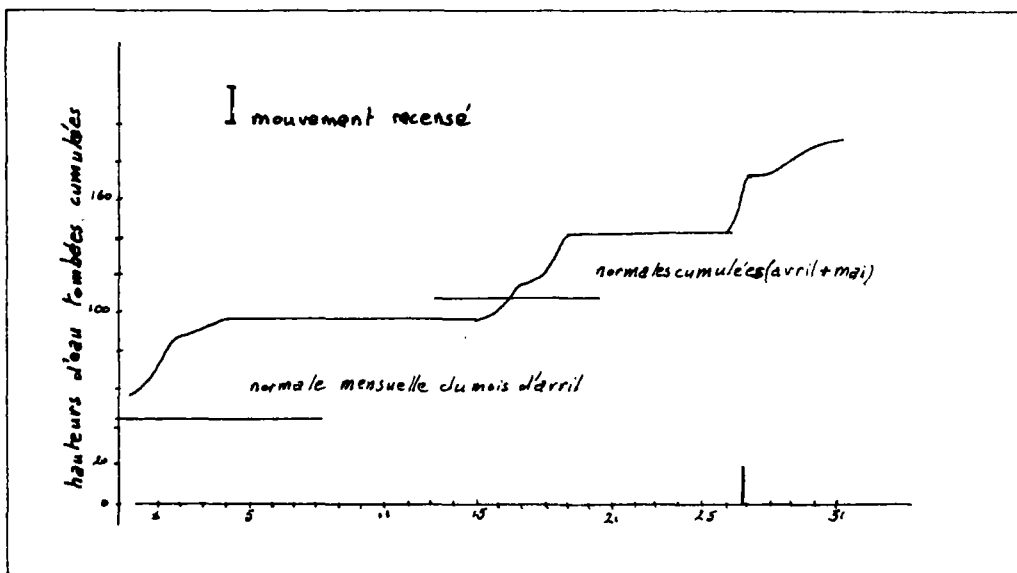


Fig. 26.: Répartition des précipitations pendant le mois de mai 1931

- pour le glissement du 2 janvier 1961 à Vermou-sur-Brenne

On assiste à cette date à un petit glissement de matériau altéré recouvrant la craie sénonienne. Les précipitations du mois de décembre 1960 étaient excédentaires (environ 30 % de plus que la normale mensuelle), le 2 janvier la hauteur d'eau tombée est de 36 mm soit 33 % de la précipitation mensuelle et 60 % de la normale.

- pour le glissement de terrain de Fondettes le 11 février 1966

Là encore la chute d'eau du mois de janvier est excédentaire on assiste après une courte période sèche (du 31.01 au 6.02 inclus) à une chute de 66 mm en trois jours soit 1,3 fois plus qu'il ne tombe "normalement" en février.

Un glissement se produit le 11 à Fondettes, le 9 un pan de coteau s'est écroulé à Tours.

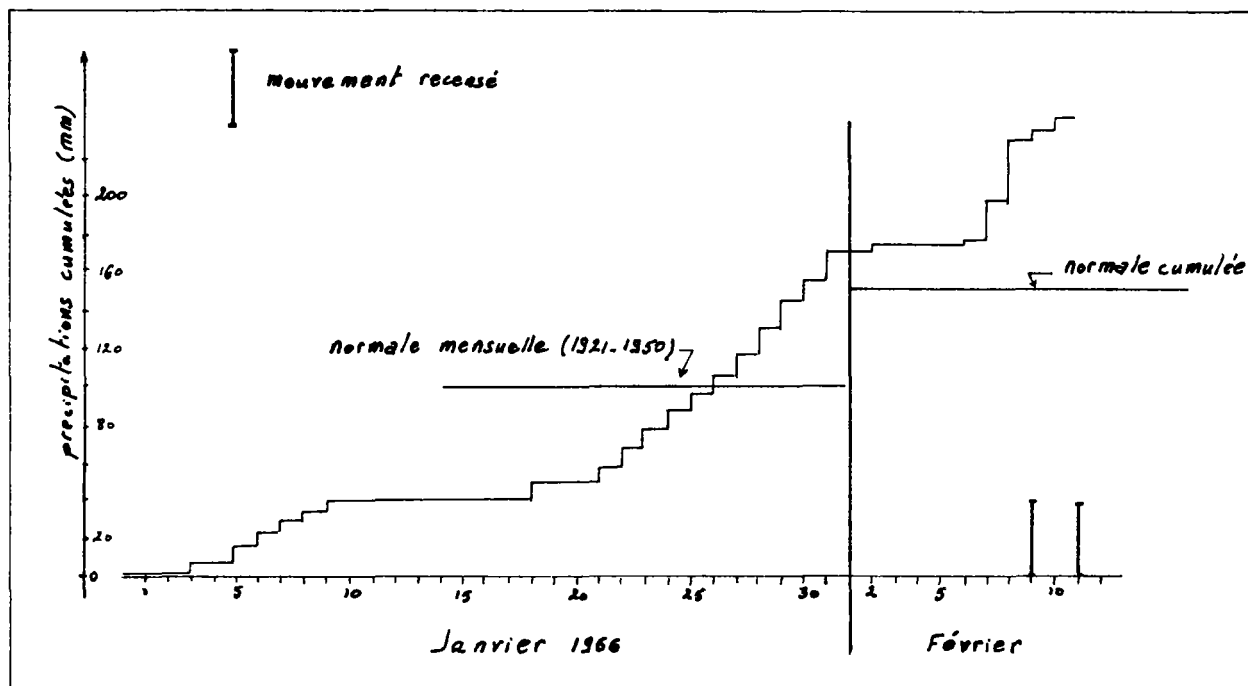


Fig. 27 : Relations précipitations-mouvements-écroulement à Tours, glissement de Fondettes (février 1966)

On voit qu'il existe des relations étroites entre précipitations et mouvements de terrain dans la région étudiée, en particulier pour les glissements de terrain (glissements plans et mouvements de type coulée).

En Touraine la plupart des "grands glissements" qui se sont produits peuvent être mis en relation avec des événements météorologiques exceptionnels (nous n'avons pas le jour exact de tous les glissements qui se sont produits, ni les données pluviométriques correspondant à l'ensemble de la période étudiée, mais beaucoup de mouvements pour lesquels nous ne possédons pas d'indication de jour se sont produits durant des mois particulièrement pluvieux).

Certains mouvements de type écoulement peuvent être corrélés avec de telles conditions météorologiques, ce qui souligne le rôle de l'eau associé à celui de la fracturation.

Toutefois il n'existe pas de cause unique à un mouvement et le rôle de l'eau infiltrée ne doit pas être mis systématiquement en avant. L'exemple de l'écroulement survenu en novembre 1930 à Langeais illustre bien la chose. Le 28 novembre 1930 un écoulement évalué par défaut à 5 000 m³ détruisait une conserverie de champignons. L'analyse des faits révèle :

- des conditions météorologiques particulières (figure n° 28) ;
- l'existence d'une importante cavité souterraine au pied du co-teau (champignonnière en exploitation) ;
- que l'explosion d'une chaudière située dans la champignonnière est peut être à l'origine du mouvement. Il est donc possible que ce mouvement n'ait aucune relation avec les conditions météorologiques.

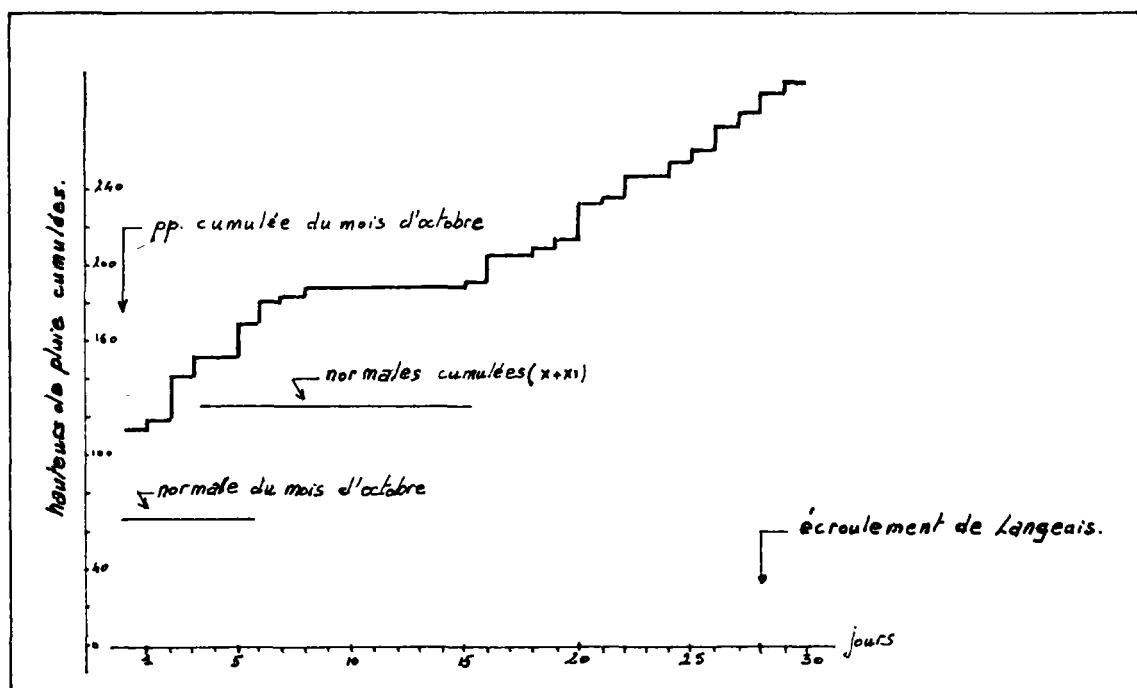


Fig. 28 : Ecoulement de Langeais: données pluviométriques (novembre 1930)

3.5 - Corrélation avec des séismes

Bien que peu fréquents, des séismes ont affecté la Touraine et le Saumurois. La région étudiée, située entre Massif Central et Massif Armoricain, présente des intensités de VI et VII (échelle MSK 1964^{**}) sur la carte de localisation probable des intensités maximales dressée par J.P. ROTHE (1969).

De nombreuses secousses ont été enregistrées, quelques unes avec des intensités VI (1678, 1866) et même VII (1711). Nous n'avons pu établir aucune relation entre ces secousses et les mouvements recensés. Cela peut s'expliquer par différentes raisons :

- certains de ses séismes se sont produits en dehors de la période pour laquelle nous possédons des documents sur les mouvements de terrain.

- les différentes échelles macroséismiques signalent l'apparition de mouvements importants pour des intensités supérieures ou égales à VIII. (bien qu'à notre avis certaines carrières de Touraine puissent être considérées comme ayant la même résistance qu'un immeuble vétuste et soient donc exposées aux faibles secousses séismiques).

Cependant des secousses importantes ont été enregistrées postérieurement à 1741 : VI en 1866, V en septembre 1972 (échelle M.I.I.^{***})... et l'on peut se demander, étant donné l'état actuel de certaines carrières souterraines par exemple, pourquoi ces secousses n'ont pas eu plus de conséquences ; une lacune d'information peut être invoquée pour les périodes anciennes, mais certainement pas pour 1972.

Si les séismes n'apparaissent pas dans l'inventaire comme "facteur ultime" de mouvement, il n'en demeure pas moins que des secousses d'intensité notable pourraient avoir des effets sur la stabilité des versants et qu'elles rentrent dans les facteurs temporaires occasionnels. D'ailleurs, si nous n'avons pas pu mettre en évidence une telle corrélation, nous possédons un document assez significatif sur les rapports mouvements-séismes. Il s'agit d'un rapport du commissaire de police de Vendôme (archives départementales du Loir-et-Cher, IM 262) relatif à la visite des caves et coteaux de la ville à la suite du séisme de 1866 dont le but était de s'assurer "... qu'aucun déséquilibre n'était apparu...").

** Echelle macroséismique de Medvedev-Sponheur-Karnik.

*** Echelle macroséismique internationale d'intensité, proche de l'échelle de Mercalli.

3.6 - Relations entre les mouvements et les cavités souterraines

Les mouvements de type effondrement et affaissement sont, par définition, en liaison avec l'existence de cavité souterraines, naturelles ou non. Mais il ressort de l'étude statistiques des mouvements qu'il y a des relations étroites entre les écroulements et la présence de vides souterrains.

Dans 70 % des cas étudiés, les coteaux ayant donné lieu à des écroulements étaient sous-minés. L'existence de cavités, qui sont autant de discontinuités dans les massifs, s'ajoutant à la fracturation et à la décompression qui affectent les versants, est une cause importante de l'instabilité des falaises et versants très raides du reste assez répandus en Touraine.

Des mouvements de type glissement sont souvent en relations avec des sites sous-minés, il est possible qu'en bordure des versants, des mouvements de faibles ampleur dûs à des excavations (tassement, jeu minime de fractures, etc puissent déclencher des glissements dans la couverture altérée des massifs rocheux.

3.7 - Autres facteurs de mouvements tirés de l'étude bibliographique des mouvements

La végétation des rebords de coteaux est parfois à l'origine de chutes de blocs plus ou moins importants. Les racines, qui occupent les fractures du rocher jouent le rôle d'un vérin et tendent, à plus ou moins long terme, à faire tomber les blocs désolidarisés. En 1967, un jour de vent violent, des chutes de blocs ont eu lieu à Chinon ; les arbres, ancrés dans les fissures du rocher, s'étant comportés comme des bras de levier.

Cette cause de mouvement n'est pas à négliger ; nous avons pu constater au cours de nos travaux sur le terrain que la végétation des rebords de coteaux n'est pas entretenue dans le cas général ; de simples opérations de jardinage, le choix d'espèces à racines rampantes pourraient éviter des accidents qui peuvent être graves.

Certains mouvements recensés sont à mettre en relation avec les crues des rivières. Outre le rôle qu'ont pu jouer les précipitations et une remontée de la nappe soutenue il semble que le débordement ait une part importante de responsabilité dans ces mouvements. La grande crue de la Loire de 1846 a pro-

voqué divers mouvements. Le fleuve ayant débordé ou rompu ses digues a envahi nombre de cavités souterraines ; à Montlouis-sur-Loire où les eaux atteignent la cote + 70 NGF, trois caves se sont effondrées entraînant la chute d'un pan de coteau. Ces excavations, creusées dans le calcaire turonien tendre et friable, étaient insuffisamment soutenues (piliers de petites dimensions, trop peu nombreux et non situés aux meilleurs endroits) ; l'action érosive de l'eau a peut être contribué à affaiblir la résistance des piliers, mais d'autre part, il est possible que l'eau soit responsable d'une diminution de la résistance à la compression du matériau. Cependant les crues telles celles de 1846 et de 1856 sont rares, et théoriquement le système de digues (levées) qui existe devrait résister à de telles crues.

4 - CONCLUSIONS

L'analyse statistique des données concernant plus de 300 mouvements de terrains survenus en Touraine a permis d'acquérir un certain nombre de résultats sur les types de mouvements susceptibles d'apparaître dans cette région et sur leur hiérarchie. L'analyse de la représentativité de l'échantillon, bien qu'elle ne permette pas de les chiffrer, met en évidence un certain nombre de biais qui affectent la série de mouvements recensés. Une fois que ces biais sont définis il est possible d'en tenir compte et de pondérer dans une certaine mesure les résultats du traitement. C'est ainsi, qu'étant donné les sources sollicitées, la localisation de ces mouvements, et les dommages qu'ils entraînaient, on peut estimer que les effondrements dûs à des cavités naturelles sont mal représentés dans l'inventaire. De même, il est certain que la catégorie des glissements de terrain est mal représentée et qu'un grand nombre de glissements de faible importance a échappé à l'inventaire.

Nous avons pu mettre en évidence les types de mouvements suivants :

- des écroulements de versants constitués par des terrains turoniens et sénoniens, le plus souvent minés par des cavités d'origines et d'usages divers. Les volumes mis en mouvements atteignent plusieurs dizaines de milliers de mètres cube.

- des chutes de blocs liés à l'existence de falaises le long des vallées. Le matériau constituant ces falaises est sensible à l'érosion différentielle ce qui conduit à la mise en surplomb de masses que la fracturation individualise en blocs plus ou moins importants (du dm^3 à plusieurs m^3).

- des effondrements liés principalement à l'existence de carrières souterraines ;

- des mouvements de type glissement, qui affectent divers matériaux et surviennent le plus souvent à la faveur de conditions météorologiques exceptionnelles, ou à l'occasion de travaux menés par l'homme.

Le risque d'apparition des mouvements de type glissement est faible en comparaison avec les régions de montagne, toutefois des configurations morphologiques particulières (matériaux situés en sommet de versant) peuvent conduire à des énergies libérées considérables et sans rapport avec l'importance (volume et surface affectée) de ces mouvements.

Leur apparition semble essentiellement liée à des facteurs temporaires : pluies exceptionnelles, travaux menés sans précaution.

En revanche l'apparition d'écroulements (sensu stricto) est liée essentiellement à des facteurs permanents :

- versants raides et élevés ;
- lithologie et structure ;
- existence de cavités souterraines.

Les facteurs temporaires (précipitations, déflagration...) constituent les facteurs ultimes des processus mis en jeu. Bien que leurs fréquences d'apparition soient semblables au vu des données de l'inventaire (significativement, on ne relève pas plus d'écroulements importants que de "grands glissements") le risque d'apparition des écroulements est plus important que celui des glissements. En effet, la stabilité des terrains susceptibles de glisser est assurée dans les conditions normales alors que la stabilité des versants rocheux est liée à des facteurs dont l'évolution naturelle doit conduire à la ruine à court ou à moyen terme.

En ce qui concerne les effondrements, ce sont encore des facteurs permanents :

- nature du matériau,
- épaisseur et nature du recouvrement,
- conditions initiales d'exploitation

- évolution naturelle des cavités

qui conditionnent leur apparition, les facteurs temporaires ne pouvant que hâter un processus qui conduit à la ruine quand il est engagé.

L'étude des "désordres en caves", manifestations qui témoignent ponctuellement de l'évolution de l'équilibre des massifs et représentent d'une certaine manière les phénomènes prémonitoires des mouvements, apporte des éléments intéressants. Malheureusement ces données sont trop rares (nous ne possédons que trois cas pour lesquels nous connaissons les premiers désordres et le mouvement proprement dit) pour que l'on puisse donner des données moyennes sur le temps qui s'écoule entre les premières manifestations visibles (en apparence souvent anodines) et l'accélération brutale du phénomène.

Cette étude critique de mouvements anciens, qui prend en compte un grand nombre d'événements, permet, en séparant le général du particulier et l'exceptionnel du quotidien, d'acquérir pour une région des données significatives sur les risques liés aux mouvements du sol et du sous-sol.

Le fait que les documents consultés soient très hétérogènes, plus ou moins sûrs et plus ou moins complets ne constitue pas un obstacle à leur exploitation dans la mesure où la diversité des sources consultées permet de compenser d'éventuelles lacunes. Par ailleurs, il est possible à un certain niveau d'analyse, quand on a acquis un certain nombre de résultats et définis des groupements d'événements à caractéristiques semblables, d'utiliser l'extrapolation. La réalisation, parallèlement à l'étude statistique et bibliographique, d'une étude géologique et géotechnique, permet d'enrichir considérablement les résultats.

Il n'en demeure pas moins que la seule étude statistique a fourni, à travers ses résultats bruts, les éléments d'orientation et des guides de recherches pour l'étude géologique et géotechnique que nous avons effectuée et dont les résultats sont développés dans le chapitre suivant.

D'autre part, le traitement des données du fichier a fourni des éléments de base sur la nature du risque, ses composantes, sa fréquence, les dommages encourus..., elle peut donc permettre la prise de décisions et des choix raisonnés susceptibles d'orienter de la meilleure façon possible les études ultérieures.

CHAPITRE 2

LES CARACTERISTIQUES DU MILIEU NATUREL

1 - INTRODUCTION

Comme nous l'avions annoncé en introduction à la deuxième partie de ce mémoire, nous développons dans ce chapitre certaines des caractéristiques géologiques et géotechniques de la région étudiée. Il est indispensable de prendre en compte ces données :

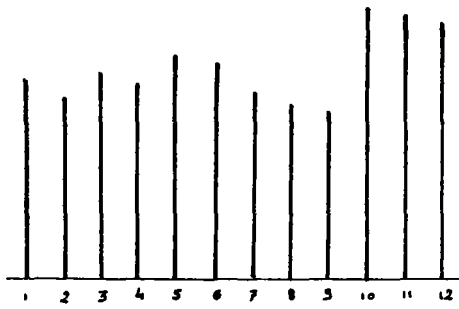
- pour, en complément de l'étude statistique des mouvements ; préciser la typologie des mouvements et définir la pathologie des terrains ;
- afin de préciser la localisation probable des zones de risque en fonction de la localisation des facteurs permanents de mouvements.

Cette phase de l'étude régionale est une synthèse des travaux antérieurs et de données que nous avons acquises sur le terrain. Elle s'est déroulée parallèlement à l'étude statistique dont les points principaux ont été développés dans le chapitre précédent, et a bénéficié de ses résultats, tout comme l'analyse de l'inventaire des mouvements survenus en Touraine a atteint toute son efficacité avec l'apport des données de l'étude géologique.

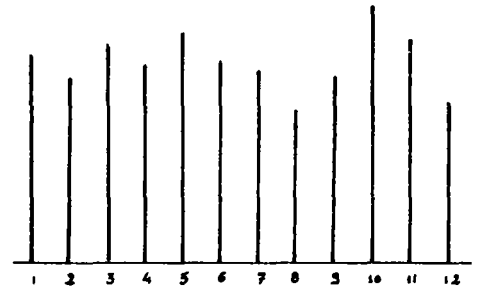
Le cadre géographique de l'étude a été exposé dans l'introduction de la deuxième partie, il est illustré par la figure n° 13, nous n'y reviendrons donc pas.

2 - CLIMATOLOGIE

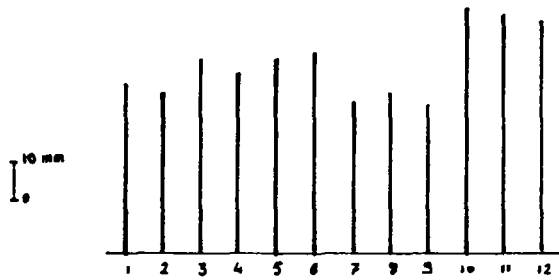
L'Anjou et la Touraine occidentale (ouest du méridien de Tours) bénéficient d'un climat doux et régulier. Ils sont soumis à une forte pluviosité hivernale qui est due à la remontée jusqu'à Tours, suivant l'axe de la Loire, d'un climat océanique atténué. La crête topographique qui sépare la vallée de la Loire de celle du Loir renforce cette influence atlantique en arrêtant une influence continentale.



TOURS (37)



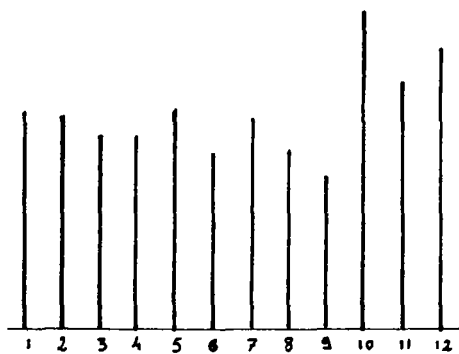
AMBOISE (37)



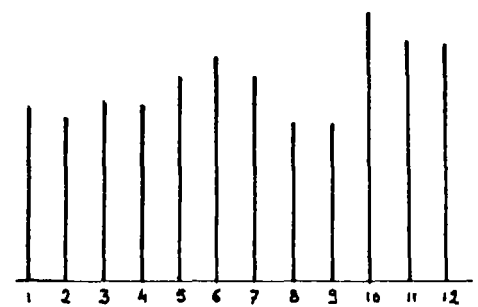
LOCHES (37)



LA CHAPELLE/LOIRE (37)

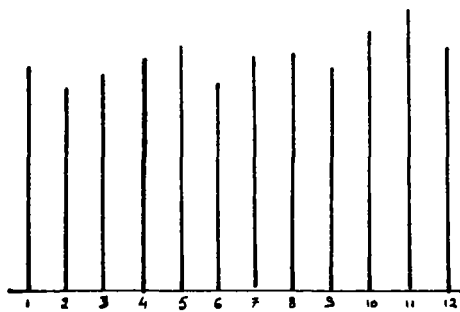


BAUGE (49)

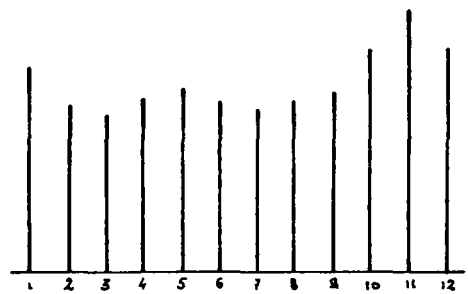


VENDOME (41)

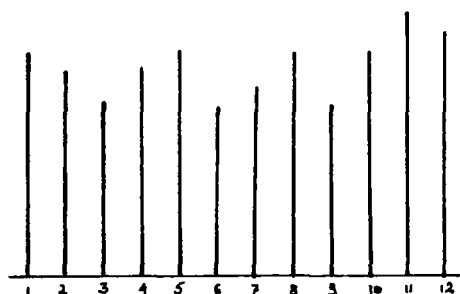
Figure 29: répartitions mensuelles des hauteurs moyennes de pluie.
periode 1891-1930



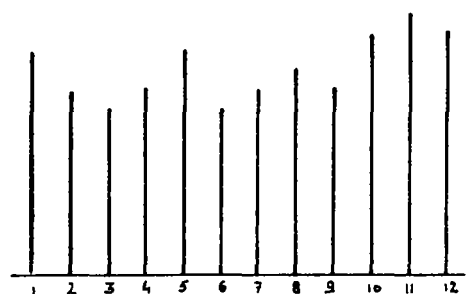
BALESMES (37)



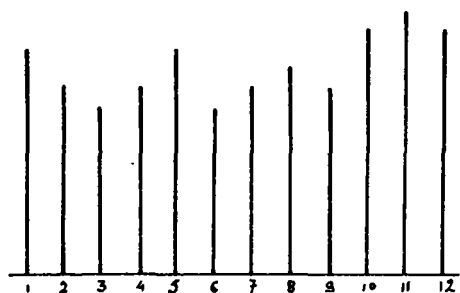
BOURGUEIL (37)



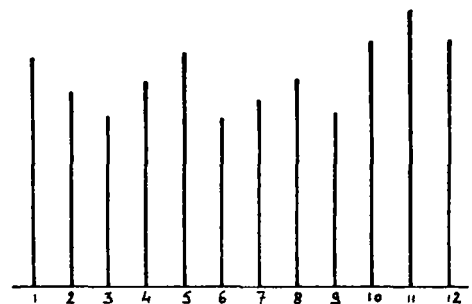
CHATEAU-RENAULT (37)



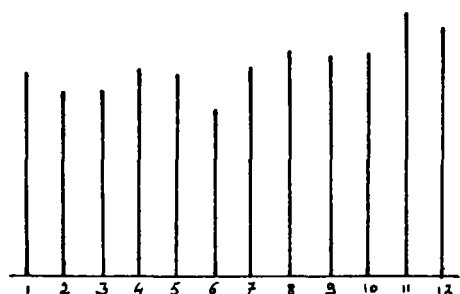
LUZILLE (37)



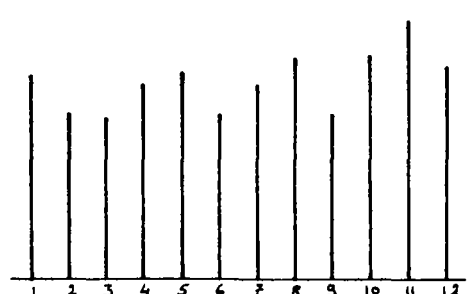
ste CATHERINE de FIERBOIS (37)



TOURS (37)



LA CHARTRE/LOIR (72)



VENDOME (41)

Figure 30 : répartitions mensuelles des hauteurs moyennes de pluie période 1921-1950

Les températures sont douces, le nombre de jours de gelées (température inférieure à -0°C) et de fortes gelées (température inférieure à -5°C) est faible. Les gelées s'observent de novembre à mars, les fortes gelées de décembre à février (normale 1926-1935, station de Tours).

A partir de Tours les influences continentales se traduisent par une baisse de la pluviosité hivernale.

Les hauteurs de pluie annuelle varient de 690 à 600 mm, les maximums se répartissant sur les mois d'octobre, novembre, décembre, janvier (35 à 41 % de la pluviosité annuelle), (figure n° 29 et 30). La répartition moyenne des jours de pluie par intensité (fig. n° 31), (station de Tours, observations de la période 1921-1935) est semblable à celle des hauteurs d'eau tombées. Les pluies inférieures à 5 mm prédominent (71 % des observations). Les périodes orageuses correspondent aux mois de mai, juin, juillet et août.

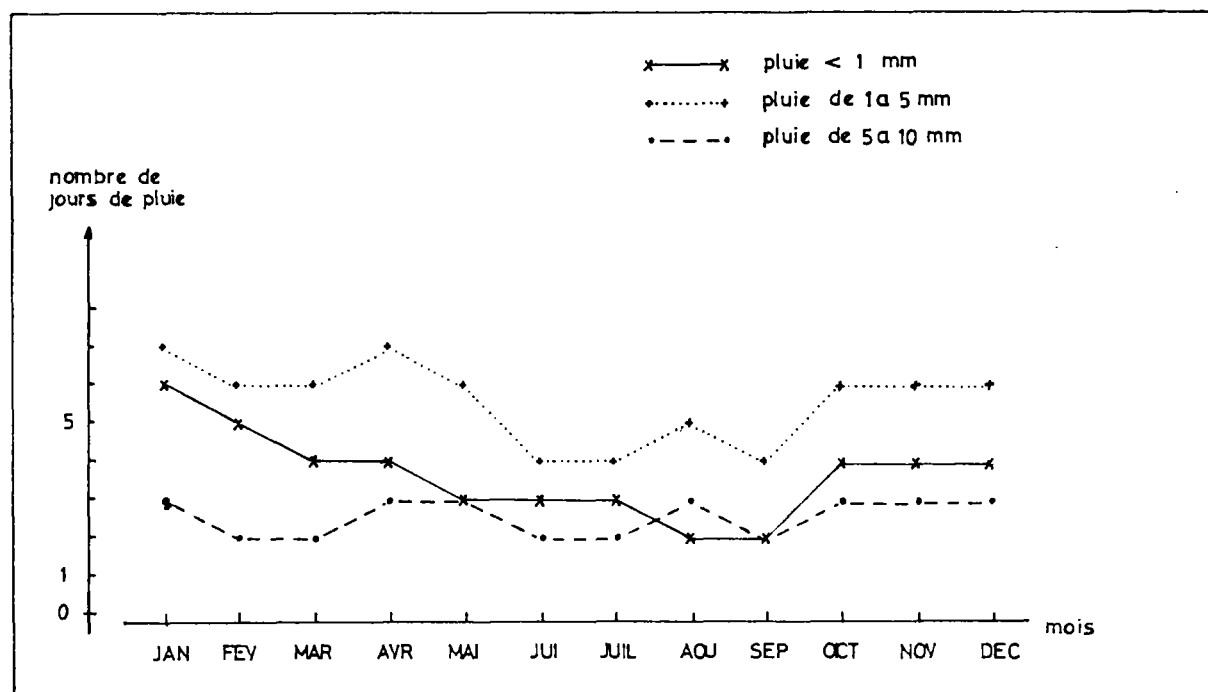


Fig.31: Répartition moyenne des jours de pluie par intensité.
(station de Tours , période 1921 - 1935)

De façon générale, le climat est doux et peu contrasté; la pluviosité n'est pas excessive et se répartit assez régulièrement sur l'année, notamment la différence de précipitation entre hiver et printemps est peu marquée, par contre on note un maximum en automne. Les conditions climatologiques moyennes ne sont pas particulièrement propices à l'apparition de mouvements de terrain.

3 - LITHOSTRATIGRAPHIE

Les terrains rencontrés s'étagent du Jurassique supérieur au Quaternaire. La série lithostratigraphique se caractérise par :

- de nombreuses lacunes (toit du Jurassique, du Crétacé, etc.) ;
- la présence de termes marins et continentaux (déposés en milieu aqueux ou aérien) ;
- de nombreuses variations de faciès.

La majorité des terrains qui affleurent se rattachent au Crétacé supérieur et au Tertiaire, les formations superficielles sont assez développées.

Dans ce paragraphe, nous abordons, les terrains sous un angle plus lithologique que stratigraphique, car d'une part c'est la nature des horizons qui nous préoccupe dans l'optique de la stabilité des terrains, et d'autre part certaines attributions stratigraphiques sont délicates et font encore l'objet de discussions.

Nous avons inclus dans ce paragraphe les caractéristiques physiques et mécaniques des sols et des roches dont nous avons connaissance. Cependant, étant donné la grande hétérogénéité des terrains, les valeurs ne sont mentionnées qu'à titre indicatif et ne sauraient faire l'objet d'extrapolations à un point quelconque de l'espace.

3.1 - Le Jurassique (pour mémoire)

Il est très peu représenté sur le territoire étudié. Il n'affleure qu'à l'Ouest du département d'Indre-et-Loire au niveau de la Loire (Dôme du Véron) sur une superficie très restreinte. Son extension sous la couverture alluviale est très faible. On le rencontre également localement à l'occasion de dômes anticlinaux, faillés ou non, (dôme de Souvigné, de Sonzay). Il s'agit de l'Oxfordien, représenté par des calcaires durs organo-détritiques à grain fin qui se présentent en bancs d'échelle décimétrique séparés par des interlits peu épais de marnes claires ou de calcaires argileux tendres.

Le Jurassique est présent dans le Richelais et au Sud du Saumurois, hors de la zone étudiée, qui pourrait se définir comme la zone limitée par le contact Jurassique crétacé au Sud et par l'Aquitaniens à l'Est et au Nord-Est.

Les calcaires ont subi une importante évolution karstique, durant la période qui s'étend de l'émergence survenue au Jurassique supérieur au retour de la mer au Cénomaniens, et au cours du Tertiaire.

3.2 - Le Crétacé

3.2.1 - Le Cénomaniens

Le Cénomaniens est transgressif et discordant sur le Jurassique plissé, érodé et karstifié. Son épaisseur est variable, néanmoins et de façon globale, on note une variation croissante d'épaisseur du Sud vers le Nord.

Il est peu représenté à l'affleurement : région de Richelieu au pied de la Cuesta du Turonien, vallée de la Loire en aval de la Chapelle sur Loire, rive droite de la vallée du Loir en aval de Montoire, on le rencontre également à l'occasion de remontées anticlinales : vallée de la Creuse, dômes de Souvigné-Sonzay et de Ciran-Ligueil.

On distingue deux ensembles dont la nature traduit une sédimentation littorale qui contraste avec les faciès crayeux observés ailleurs dans le Bassin de Paris.

Le Cénomaniens inférieur. Les sables

Il s'agit d'une formation détritique pouvant atteindre 80 m d'épaisseur qui montre de bas en haut :

- un lit de cailloutis et de gravier quartzeux parfois emballés dans des argiles blanches, variant de 1 à 6 m d'épaisseur (et parfois absent) ;
- des argiles schisteuses micacées brunes à noires ou grises ou des marnes sableuses atteignant 10 m d'épaisseur ;
- des sables glauconieux fins à moyens plus ou moins argileux en lits de 1 à 10 m alternant avec des lits ou des lentilles d'argile micacée et sableuse ou de marnes sableuses de 1 à 2 m et des plaquettes ou des bancs de grès de 10 cm à 1 m d'épaisseur. Les variations de faciès sont nombreuses tant verticalement qu'horizontalement.

Nous n'avons pas connaissance de mouvements de terrain survenus dans le Cénomaniens inférieur, ce qui n'a rien d'étonnant étant donné sa nature.

Le Cénomaniens supérieur : les marnes à Ostracées

Ce sont de bas en haut :

- des marnes gris foncé, compactes, plastiques, micacées et sableuses
- des marnes blanchâtres parfois glauconieuses ;
- quelques mètres de calcaires crayeux localement glauconieux ou de craie glauconieuse ou des marnes bleues pyriteuses et compactes (Ligueil, vallée de la Creuse).

L'épaisseur est de 15 à 20 m en moyenne et atteint parfois 40 m. L'horizon peut faire totalement défaut.

C'est un niveau imperméable qui constitue le toit de la nappe captive (dans la plupart des cas) des sables cénomaniens.

Le Cénomaniens supérieur affleure très peu en Touraine, le plus souvent dans des vallées, encore est-il souvent masqué par des alluvions. Cet ensemble à dominante argileuse n'est signalé qu'une fois dans la littérature comme étant l'objet de mouvements, plusieurs glissements de terrains de type rotationnel se sont produits dans la vallée de la Creuse sur les territoires des communes de Barrou et La Guerche. Ces mouvements étaient dûs à deux agents majeurs :

- l'érosion des berges par la Creuse (les mouvements sont localisés dans les méandres, sur les rives concaves) qui agit directement sur l'équilibre en supprimant une butée de pied.
- l'infiltration dans les fissures de l'argile (localement le Cénomaniens n'est pas recouvert par les alluvions et se crevasse lorsqu'il est soumis à une dessiccation) des eaux de la nappe des alluvions.

Le même site était par ailleurs soumis à des phénomènes de renard qui étaient dûs aux conditions hydrauliques qui régissaient le déversement des eaux des alluvions dans la Creuse ; les mouvements d'affaissement ont disparu avec la mise en place d'un réseau de drainage efficace.

3.2.2 - Le Turonien

Défini en Touraine, il y est représenté par des matériaux généralement rocheux. Il est classique d'y distinguer trois groupes, attribués respectivement au Turonien inférieur, moyen et supérieur, qui sont :

- La "craie marneuse"

- Le "tuffeau blanc" ou craie micacée
- Le "tuffeau jaune" ou "tuffeau de Touraine".

Il s'agit d'un ensemble à dominante carbonatée, épais de plus de 100 mètres, qui constitue la majorité des falaises du Val de Loire.

Le Turonien inférieur : la "craie marneuse"

Il est composé de 20 à 35 mètres de craie friable, en général très diaclasée, de couleur gris à blanc et à patine blanche, montrant un débit en cubes ou en plaquettes à l'affleurement.

L'horizon se présente en bancs d'ordre métrique séparés par des lits d'aspect noduleux de cherts branchus ou des lits de marnes plastiques blanches à verdâtres d'échelle centimétrique à décimétrique (fig. n° 32).

Cette craie est souvent glauconieuse à la base et présente à sa partie supérieure un grand nombre de silex noirs épars ou en lits (4 ou 5 lits le plus souvent).

Les teneurs en carbonate de calcium sont comprises entre 65 et 90 % ; la fraction argileuse est composée de montmorillonite dans la majorité des cas, il s'y ajoute de l'illite au sommet de la formation.

On note localement un enrichissement en silice correspondant à la proximité de la bordure du bassin ; au Sud la concentration de spicules de spongiaires siliceux que l'on observe à la base à conduit (RIVELINE-BAUER, 1965) localement à des spongolites (96 % de silice). Au Nord (craie de Château-du-Loir, 72) on note également un enrichissement en silice (15 % de la masse) qui affecte tout l'étage.

La craie argileuse a été activement exploitée pour la fabrication de chaux hydraulique à Ports, Ligueil, Trogues... soit en carrières souterraines soit à ciel ouvert.

Le Turonien inférieur affleure surtout dans le Richelais, la vallée de la Vienne et au-delà de la vallée du Loir, ainsi qu'à l'occasion de remontées anticlinales (Amboise, Ligueil...).

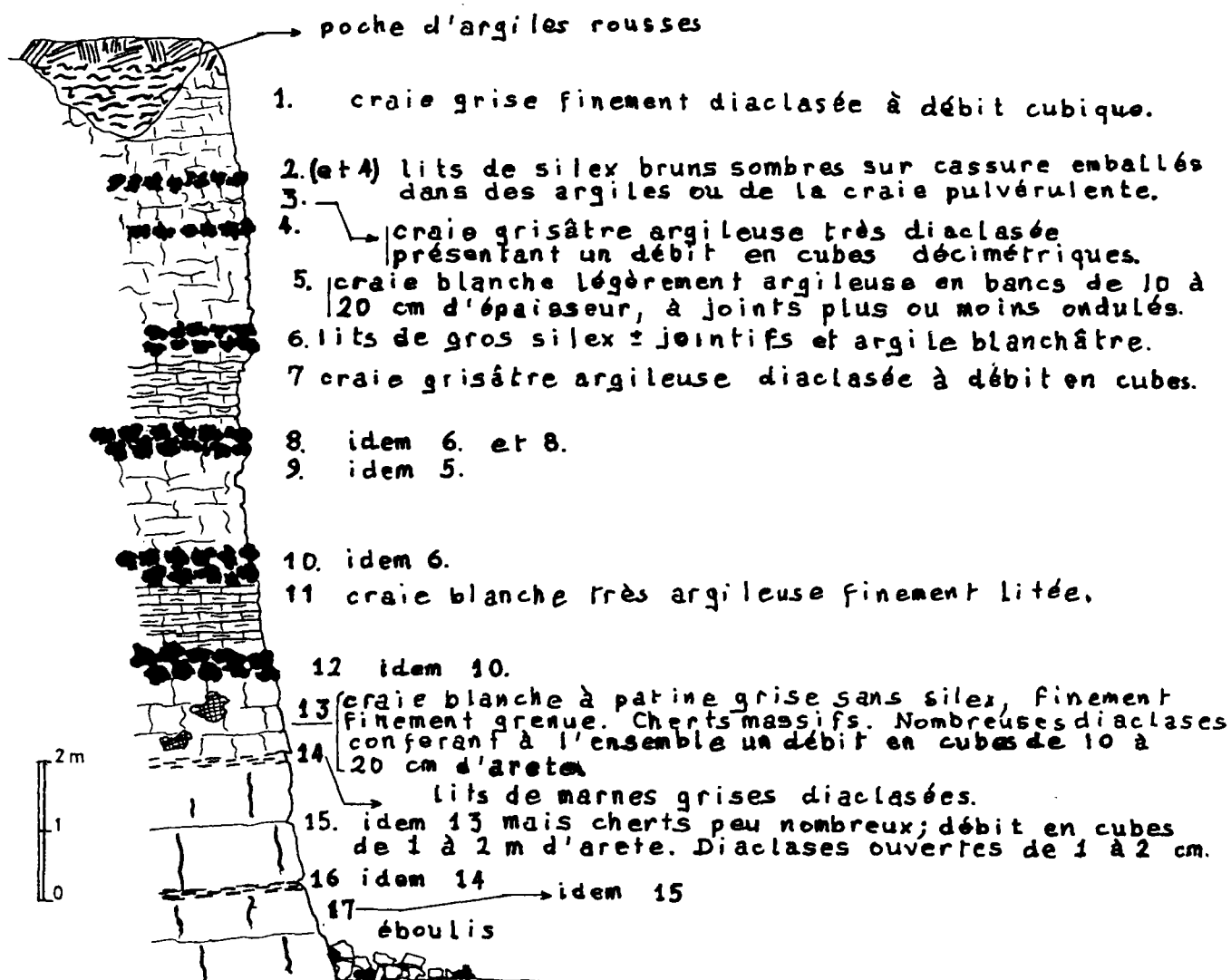


Fig. 32 : Coupe de la partie supérieure du Turonien inférieur à Amboise.
(Carrière du "Four à Chaux" - X: 495.00 , Y: 267.95)

Vis-à-vis du risque de mouvement de terrain, les points essentiels à retenir sont :

- le diaclasage important qui affecte la roche
- le fait que la craie argileuse a fait l'objet de nombreuses exploitations souterraines
- le fait que ces carrières se situent dans une roche tendre, divisée en une multitude de blocs (très souvent les galeries devaient être boisées), perméable en grand et sensible à l'altération.

Le Turonien moyen : la craie micacée

Il est représenté par un calcaire biodétritique grenu, tendre et poreux de couleur blanc à gris. L'épaisseur varie entre 20 et 40 m. La teneur en carbonate de calcium varie de 50 à 70 % (LECOINTRE (1948), RIVELINE-BAUER (1965), CAUTRU (1976)). Ce calcaire, contient de nombreuses paillettes de muscovite, de la silice (opale et quartz détritique) ; la fraction argileuse est composée de montmorillonite et d'illite.

L'horizon se présente en bancs de 1 à 3 m d'épaisseur séparés par des lits peu épais de marne blanche ou de craie friable et pulvérulente à cherts, ou encore en masse sans stratification visible. L'ensemble est peu diaclasé.

On note de nombreux silex dans la partie supérieure.

Dans la région de Chinon, le passage au Turonien se fait progressivement sans limite franche. L'ensemble est assez homogène sur tout le territoire étudié.

Le "tuffeau de Bourré", pierre tendre lorsqu'elle contient son eau de carrière, a été très exploité pour la fabrication de pierre de taille. Il a fait l'objet de nombreuses études : BOURCART (1948), BLANC et JATON (1970), CAUTRU (1976).

La porosité de la roche est de l'ordre de 40 %, sa porosité utile de 28 % ; d'après la norme du Centre Scientifique et Technique de la Cons-

truction Belge^{**}. Ce n'est pas une pierre gélive. Des essais de compression simple réalisés sur des échantillons de la région de Tours (GOUNON, 1968) donnent des valeurs comprises entre 45 et 600 bars avec une moyenne de 65 bars, des essais réalisés à Bourré et Montrichard conduisent à des valeurs de 50 à 82 bars, 92 bars à St Paterne(37), 67 à 99 bars à St Cyr-en-Bourg (49). Les valeurs varient d'un point à un autre et d'un banc à l'autre.

Le Turonien moyen affleure surtout dans la vallée du Loir en aval de Montoire, dans celle de la Loire en aval de Parnay (RG), dans les vallées du Cher, de la Vienne et de la Creuse. On le rencontre localement en rive droite de la Loire à l'occasion d'anticlinaux (Dômes de Ciran - Ligueil, d'Amboise, de Souvigné-Sonzay).

Le Turonien moyen est très sensible à l'altération lorsqu'il est soumis aux intempéries. Les affleurements sont plus ou moins altérés et ces matériaux à forte proportion argileuse peuvent être l'objet de glissements dont le volume peut atteindre plusieurs centaines de mètres cubes.

En falaise, la fracturation qui résulte d'une décompression des versants, est à l'origine de chutes de blocs, toutefois ces blocs sont en général de petite taille (de l'ordre du dm³). Le risque majeur réside dans les carrières souterraines situées dans le Turonien moyen. Ces excavations, en raison de leur nombre et des taux de défrètement importants que l'on y observe, sont souvent à l'origine d'écroulements de côteaux et d'effondrements.

Le Turonien supérieur : le tuffeau jaune

Il s'agit d'un ensemble carbonaté très hétérogène. On y note :

- un caractère détritique marqué qui augmente au fur et à mesure que l'on s'élève dans l'horizon et que l'on se déplace du Nord-Est au Sud-Ouest de la zone étudiée.

- de nombreuses variations de faciès (variations verticales et horizontales).

- la fréquence de hard-ground.

^{**} D'après cette norme, une pierre n'est pas gélive si 10 % de la porosité est assurée par des pores d'un diamètre supérieur à 2,5 µ et si la porosité totale est comprise entre 5 et 50 %.

Ces caractères correspondent à la dynamique du milieu de sédimentation : milieu sub-littoral agité.

Il est difficile d'établir une succession lithologique générale. Les faciès suivants peuvent être rencontrés :

- le tuffeau jaune proprement dit : c'est un calcaire sableux tendre, riche en quartz et en glauconie, qui se classe dans les calcarénites. La fraction argileuse est composée d'illite et de montmorillonite (RIVELINE-BAUER, 1965).

La structure du tuffeau jaune est très lâche, les vides sont importants (porosité variant de 15 à 40 %) et la cohésion des divers éléments est faible.

- des calcaires argileux et des calcaires gréseux, parfois spathiques, grisâtres, relativement durs (Rochechouart, Lussault-sur-Loire) dépourvus ou non de cherts branchus.

Dans la région de Tours des sables roux à stratifications entrecroisées apparaissent en sommet d'étage ainsi qu'un horizon à silex emballés dans un calcaire fin ou un argile blanchâtre.

- dans le Chinonais, le haut de l'étage est envahi par des sables glauconieux fins localement indurés. On trouve au-dessus des sables coquilliers grossiers.

Dans la région de Saumur on trouve, au dessus de sables fins quartzeux et glauconieux localement indurés, des calcaires à silex et plaquettes de grès qui alternent avec des sables riches en carbonate de calcium.

- à Saint-Avertin (vallée du Cher au Sud de Tours) on rencontre un calcaire coquillier gréseux ou spathique, la "pierre d'Ecorcheveau", qui a fait l'objet de grandes exploitations souterraines pour pierre de taille. Mais localement, cette pierre, résistante par ailleurs, présente des poches d'argiles brunâtres à grisâtres d'échelle décimétrique ; ces poches d'argiles semblent être contemporaines du dépôt des calcaires.

Suivant les lieux, le Turonien supérieur se présente sous des aspects très différents (figures n° 33 et 34). Il montre des bancs d'épaisseur variable séparés par des lits de craie friable à nombreux cherts branchus ou rognoneux, ou par des surfaces indurées (hard-ground), ou encore par des lits de marne atteignant parfois deux mètres (Chinon par exemple)

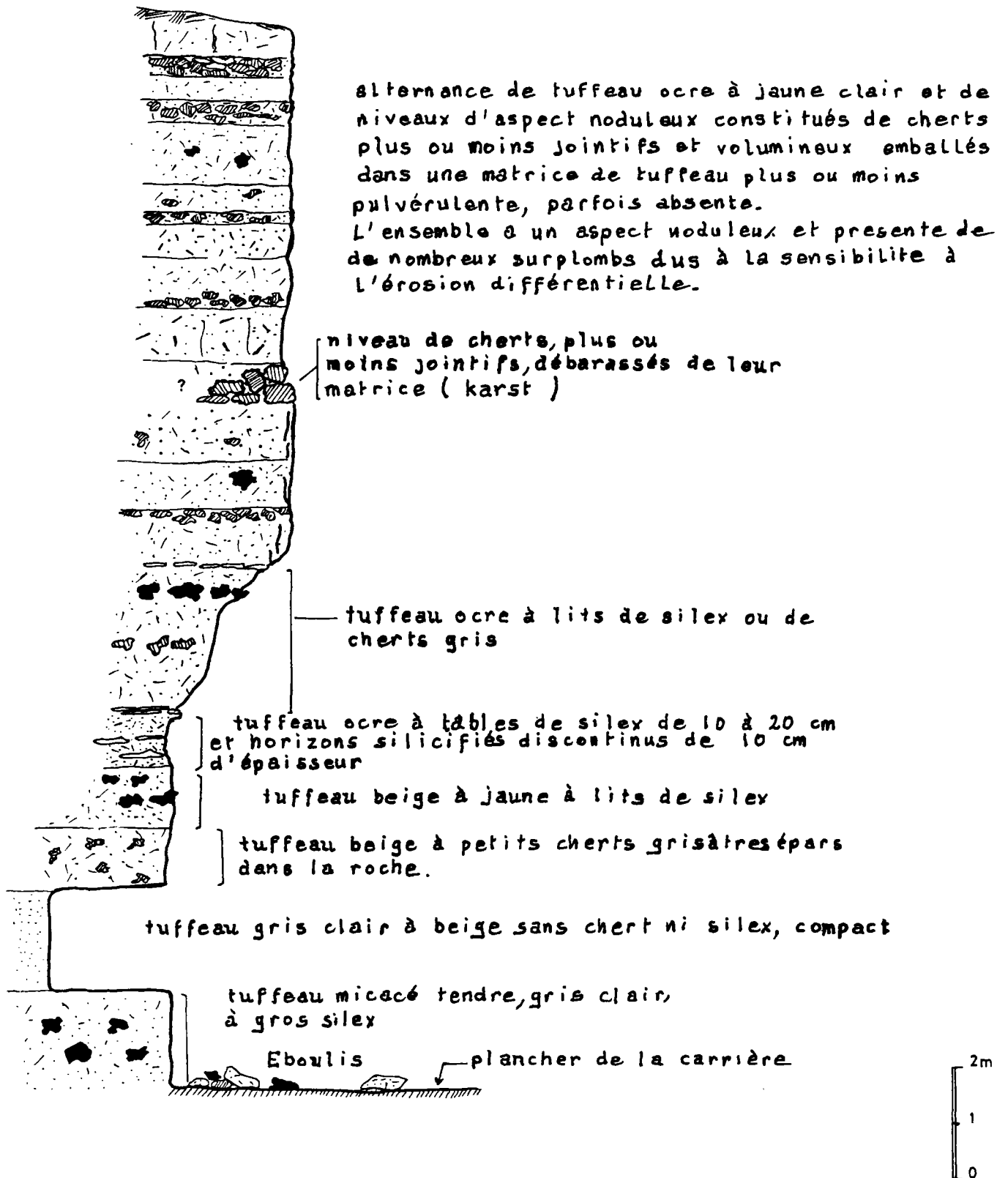
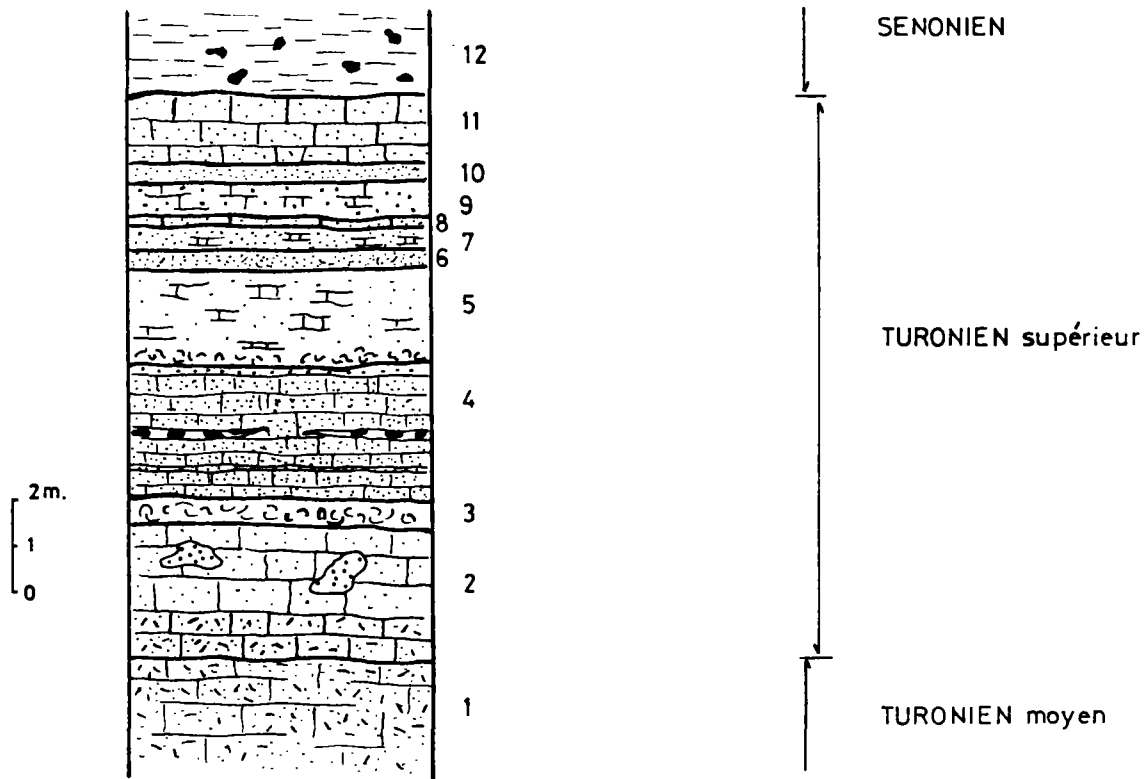


Fig. 33 : Coupe du Turonien supérieur à Lussault sur Loire.
 (Carrière des Ciments Français - X : 492.20 , Y : 267.30)



- 12 Argile blanche à silex et Spongiaires
- 11 Tuffeau sableux, altéré, jaune-roux.
- 10 Sable calcaire jaune.
- 9 Grès calcaireux et glauconieux à débris d'organismes
- 8 Tuffeau jaune friable.
- 7 Grès à ciment calcaire, dur.
- 6 Sable glauconieux roux.
- 5 Grès à ciment calcaire avec niveau lumachellique à la base.
- 4 Tuffeau sableux et glauconieux crème avec niveaux sableux et glauconieux
- 3 Niveau lumachellique plus ou moins bien cimenté.
- 2 Tuffeau jaune noduleux à blocs de grès dur glauconieux, passant à la base à un tuffeau micacé homogène.
- 1 " Craie micacée " glauconieuse, tendre, mal litée.

Fig. 34 : Le Turonien supérieur dans la région de Chinon.
(d'après G. ALCAYDE et L. RASPLUS)

Cette variété, l'existence de passages progressifs d'un faciès à un autre ne permettent pas de parler de propriétés mécaniques du "tuffeau". Des essais de compression simple réalisés à Vouvray-sur-Loir (Sarthe) sur des échantillons prélevés dans le même niveau donnent des valeurs s'étendant de 20 à 230 bars et qui sont fonction de l'état de fracturation de l'échantillon et de sa teneur en eau (DUBUS, 1967). Des essais effectués sur le tuffeau de Cinq-Mars-la-Pile (DURAND, FEUGA, LOUIS, 1975) donnent une cohésion de 50 bars, un angle de frottement interne (φ) de 30° et une résistance à la traction (R_T) de 18 bars.

En ce qui concerne les mouvements de terrains, les points essentiels à retenir sont :

- une grande hétérogénéité et des caractéristiques mécaniques assez médiocres en général.

- une prédisposition, du fait de l'hétérogénéité des affleurements, à l'érosion différentielle. La mise en surplomb de blocs, conjuguée à la fracturation qui affecte les versants parallèlement aux vallées, est à l'origine chutes de blocs assez importants, pouvant atteindre plusieurs mètres cubes.

- et surtout le fait que le tuffeau du Turonien supérieur a donné lieu à de nombreuses excavations souterraines qui sont à l'origine de nombreux mouvements : effondrements lorsque le recouvrement est peu important et surtout écoulement de versants.

Le Turonien supérieur affleure dans la vallée de la Loire, de Cangey à Cinq-Mars-la-Pile et de Lussault à Montlouis-sur-Loire, il affleure également dans la vallée de l'Indre (de Saché au confluent avec la Loire) et celle de la Vienne.

3.2.3 - Le Sénonien

Cet étage, incomplet (seuls le Coniacien, le Santonien et une partie du Campanien seraient représentés) présente également d'importantes variations de faciès, le régime néritique du Turonien se poursuivant et s'affermissant durant cette période.

On distingue quatre termes principaux :

- la craie de Villedieu

- la craie de Blois
- les formations argilo-siliceuses ou "argiles à spongiaires"
- les formations sableuses.

Les relations entre ces termes, surtout les trois premiers, sont complexes ; on passe de l'un à l'autre aussi bien verticalement qu'horizontalement.

La Craie de Villedieu

Dans la région d'Amboise on observe de bas en haut :

- 10 mètres de craie tendre, micacée et sableuse, à aspect noduleux
- 2 mètres de craie glauconieuse à lits de silex
- 7 à 10 mètres de calcaires durs, plus ou moins spathiques et glauconieux, très diaclasé. Le terme supérieur ne se rencontre pas au Sud de la Loire et à l'Ouest du méridien de Tours (LECOINTRE, 1948).

Dans la région de Saint-Michel-sur-Loire le terme inférieur, cité ci-dessus, est surmonté par un calcaire sableux en bancs épais d'aspect noduleux. On rencontre localement des lentilles de sables à l'intérieur des bancs calcaires.

Au Nord, dans la région de Vendôme on retrouve les deux termes de base présents à Amboise.

On trouve dans la série des intercalations d'argile glauconieuse moyennement plastique (I_p de l'ordre de 38) à très plastique (I_p variant de 60 à 80). La craie de Villedieu présente une bonne résistance à la compression (100 bars à Semblançay), l'enrichissement en silice secondaire que l'on observe localement conduit à des valeurs de R_c élevées (BOURCART (1948) cite des valeurs de 400 bars à Villiers (41)). Des essais réalisés à Cinq-Mars-la-Pile sur des matériaux situés à une certaine distance de l'affleurement ont donné une cohésion (c) de 20 bars, un angle de frottement interne (φ) de 30° et une résistance à la traction (RT) de 5 bars. Les couches de transition au Turonien supérieur présentaient de meilleures caractéristiques ($\varphi = 30^\circ$, $c = 40$ bars, $R_T = 12$ bars).

La craie de Blois

Il s'agit d'une craie tendre, parfois friable, de couleur blanche, contenant de nombreux silex de couleur miel, épars ou en lits.

La fraction argileuse est essentiellement constituée par de la montmorillonite. Vers l'Ouest on passe à des faciès sableux comme pour la craie de Villedieu. On rencontre parfois au sommet de l'horizon des niveaux de gaize dont la plasticité est fonction de la présence (Ip variant de 20 à 30) ou de l'absence de silex (Ip > 40).

La craie de Blois affleure peu, elle est très souvent masquée par des manteaux soliflués "d'argile à silex".

Les formations argilo-siliceuses

Dans la région de Tours on rencontre, en s'élevant dans l'étage sénonien, des horizons composés d'un mélange d'argile, de silex et de spongiaires siliceux. La fraction constituée de silex peut atteindre 50 % de la masse totale.

L'épaisseur de ces formations est très variable : 40 mètres et plus dans le Sud de la Touraine où elles envahissent tout l'étage, quelques mètres à 15 ou 20 mètres ailleurs. Ces argiles sont présentes sous les dépôts éocènes comme le prouve un certain nombre de sondages (forage 515-7-2 (Esves-le-Moutiers), forage 487-4-4 (Montbazou), etc.).

Les argiles à silex et à spongiaires ont été longtemps considérées comme le résultat d'une décalcification ; mais des études comparatives menées sur la composition de la fraction argileuse et celle du substratum de ces formations (RIVELINE-BAUER (1965), GIGOUT et al. (1969)) laissent à penser qu'il s'agit d'un faciès sédimentaire. Il faut donc distinguer ces argiles grises, blanches ou verdâtres de 2 à 40 m d'épaisseur des formations argileuses silicifiées de l'Eocène et des dépôts précédents remaniés au Quaternaire.

Le comportement mécanique des argiles à spongiaires est fonction de la quantité de silex et de spongiaires qu'elles contiennent. Des échantillons prélevés à Saint-Avertin (Indre-et-Loire) donnent des indices de plasticité (I_p) variant de 20 à 45 (GOUNON, 1968) : ce sont des dépôts plastiques à très plastiques*. Les formations argilo-siliceuses ont tendance à fluer ; elle masquent très souvent les affleurements de la craie de Blois, par ailleurs on peut observer des désordres sur les éléments linéaires insuffisamment fondés qui reposent sur ces argiles. Des glissements peuvent se manifester dans ces argiles à la faveur de conditions météorologiques inhabituelles (pluies exceptionnelles) et à l'occasion de travaux menés sans précaution.

Les formations sableuses

A l'Ouest de la région étudiée (Maine-et-Loire) le Sénonien est entièrement représenté par des formations grés-sableuses dont l'épaisseur peut atteindre 35 mètres.

Dans la région de Saumur on peut observer de bas en haut :

- sur une vingtaine de mètres des sables fins de couleur rouge à ocre contenant des lentilles de sables grossiers, des plaques et des rognons de grès et des petits niveaux argileux plus ou moins continus
- des sables fins, quartzeux, de couleur blanche
- des grès siliceux, blancs, disposés en tables.

Conclusions

Les termes qui viennent d'être énumérés correspondent à différents faciès du Sénonien. Les relations de ces formations peuvent être résumées de la façon suivante : la superposition craie de Blois - craie de Villedieu s'observent dans la région de Tours et dans les zones situées au Nord et à l'Est ; en se déplaçant vers le Sud on voit les formations argilo-siliceuses qui surmontaient la craie de Blois, envahir progressivement tout l'étage. Au contraire, en se déplaçant vers l'Ouest on voit les formations précédentes

* Les limites d'Atterberg ($I_p = W_l - W_p$) s'effectuent sur la fraction fine du matériau ($d < 0,4$ mm), aussi les résultats de ces essais ne préjugent pas du comportement d'une formation dont la granulométrie est très étendue telle celle des formations argilo-siliceuses.

s'enrichir en éléments détritiques et passer progressivement à des niveaux entièrement sableux.

La figure n° 35 illustre les relations de ces faciès.

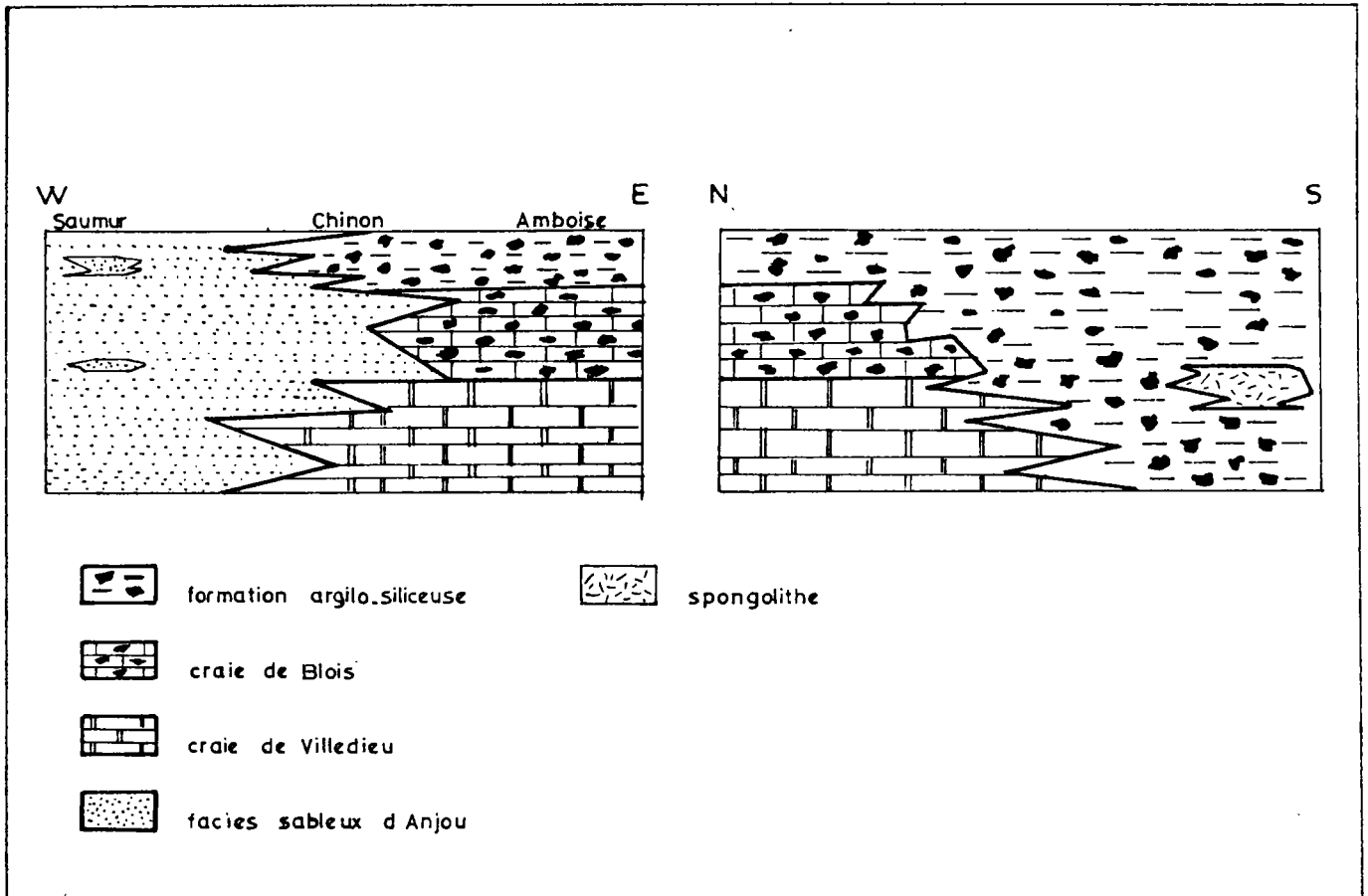


Fig.35 : Relations des différents faciès du Sénonien

3.3 - Le Paléogène

La région subit une émergence avant la fin du Crétacé, elle est alors soumise à une sédimentation lacustre ou continentale. La stratigraphie est complexe et les attributions à des étages sont plus ou moins sûres.

3.3.1 - L'Eocène continental

C'est un ensemble complexe et discontinu résultant d'un épendage fluvial et présentant des poudingues et des cailloutis siliceux emballés

dans de l'argile, des cailloutis et des sables à chailles, des argiles sableuses ("terre à carreaux"). Ces dépôts qui remanient souvent les couches inférieures, ont subi par la suite un phénomène de sidérolithisation (épigénie *per descensum* conduisant à un enrichissement en fer et en silice et à une kaolinitisation), qui affecte également les formations sous-jacentes. L'épaisseur moyenne est de 2 à 4 m, mais peut localement atteindre 15 m.

En Anjou on trouve sur le Sénonien sableux un conglomérat d'origine fluviatile surmonté par les blocs épars d'un poudingue composé de silex et de spongiaires crétacés cimentés par du quartz ; l'ensemble est attribué au Sparnacien (ALCAYDE, 1970). On trouve au-dessus les "grès à Sabalites", ce sont des grès de consistance très variable (friable à très dur) à grain fin ou grossier, de couleur brun à rouge. Provenant d'un remaniement du Sénonien sous-jacent ils sont attribués à l'Auversien. Ils se présentent parfois en affleurements continus, mais le plus souvent en blocs épars de plusieurs m³.

Ces blocs ont souvent été déplacés sur les pentes au début du Quaternaire. En équilibre plus ou moins stable ils pourraient être remis en mouvement ; toutefois nous n'avons recensé aucun mouvement de ce type au cours de l'inventaire des mouvements passés.

3.3.2 - Les calcaires lacustres (fin de l'Eocène-début de l'Oligocène)

On rencontre diverses unités de calcaires lacustres :

- les calcaires lacustres d'Anjou attribués au Ludien inférieur ou au Bartonien suivant les auteurs.

- les "calcaires lacustres de Touraine" attribués à la période Ludien supérieur, Stampien inférieur.

- les calcaires lacustres à *Potamides Lamarcki*, rattachés au Stampien supérieur.

Ces sédiments se sont déposés dans les cuvettes synclinales résultant des mouvements orogéniques crétacés et éocènes. Comme tous les dépôts lacustres ils montrent une grande variété de faciès : calcaires bréchoïdes, calcaires sableux et calcaires silteux, de couleur brune à bistre, des marnes blanches à verdâtres plus ou moins sableuses, des passées de meulière et de

calcaire siliceux, des argiles plastiques blanches. Leur stratification est complexe : la présence de poches ou de lentilles d'argile dans les calcaires est fréquente, de même que les passées de calcaires fins (calcilutites) dans des faciès bréchoïdes, etc..

Les calcaires lacustres de Touraine couvrent la Champagne tourangelles (Champagne *sensu stricto* et plateau de Mettray au Nord de la Loire), ils affleurent également dans la région de Neuillé-Pont-Pierre, Neuvy-le-Roi. Les calcaires lacustres d'Anjou affleurent dans la région de Baugé, dans la région de Genne (Est de Saumur) et localement à la faveur de jeux de failles qui les ont protégés de l'érosion (Nord de Saint-Patrice...).

Des essais mécaniques* effectués sur les marnes du coteau de Sainte-Radegonde ont donné des caractéristiques qui les classent dans les argiles peu plastiques, la cohésion est très forte (C varie pour ces essais de 1,4 à 1,8 bars) mais l'angle de frottement interne est faible ($\varphi < 6^\circ$).

Différents mouvements peuvent affecter ces dépôts :

- des glissements des bancs calcaires sur les argiles ou avec les argiles sénoniennes sous-jacentes
- des glissements rotationnels affectant des talus ou des fouilles mal conçus
- localement, lorsque la teneur en argile est faible, des mouvements de type affaissement ou effondrement dûs aux actions de dissolution qui ont affecté ou affectent encore ces calcaires.

3.4 - Le Néogène

3.4.1 - L'Aquitaniien

L'Aquitaniien est très peu représenté dans la zone étudiée, on ne le rencontre qu'à l'Est dans la région de Saint-Ouen-les-Vignes (37) où affleurent les lambeaux, très altérés, des calcaires de Beauce. Ce sont des calcaires lacustres brun clair alternant avec des meulrières et des marnes.

Ces calcaires sont le siège d'importantes circulations karstiques et dorment lieu à des effondrements.

* Essai de cisaillement à la boîte de Casagrande (pas de précision sur le type d'essai).

3.4.2 - Le Miocène moyen

Il est marqué par un bref épisode marin qui dépose les faluns de Touraine et les faluns d'Anjou. Il ne subsiste que des lambeaux des faluns de Touraine dont l'épaisseur varie de 2 à 5 m, il s'agit de sables très fossilifères à stratifications entrecroisées (faciès pontiléverien) ou d'un ensemble de calcaires construits, de grès et de sables fossilifères (faciès savignéen).

En Anjou, il s'agit de calcaires construits, jaunâtres, à algues et polypier, renfermant des débris de coquilles et du quartz détritique, qui atteignent 20 m d'épaisseur. Ils sont très compacts ou à l'inverse très friables suivant le lieu considéré.

Ces calcaires, lorsqu'ils présentaient de bonnes qualités ont été exploités pour fabriquer des moellons, le plus souvent à ciel ouvert mais parfois en carrières souterraines, on trouve localement (région de Douces dans le Maine-et-Loire) des zones présentant une grande densité de cavités. Par ailleurs on trouve dans les zones où la roche est de moindre qualité (pierre friable, sans consistance) des cavités à usage de remise.

3.4.3 - Le Miocène supérieur. Le Pliocène

Ils sont représentés par des dépôts continentaux constitués de sables hétérométriques mal classés et d'argiles plastiques. Ces matériaux proviennent de l'épandage d'un matériel local qui ravine les formations sous-jacentes. Leur épaisseur est toujours inférieure à 5 m.

3.5 - Les dépôts et les actions quaternaires

3.5.1 - Les mécanismes mis en jeu et leurs conséquences

Les conditions climatiques qui règnent en Touraine au début du Quaternaire (Au climat chaud du Tertiaire succède une alternance de périodes froides ou tempérées) sont à l'origine d'un certain nombre de phénomènes :

- creusement des vallées
- dépôts d'alluvions

- karstification des versants
- solifluxion de certains matériaux
- gélifraction des matériaux rocheux.

De cette époque datent :

- un certain nombre de dépôts superficiels
- la plupart des formes du relief
- certaines configurations du milieu naturel qui influent sur la stabilité des versants.

Durant les périodes froides, l'abaissement du niveau de base conduit à un creusement des vallées par les cours d'eau, qui est en partie responsable des falaises de Touraine et d'Anjou. Ce creusement s'accompagne d'une décompression des versants qui se manifeste par la mise en place d'un réseau de fractures (exprimées ou potentielles) parallèles aux versants. Nous avons pu observer à plusieurs reprises les effets de cette décompression :

- à Rochecorbon, rue des Basses-Rivières et au lieu-dit Beauregard, les carrières souterraines qui s'ouvrent dans les versants permettent d'observer des fractures plus ou moins ouvertes, en général remplies par des matériaux détritiques, qui se succèdent sur une cinquantaine de mètres avec une fréquence d'une fracture tous les 8 à 12 m.

- à Montlouis-sur-Loire le chemin de grande randonnée n° 3 et les habitations troglodytes permettent un examen détaillé du coteau, à différents niveaux et sur un kilomètre environ. On peut observer des fractures dont l'ouverture atteint 6 à 10 cm et qui sont espacées de 1 à 5 m* on peut voir également des fissures moins ouvertes dont la maille est plus petite (échelle décimétrique).

- à Fondettes, au lieu-dit Pont-de-la-Motte, la craie de Ville-dieu montre une fracturation parallèle au versant dont la maille varie de 20 à 50 cm.

* Très souvent, comme à Montlouis/Loire la décompression naturelle des versants a été accentuée par la décompression qui a suivi des travaux d'aménagement des coteaux pour accéder aux différents niveaux de caves et des exploitations à ciel ouvert.

Parallèlement, la baisse de température* et l'enfoncement des rivières et des nappes favorisent le développement de réseaux karstiques en bordure des vallées (cf. § 5).

A l'inverse, pendant les périodes de réchauffement du climat on assiste à un alluvionnement dans les vallées. La végétation qui couvre le sol s'oppose à son érosion mais favorise l'altération du substratum, préparant ainsi l'érosion qui caractérisera la première phase du cycle climatique suivant.

Pendant les périodes froides, la Touraine (s.l.) qui appartient alors à un domaine périglaciaire est soumise à une alternance de saisons froides et de saisons chaudes. Pendant les saisons froides le gel modifie profondément les structures des sols. En effet le gel provoque par cryomose une forte augmentation de la teneur en eau des matériaux ; la prise en glace de cette eau développe des pressions importantes dans les terrains et conduit à :

- un gonflement dans les sols (par augmentation des distances intergranulaires, formations d'inclusions de glace...), donc à une désorganisation de la structure initiale.

- une fracturation des matériaux rocheux par gélifraction. Si le gel conduit à une amélioration des propriétés mécaniques des terrains qu'il affecte, le dégel provoque une augmentation brutale de leur teneur en eau et une chute de leurs caractéristiques mécaniques (TSYTOVITCH, 1966), des terrains meubles qui étaient stables auparavant peuvent se mettre en mouvement. Les variations journalières et saisonnières de températures conduisent alors à des mouvements de solifluxion et à la mise en place de colluvions sur les versants.

Les conditions climatiques qui régnaient en Touraine au Quaternaire ont donc fortement marqué le milieu naturel, les phénomènes qu'elles ont entraînées ont un rôle important dans la stabilité des terrains à l'heure actuelle.

* Le froid favorise la dissolution des carbonates, la solubilité du gaz carbonique dans l'eau variant en sens inverse de la température (elle est par exemple 1,7 fois plus élevée à 0°C qu'à 20°C).

3.5.2 - Les dépôts quarternaires

Les limons de plateaux :

Ces dépôts recouvrent les formations turoniennes et post-turonien-
nes. Leur épaisseur moyenne est de l'ordre de 2 m, localement elle atteint
5 m.

Il s'agit de matériaux à caractère faiblement éolien, argilo-
sableux, fins, de couleur brun clair. Leur granulométrie varie en fonc-
tion de la nature du substratum, mais c'est toujours la fraction granulo-
métrique inférieure à 50 microns qui prédomine. Des essais réalisés dans
la région de Blois donnent des limites de liquidité (Wl) de l'ordre de 40 %
et des indices de plasticité (Ip) variant de 15 à 20, ce qui classe les
limons des plateaux dans les dépôts peu plastiques. Localisés par défini-
tion sur les plateaux ils ne donnent pas lieu à des mouvements gravitaires.
Par contre ils sont assez compressibles et peuvent donner lieu à des tas-
sements s'ils sont soumis à de trop fortes contraintes.

Les sables éoliens

Ces sables se sont mis en place lors d'une période froide du
Quarternaire. Ils ont en général une épaisseur de l'ordre de 2 m et ne
couvrent pas de grandes étendues. Dans la région de Saumur (Maine-et-Loire)
ils atteignent jusqu'à 8 m d'épaisseur et sont souvent à l'origine de dé-
pôts de pente importants. Postérieurs aux limons des plateaux ils recou-
vrent parfois les alluvions anciennes. Il s'agit de sables quartzeux fins,
bien classés, à caractère éolien net.

Les alluvions

Les alluvions anciennes sont peu développées en Touraine, on
les rencontre dans les vallées du Cher, de l'Indre et de la Vienne, dis-
posées sur trois niveaux

- très basse terrasse : 5-10 m
- basse terrasse : 15-20 m
- haute terrasse : 50-60 m (peu fréquente)

Ce sont des dépôts de sables granuleux plus ou moins argileux.

Les alluvions modernes ont une grande extension dans les grandes vallées, il s'agit de sables et de graviers comportant des lits ou des lentilles d'argiles. Dans les vallées des affluents des cours d'eau importants, les alluvions sont plus limoneuses et contiennent souvent des lits d'argiles et de tourbes.

Les colluvions

Ces dépôts mis en place pendant les périodes froides du Quaternaire ont souvent une origine polygénique. Leur composition varie en fonction de leur substratum :

- sur les versants constitués par les formations carbonatées du Turonien et du Sénonien on a des matériaux sablo-argileux riches en fragment de craie et en silex.
- lorsque le substratum est composé par les formations argilo-siliceuses sénoniennes, les colluvions ont une grande extension. Elles comportent alors une importante fraction argileuse.
- les sables éoliens ont également donné naissance à d'importantes masses colluvionnées, essentiellement composées de limons sableux et silteux.
- le Sénonien à faciès sableux (Anjou) a été mis en mouvement sur les pentes en entraînant des blocs de grès à Sabalites.

Ces colluvions sont présentes un peu partout, mais ne prennent que localement de l'importance (épaisseur et extension). Elles sont en général plus développées sur les versants exposés au Nord et à l'Est, les versants exposés au Sud et à l'Ouest, ravinés pendant les étés des périodes froides, donc souvent plus raides, ont été dégagés en partie de ces manteaux soliflués.

Ces formations sont de très mauvais terrains de fondation. Leur mur n'est pas horizontal et leur épaisseur croît en général depuis le haut vers le bas des pentes. Ce sont des terrains remaniés dont les structures et la granulométrie initiales ont été modifiées ; ils donnent souvent lieu à des tassements différentiels.

1



Turonien supérieur colluvionné (Lussault/Loire)

2



Bancs calcaires du Turonien inférieur
affaissés par suite d'un sous cavage naturel

Ces formations peuvent être très hétérogènes ; nous avons pu observer à plusieurs reprises des profils tels celui représenté sur la photo n° 1 de la planche I (Lussault-sur-Loire, carrière des ciments Français, masse colluvionnée située en avant du front de taille). On distingue sur cette photo, sous une épaisseur variant de 1 à 3 m de matériaux plus ou moins stratifiés à dominante crayeuse et à granulométrie étendue, des blocs de tuffeau altéré, déplacés qui laissent entre eux des vides importants.

Ces dépôts sont de plus localisés dans les zones où les constructions ont tendance à se concentrer : en effet, pour se protéger des inondations tout en n'empiétant pas sur des espaces utilisables pour la culture de la vigne, l'habitat s'est la plupart du temps concentré sur les versants ou à leur pied lorsque ceux-ci étaient trop raides.

3.5.3 - Formes du relief (figure n° 36)

Les formes des versants qui n'ont pas été retouchées par l'homme que l'on peut observer actuellement résultent des interactions de la nature du substratum et des cycles climatiques du début du Quaternaire et de leurs conséquences. Ainsi les rivières qui ont creusé leur lit dans le Turonien moyen et supérieur ou la craie sénonienne ont des vallées à flancs très raides, parfois verticaux (vallée de la Loire jusqu'à Bourgueil, rive gauche de la Loire dans le Saumurois,...). Par contre la présence de dépôts cénomaniens au niveau de l'étiage (Rive droite de la Loire en aval de Bourgueil, vallées du Loir et de la Vienne lorsque des remontées anticlinales font affleurer le Cénomaniens au niveau de l'étiage, etc.) correspond à des vallées élargies à versants doux souvent recouverts d'épais manteaux colluvionnés. Ces colluvions masquent très vraisemblablement des escarpements résultant d'une érosion différentielle (figure n° 37). L'absence de tranchée ou carrière située dans ces versants et le manque de séries de sondages, ne nous ont pas permis de vérifier cette hypothèse qui toutefois a beaucoup de chances d'être exacte étant donné ce que l'on peut observer dans les vallées à flancs escarpés.

On n'observe pas comme dans la région parisienne de successions de couches peu épaisses de nature et de résistance différentes. De ce fait, les phénomènes de versants connus dans la région parisienne (CARON, 1973) s'observent peu souvent en Touraine et ont une ampleur moindre. Les

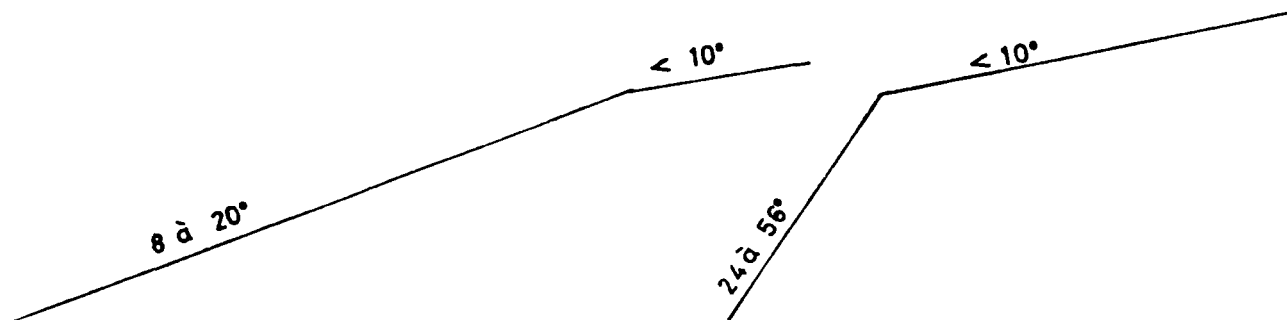
VERSANTS NATURELS



versant constitué de Cénomaniens à la base
exposition: Sud à Sud-Est



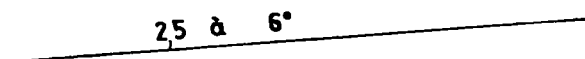
versant constitué de Turonien inférieur à la base
exposition Nord



exposition: Nord à Est

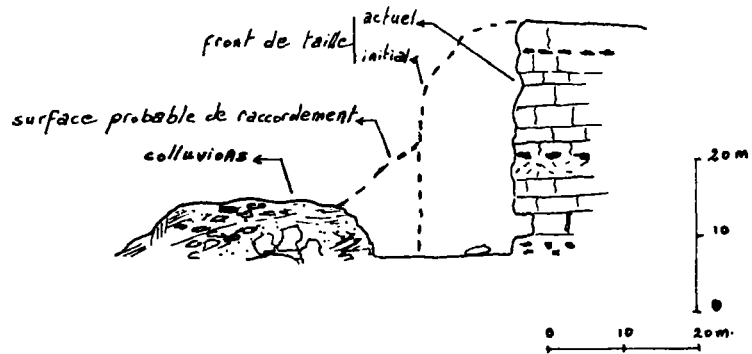
exposition: Sud à Est

versants constitués de Turonien moyen ou supérieur
à la base

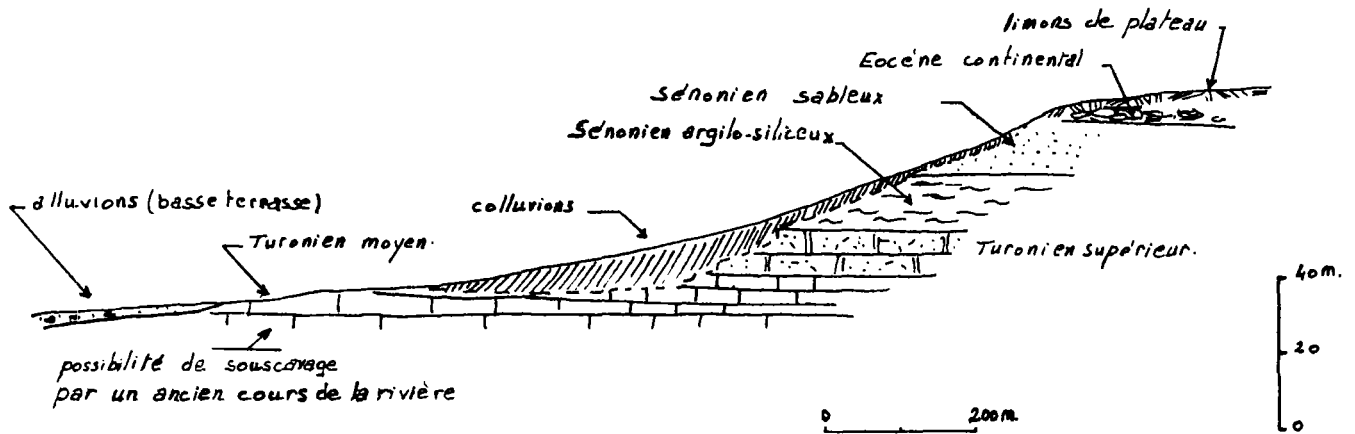


versant constitué par le Sénonien argilo siliceux
exposition: Sud à Sud-Est

Fig. 36 : Valeurs des pentes en fonction de la stratigraphie et de l'exposition.



1. Colluvions formées à partir du Turonien supérieur



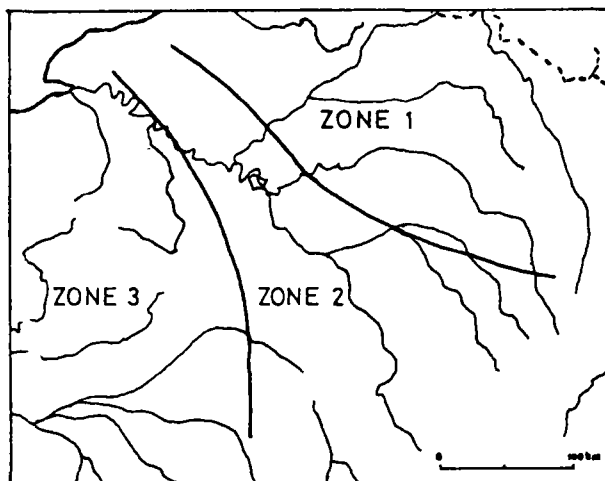
2. Colluvions formées à partir du Sénonien (faciès sableux et argileux)

Fig. 37 : Relation des colluvions avec le substratum.

phénomènes de décompression de versants ne sont pas accompagnés de déplacements verticaux importants (de l'ordre du dm) car les couches susceptibles de tassement (sables et argiles cénomaniens) ou de fluage affleurent rarement à la base des versants. Lorsque de telles couches sont présentes, l'élargissement des vallées laisse supposer que si des mouvements importants se sont produits, l'érosion en a fait disparaître les traces. La nature et la succession des couches ne prédisposent pas à de tels mouvements et d'autre part les affleurements sont peu fréquents ce qui fait que leur traces sont très rares. On peut ainsi se demander si les phénomènes de sous-cavages naturels par un cours d'eau sont répandus dans la région étudiée ; nous n'avons observé qu'un seul cas (photo n° 2, planche I) de ce phénomène sur la rive gauche de la Loire entre Amboise et Lussault-sur-Loire l'affleurement se situe à un mètre environ au-dessus du niveau de la RN. 751, le pendage (supérieur à 30°) qui affecte la craie du Turonien moyen est inhabituel et aucun argument structural (axe anticlinal, faille) ne permet de l'expliquer. Il est très vraisemblable que cette disposition résulte de l'effondrement des barres du Turonien moyen épaisses et rigides, à la faveur d'un vide créé par un ancien niveau de la Loire. Il est également possible que de tels vides subsistent malgré l'affaissement des terrains sus-jacents, de toute façon ils doivent être à l'origine d'une décompression des couches qui les surmontent.

4 - GEOLOGIE STRUCTURALE - FRACTURATION

La Touraine située, à l'Ouest de l'ensemble constitué par les failles de Rouen, Rambouillet, Montvilliers et Sennely (fig. n° 38), appartient à la troisième zone structurale du Bassin de Paris (HERITIER et VILLEMIN, 1971) qui est caractérisée dans sa partie occidentale par la prédominance des directions armoricaines.



- Zone 1: mouvements structuraux rares et de faibles amplitudes
- Zone 2: zone complexe montrant diverses directions et des rebroussements
- Zone 3: zone structurellement simple; directions varisques et armoricaines.

Fig.38 : Les zones structurales du Bassin de Paris.
d'après F. HERITIER et J. VILLEMIN (1971)

4.1 - Les failles et les flexures

Elles sont peu nombreuses, peu étendues (quelques kilomètres au maximum) et présentent des rejets variant de quelques dizaines de mètres à 150 ou 200 m.

Elles sont localisées sur les flancs sud de certains anticlinaux (anticlinaux de Ligueil, de Richelieu, dôme de Souvigné-Sonzay) ou n'ont pas de relation avec les structures plissées : failles de la région de Loches, parallèles et transverses à la vallée de l'Indre, failles de Benais, failles de Pont-Boutard, de Huismes et de Semblançay encore que des trois dernières semblent être de prolongement de la flexure bordant le dôme de Marray.

Ces failles qui affectent la couverture seraient en relation avec les accidents du socle anté-permien. Ainsi dans la région lochoise (RASPLUS, 1968), les accidents de direction SW-NE correspondraient, avec un léger décalage, aux failles du socle tracées par LORNE et WEBER (1966) d'après les résultats des recherches effectuées par des méthodes géophysiques.

La plupart des failles affectent les dépôts helvétiques et pourraient être la manifestation d'une néotectonique fini-miocène, pliocène et quaternaire récent (RASPLUS, 1968). Les failles ne jouent pas de rôle dans l'apparition des mouvements gravitaires, le jeu de certaines failles (Loches, vallée de près de Chavannes) a conduit à des pendages pouvant atteindre 20°, disposés dans le sens de la pente, cependant l'épaisseur des bancs (il s'agit de couches appartenant au Turonien) et le couvert végétal semblent s'opposer à des mouvements de type glissement banc sur banc.

Les failles sont souvent à l'origine de poches de dissolution importantes qui se sont développées dans la craie turonienne et sénonienne ; ces poches sont à l'origine de quelques mouvements recensés en Touraine, il s'agit d'une part de tassements différentiels de constructions implantées en partie sur le substratum sain et en partie sur les argiles qui remplissent ces poches de dissolution, d'autre part nous connaissons un cas de fontis remonté en surface à partir d'une carrière souterraine à recouvrement épais, le contenu argileux d'une poche de dissolution s'étant vidé dans la carrière à la suite de l'effondrement du toit de celle-ci.

4.2 - Les plis

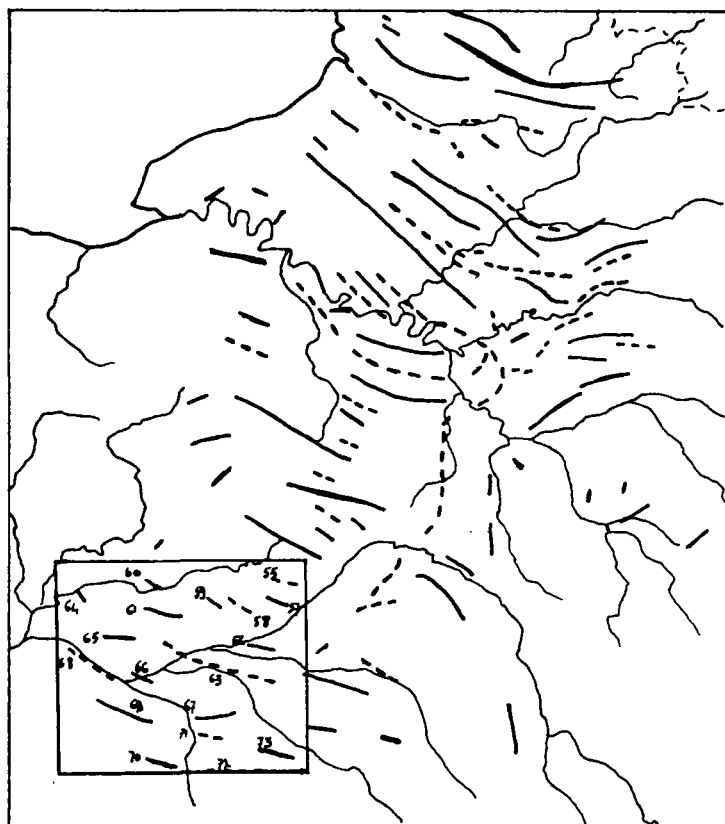
Les déformations de style souple ont été mises en évidence par

G. LECOINTRE (1933, 1959), LEMOINE, HUMERY et SOYER (1939) qui ont tracé la surface structurale du toit de Cénomaniens à partir de données de sondages. Cette surface, choisie pour la facilité avec laquelle elle se repère dans les forages, est connue avec de plus en plus de précision au fur et à mesure des nouveaux travaux et des tracés à grande échelle. Elle montre une structure générale en dômes et en cuvettes. Plus qu'une succession orientée et continue d'anticlinaux et de synclinaux, il faut y voir (DENIZOT, 1971) une série de dômes elliptiques ou de cuvettes séparés par des ensellements et orientés Nord-Ouest Sud-Est à Ouest Nord-Ouest, Est Sud-Est. L'apparente incohérence des directions observées résulterait d'un gaufrage de la couverture (KLEIN 1973), effet du jeu posthume des fractures héritées des cycles cadomien et hercynien.

On relève (fig. n° 39) :

- les anticlinaux d'Herbault (57), de Marray (59), de Braye (60), de Souvigné (61), d'Amboise (62), les dômes de Baugé (64) et du Véron (66), les anticlinaux de Vernantes (65), Ligueil (67), Richelieu (69), Chatellerault (70) et Buzançais (73).

- les synclinaux de Château-Renault (58), d'Esvres (63), de Saumur (68), de la Haye-Descartes (71) et de la Roche-Posay (72).



— : anticlinaux / - - - : synclinaux / 64: n° de renvoi au texte

Fig 39 : Principales directions tectoniques de subsurface du Bassin de Paris

d'après C. MEGNIEN, 1971

La fig. n° 40 représente quelques unes des structures de la zone étudiée.

Ces structures ne résultent pas d'effets de compression, mais de mouvements de fond (DENIZOT, 1971) résultant d'une tectonique hercynienne posthume. Le socle très fragmenté aurait subi des phénomènes d'extrusion et d'affaissement dont l'amortissement se manifeste par cette structure en dômes et cuvettes.

Ces mouvements résultent sinon d'une activité continue, du moins de phénomènes se manifestant à plusieurs reprises du Cénomaniens à l'Eocène .

Des travaux effectués dans la région de Tours (DESPREZ, 1969 ; CAUDRON, 1968), montrent que les structures du toit du Cénomaniens ne correspondent pas avec celles du toit du Turonien et révèlent des diminutions d'épaisseur du Turonien et du Sénonien au droit des anticlinaux, ce qui accrédite l'hypothèse de mouvements successifs.

Les dépôts des calcaires lacustres de Touraine (Ludien, Stampien) sont guidés pas ces structures mais localement ils ont été affectés par les mouvements (LECOINTRE 1948, p 176). Les dépôts de faluns (Helvétien) ne sont pas touchés par ces mouvements.

Ces structures se manifestent par des faibles pendages (quelques degrés en général), souvent plus importants sur les flancs sud. Ces faibles pendages n'ont aucune influence sur la réalisation des mouvements.

Par contre une fracturation de plan axial semble associée aux axes tectoniques :

- l'anticlinal d'Amboise montre sur son flanc sud une série de décrochements parallèles au plan axial qui décalent les couches et sont responsables du tassement de l'anticlinal en son centre (ces failles de faible rejet mais nombreuses s'observent très bien dans la carrière des Ciments Français à Amboise (lieu-dit la Fuye)).

- on peut observer sur diverses parois (Lussault-sur-Loire ; Rochecorbon, rue des Basses-Rivières ; Chinon ; Amboise, rue du rocher ; Vernou-sur-Brenne, etc.) des fractures importantes (ouverture atteignant jusqu'à 10 cm) transverses aux versants, qui seraient à relier à la proximité d'axes anticlinaux.

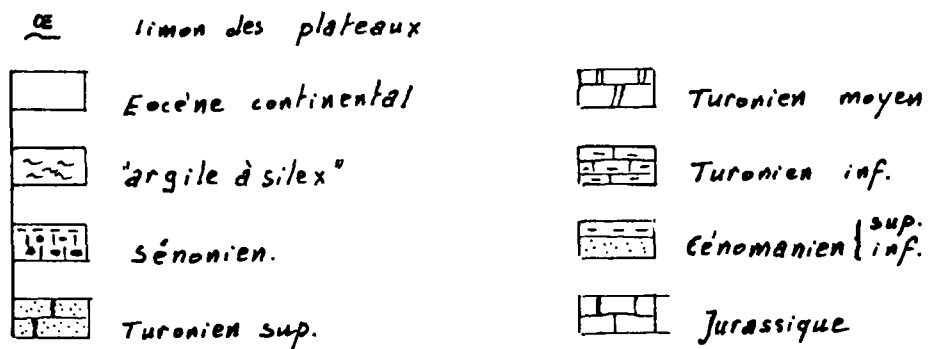
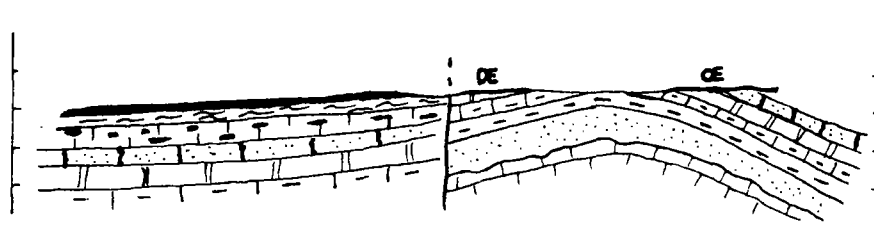
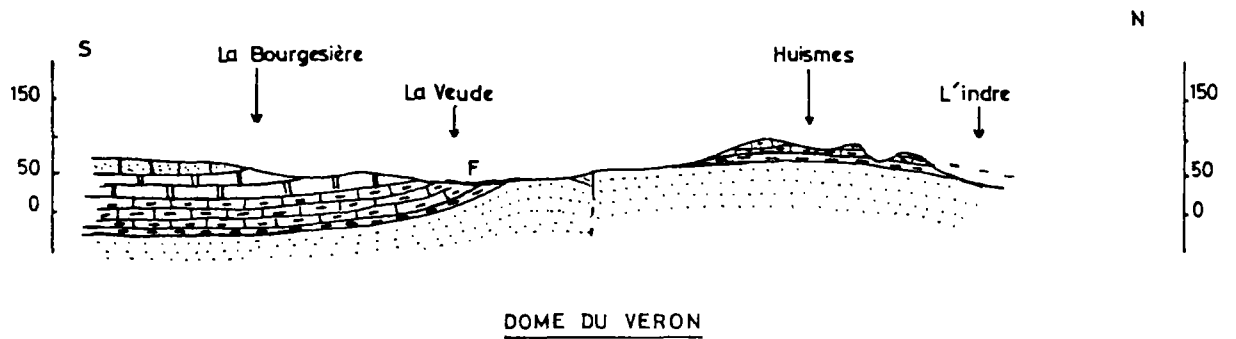
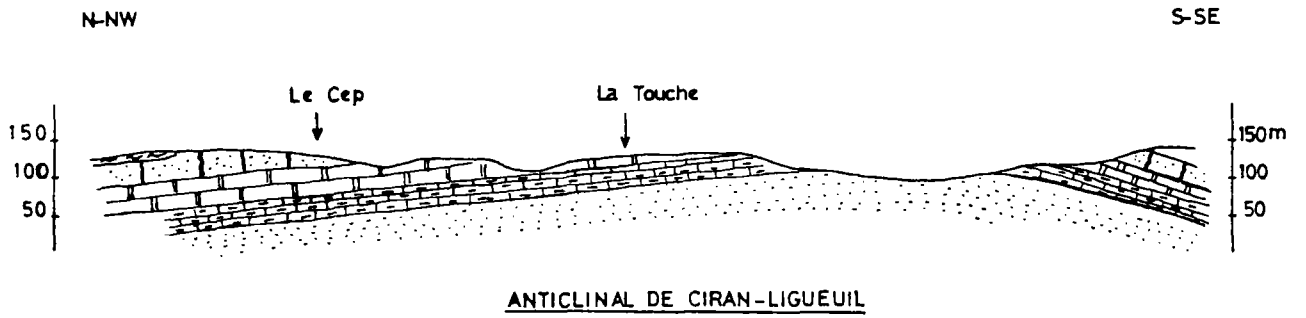


Fig. 40: Coupes de trois des structures anticlinales qui affectent les terrains en Touraine
 échelle des longueurs : 1/50 000
 échelle des hauteurs : 1/10 000

Ces fractures jouent parfois un rôle important dans la réalisation des mouvements de type écoulement et effondrement ; elles ont souvent été agrandies par dissolution et leur partie supérieure se confond souvent avec des poches de dissolution, elles sont souvent remplies par un matériau détritique fortement argileux. Ces discontinuités s'ajoutent à la fracturation provenant de la décompression des versants pour individualiser des masses importantes de rocher, lorsque des excavations minent les côteaux de telles masses peuvent n'être soutenues que par les piliers laissés dans les carrières, le fretage étant nul le long des fractures. A Rochecorbon, l'extrémité est de l'écroulement de 1933 (cf. chap. 3, § 2.1) correspond à une fracture de ce type ; à Amboise, la rue V. Hugo où se sont produits de nombreux écoulements est bordée par une falaise, sa direction est parallèle à l'axe anticlinal d'Amboise et la fracturation liée à l'axe se rajoute à celle provenant de la décompression du versant pour individualiser des volumes importants en équilibre plus ou moins stables.

5 - HYDROGEOLOGIE

La multiplicité des terrains en présence, l'existence de niveaux argileux plus ou moins continus, les nombreuses variations de faciès et les variations de perméabilité qu'elles entraînent, déterminent un certain nombre de niveaux aquifères et différents modes d'écoulement des eaux souterraines.

5.1 - Les différents aquifères

5.1.1 - Le Cénomaniens

Les sables renferment une nappe importante, en général captive sous les marnes à Ostracées. Localement, en l'absence de son toit imperméable, elle communique avec les eaux des alluvions et celles du Turonien.

5.1.2 - Turonien inférieur et moyen

La craie du Turonien moyen, compacte et peu fissurée, ne montre pas de circulations importantes ; par contre la craie argileuse du Turonien inférieur, très diaclasée, contient une nappe importante limitée.

Localement, on observe des circulations karstiques importantes : rivière souterraine de Parçay (Loir-et-Cher) longue de 2 km environ (COUDERC, 1970), cours souterrain de la Riolle à la Chapelle-Blanche-Saint-Martin (LECOINTRE, 1963).

5.1.3 - Le Turonien supérieur

D'une façon générale, le "tuffeau jaune" montre une faible porosité utile ; la circulation intéressant la matrice rocheuse est faible, elle s'effectue essentiellement suivant les discontinuités :

- fractures : failles, diaclases, fissures de décompression ;
- joints de stratification ;
- niveaux à cherts ou à silex.

La circulation est faible au coeur des plateaux où la fissuration primaire est peu développée ; par contre elle est importante aux abords des vallées :

- d'une part le drainage de la "nappe" par les rivières et l'encaissement des vallées conduisent à un rabattement important donc à une augmentation du gradient hydraulique (qui passe de quelques ‰ à 2 ou 3 ‰).
- d'autre part la fracturation qui se développe à proximité des versants augmente la perméabilité.

Il en résulte des débits qui peuvent être 10 à 15 fois supérieurs à ceux que l'on obtient dans les régions de plateaux.

Le caractère karstique de la circulation, qui peut à l'occasion se prolonger assez loin des versants (CAUDRON, 1968), se traduit par :

- des débits, des minéralisations et une couleur de l'eau très variables dans le temps.
- des variations saisonnières très inégales pour des puits voisins.

Le tuffeau du Turonien supérieur est très hétérogène et sa cohésion est en général, faible. J.C. COUDERC (1968 et 1970) en se basant sur l'existence de conduits karstiques malgré la pauvreté du tuffeau en car-

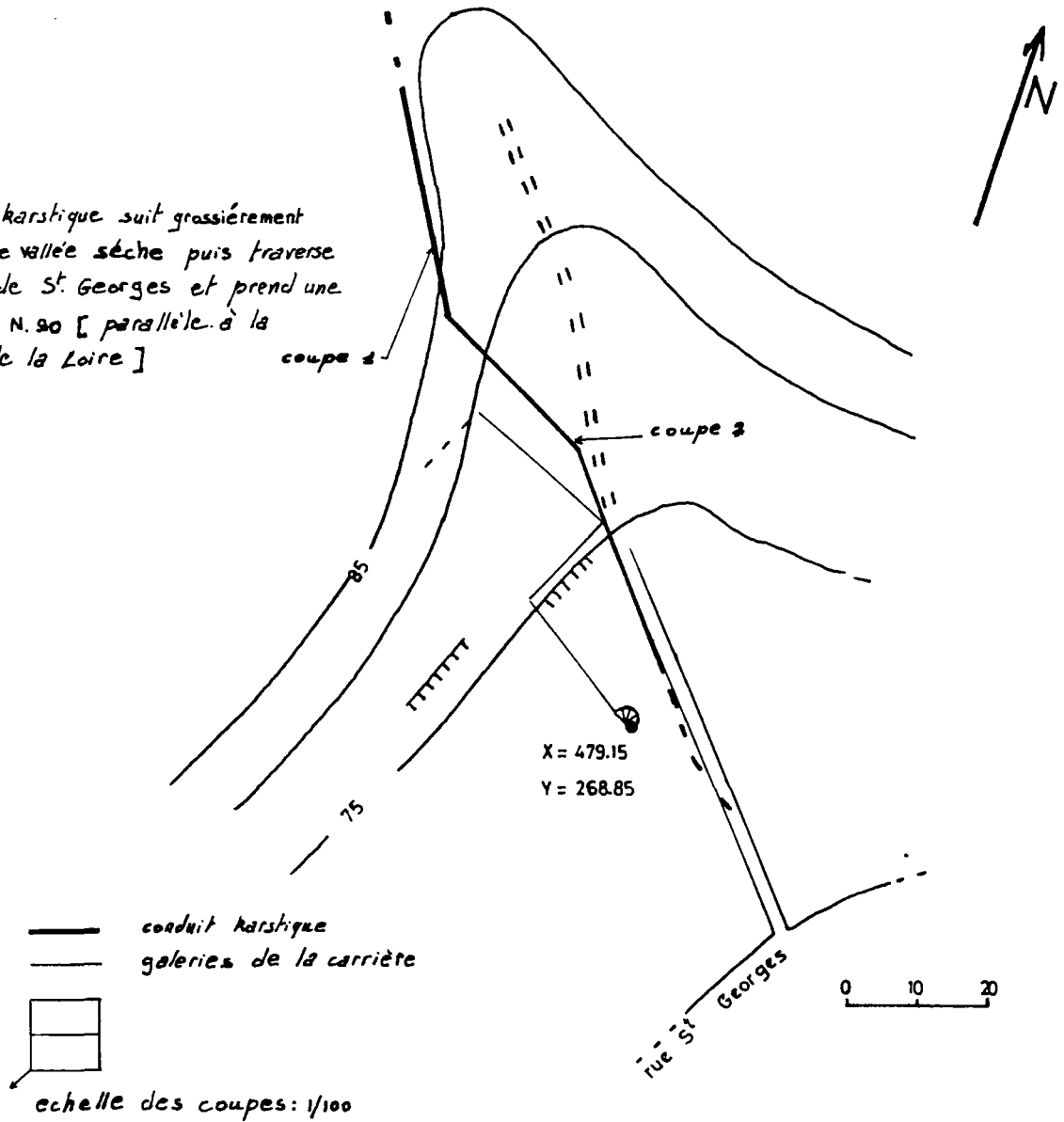
bonate de calcium (parfois de l'ordre de 30 % seulement) et sur le fait que les niveaux karstifiés sont en général ceux qui contiennent de nombreux silex ou cherts, pense que la karstification résulte de processus essentiellement mécaniques : l'élargissement des fissures se ferait plus par abrasion, érosion par l'eau, que par dissolution.

Les niveaux karstifiés sont en effet souvent localisés dans des couches comportant beaucoup d'éléments siliceux assez volumineux ; on peut observer dans les versants de la vallée de la Loire par exemple des bancs de silex ou de cherts dont la matrice constituée d'éléments fins a été entraînée (ou dissoute ?) par les eaux. Néanmoins il nous semble que l'érosion chimique est importante ; malgré la pauvreté du tuffeau en CaCO_3 les eaux sont très chargées en carbonate de calcium et proches de la limite de saturation. Ainsi nous avons pu observer une importante pellicule de calcite flottante sur la rivière souterraine qui coule dans la carrière de Beauregard (commune de Rochecorbon, Indre-et-Loire), il en est de même dans les "caves gouttières" de Savonnières (Indre-et-Loire), dans l'ancienne champignonnière de Saint-Georges (Cne. Rochecorbon), etc.. Dans cette dernière cavité on peut observer un conduit karstique (figure n° 41) qui est recoupé par une galerie et s'il s'amorce dans un niveau de tuffeau contenant une grande quantité de rognons et de plaques siliceuses, ce conduit se prolonge vers le bas dans un tuffeau jaune pâle exempt d'accidents siliceux et qui fait effervescence à l'acide chlorhydrique.

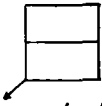
Au Nord de la Loire, le Turonien supérieur affleure peu à l'exception des versants ; de plus il est rapidement masqué par une épaisse couverture, aussi les manifestations karstiques semblent-elles localisées aux abords des vallées et liées aux fractures (fractures de décompression, diaclases,...). On trouve des conduits de petites sections tel celui qui est recoupé par la champignonnière de Saint-Georges, on rencontre également des cavités de plus grande taille telles :

- la grotte de la Farinière à Cinq-Mars-la-Pile (cette grotte a un développement de 367 m et atteint localement 17 m de largeur, (fig. n° 42))
- les trois grottes du Musée de l'Espelozin à Rochecorbon.

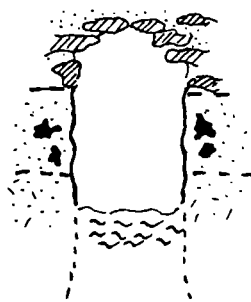
Le conduit karstique suit grossièrement l'axe d'une vallée sèche puis traverse la vallée de St. Georges et prend une direction N. 90 [parallèle à la vallée de la Loire]



— conduit karstique
 — galerie de la carrière

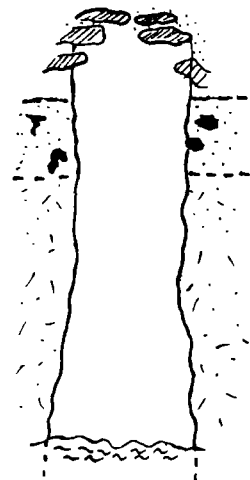


échelle des coupes: 1/100



COUPE 1

niveau de tuffeau à nombreuses dalles siliceuses.
 tuffeau jaune à cherts.
 tuffeau beige sans chert (niveau de la carrière)



COUPE 2

Fig. 41 : Plan et coupes du conduit karstique recoupé par une des carrières de la vallée de St. Georges (Cne de Rochecorbon)

Au sud de la Loire le karst semble mieux développé (ceci est peut être dû à une plus grande surface d'affleurement du Turonien supérieur). Les manifestations karstiques s'observent dans les versants des vallées (vallées de l'Aigronne, du Brignon et de la Claise dans la région de Preuilly/Claise ; grottes de Savonnières, etc.) mais également sur les plateaux avec des pertes de ruisseaux et des dolines.

A Saché, J.C. YVARD (1967) a signalé l'existence de conduits sous les alluvions du bas niveau de l'Indre ; la plupart d'entre eux sont obstrués par des argiles, mais certains fonctionnent encore occasionnellement.

5.1.4 - La craie sénonienne

Le Sénonien renferme une nappe dont les eaux peuvent localement se trouver en charge sous les dépôts argilo-siliceux et communiquent avec celles du Turonien.

Le mode de circulation varie suivant les horizons considérés ; la craie est le siège d'une circulation de fissures, alors que les niveaux de sables glauconieux et calcareux que l'on rencontre dans la région de Neuillé-le-Lierre renferment une nappe *censu stricto*. En Anjou, le Sénonien qui est représenté par des sables contient une importante nappe libre (LIMASSET, TALBO, 1971).

Le caractère karstique des circulations dans la craie sénonienne se manifeste essentiellement par des pertes de cours d'eau (Perte du Boulon (41), perte de la Duie (37)), des résurgences et des exurgences. Comme pour le Turonien supérieur, on constate que les dissolutions débutent souvent dans des niveaux à forte proportion siliceuse ; c'est dans la région de Vendôme où l'étage est entièrement représenté par une craie riche en silex et en spongiaires que les manifestations karstiques prennent une grande ampleur. En surface des plateaux à recouvrement argileux ou limoneux, le karst s'exprime par des pertes de ruisseaux temporaires et quelques dolines d'effondrement.

5.1.5 - Les calcaires lacustres

Les différents niveaux de calcaires lacustres constituent des réservoirs dont les eaux sont arrêtées par divers niveaux argileux : dépôts sénoniens argilo-siliceux, argiles de l'Eocène continental ; à l'intérieur

même des formations lacustres, des lits argileux constituent des niveaux d'arrêt pour les eaux qui circulent dans les bancs calcaires.

Les calcaires lacustres de la vallée du Loir, très argileux et riches en bancs de meulière ne constituent pas un milieu favorable au développement de phénomènes karstiques. Pour les "calcaires de Touraine" la situation est variable ; très argileux au Nord de la Loire ils ne donnent pas lieu à des circulations karstiques, par contre en Champagne-tourangelle celles-ci prennent de l'importance et conduisent à d'importantes exurgences (vallée de l'Indre, région de Fondettes, etc.), on observe même localement (plateau situé entre les vallées de l'Indre et de l'Echandon) des dolines dues à l'effondrement des calcaires sous-jacents.

Les calcaires de Beauce (Aquitaniens) sont très peu représentés dans la région étudiée et ne constituent pas un niveau aquifère important ; cependant ils sont très sensibles à la karstification, malgré le fait qu'ils soient peu représentés, qu'ils ne renferment pas une grande quantité d'eau et que ce niveau ne soit pas en relation avec une surface d'eau libre, ils ont donné lieu à de nombreux effondrements.

5.1.6 - Les alluvions

Les alluvions modernes renferment dans les grandes vallées une nappe importante. Dans les régions de Chinon et de Saumur il y a au sein des alluvions un niveau argileux, noir à vert sombre, qui peut atteindre 3 m d'épaisseur. Cet horizon imperméable détermine deux nappes superposées. Dans les vallées secondaires, les alluvions peu épaisses renferment souvent de la tourbe et des niveaux argileux qui isolent alors les eaux des alluvions de celles des terrains constituant les versants.

L'examen de différentes cartes hydrologiques (CAUDRON, 1968 ; LIMASSET et TALBO, 1971 ; DESPREZ, 1969 ; ALBINET, COTTEZ, LECOINTRE, 1964) montre qu'en général les rivières craignent les eaux des alluvions et celles de la craie.

5.1.7 - Les terrains de couverture

Les limons de plateaux, les sables et graviers mio-pliocènes, du fait de la finesse des dépôts et des teneurs en argiles sont très peu perméables et sont à l'origine d'un ruissellement et parfois d'un ravinement important.

La nature du substratum et la pente des terrains jouent un rôle important dans le drainage des formations superficielles ; ainsi les argiles à poudingues (Miocène) très mal drainées sur les plateaux le sont très bien dès que la pente atteint une dizaine de degrés. En milieu plat les sables du Miocène supérieur qui reposent sur l'argile sénonienne sont très mal drainés, alors qu'ils le sont très bien quand ils reposent sur le tuffeau du Turonien supérieur.

5.2 - Relations entre l'hydrogéologie et les mouvements de terrains

Certaines des caractéristiques qui viennent d'être énumérées ont une influence, directe ou non, sur la stabilité des terrains.

Le caractère karstique des circulations de certains aquifères n'apparaît pas comme un facteur important d'effondrement, seuls les calcaires de l'Aquitainien (très peu représentés) ont donné lieu à des mouvements fréquents ; localement les calcaires lacustres de Touraine peuvent être à l'origine d'effondrement. En bordure des vallées les cavités naturelles s'ajoutent aux excavations creusées par l'homme pour miner les côteaux, toutefois elles résultent de phénomènes lents et perturbent moins l'équilibre des falaises que les anciennes carrières souterraines.

Les formations superficielles en général mal drainées n'assurent pas la régulation des ruissellements épidermiques ; ceci est localement à l'origine de ravinements importants. Nous avons pu observer à la suite d'une longue période pluvieuse des accumulations d'eau sur 10 cm et plus de hauteur, dans les sillons ménagés dans les vignes ; ces eaux se sont infiltrées progressivement et sont venues inonder des cavités creusées à la base du coteau ; de tels écoulements, subverticaux, ne contribuent pas à la stabilité des excavations que l'on trouve à différents niveaux des côteaux.

La nappe des "calcaires lacustres de Touraine" est à l'origine de mouvements dans les dépôts argilo-siliceux du Sénonien. On peut observer à proximité du contact calcaire lacustre-argiles une amplification des mouvements de fluage qui affectent ces dernières ; il est vraisemblable que ceci provienne du surplus d'eau apportée par la nappe des calcaires.

En bordure des versants rocheux et escarpés, la fracturation qui provient :

- d'un jeu tectonique ;
- d'une décompression des versants ;
- éventuellement des mouvements qui affectent les cavités souterraines ;

joue un rôle important dans l'apparition des mouvements de type écroulements ; ce sont en effet des discontinuités mécaniques, des plans de moindre résistance. Mais l'eau qui est susceptible de circuler dans ces fractures peut être un facteur déterminant dans l'apparition des chutes de blocs.

On sait en effet (PATTON et DEERE, 1970) que les roches fissurées se comportent différemment des sols en ce qui concerne l'infiltration des eaux pluviales (à titre d'exemple (figure n° 43) l'infiltration est trente fois plus élevée dans un massif rocheux fracturé que dans un sol d'indice des vides 100 %, la précipitation et le débit évacué étant les mêmes dans les deux cas).

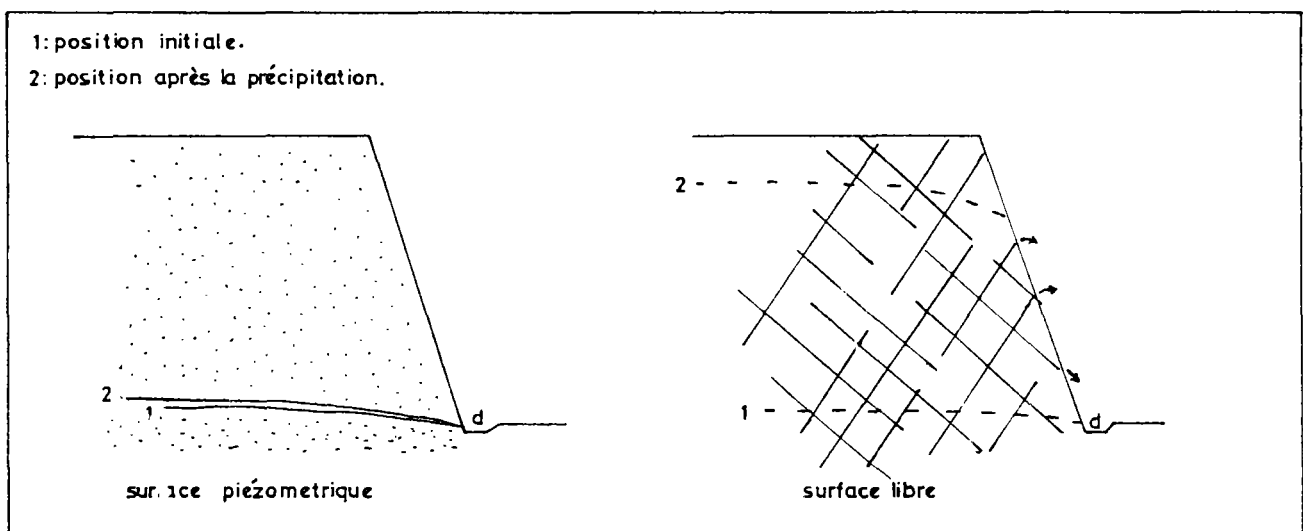


Fig. 43: Fluctuations comparées de la surface de l'eau dans un massif constitué par un sol et dans un massif rocheux fracturé pour la même pluie et le même débit évacué par le drain "d".
(d'après P. ERNEK, 1976)

On voit que l'eau de pluie va s'infiltrer très rapidement dans les fractures, et que les écoulements et les pressions seront rapidement modifiés. Or l'eau intervient dans l'équilibre des massifs rocheux fracturés par la pression qu'elle exerce sur les côtés des blocs désolidarisés. Considérons en effet l'équilibre d'un bloc pesant (figure n° 44), celui-ci est soumis :

- à son poids (W)
- à la pression hydrostatique (V) de l'eau située derrière le bloc (fissure)
- à la pression interstitielle (U) de l'eau le long de la surface S du bloc.

s'il existe une cohésion (c) le long de la surface S et si ϕ est l'angle de frottement interne, l'équilibre limite de ce bloc désolidarisé du massif a pour équation :

$$W_t = c \cdot S + W_n \cdot \text{tg } \phi$$

En présence d'eau l'équation de l'équilibre limite devient :

$$W_t + V = (W_n - U) \cdot \text{tg } \phi + c \cdot S$$

La présence d'eau dans la fissure derrière le bloc augmente les forces motrices ; si cette eau peut s'écouler sous le bloc les forces motrices vont diminuer, par contre un régime permanent va apparaître lors de la vidange de la fracture, un gradient va s'établir et les sous-pressions vont devenir maximales ce qui ne va pas dans le sens de la stabilité.

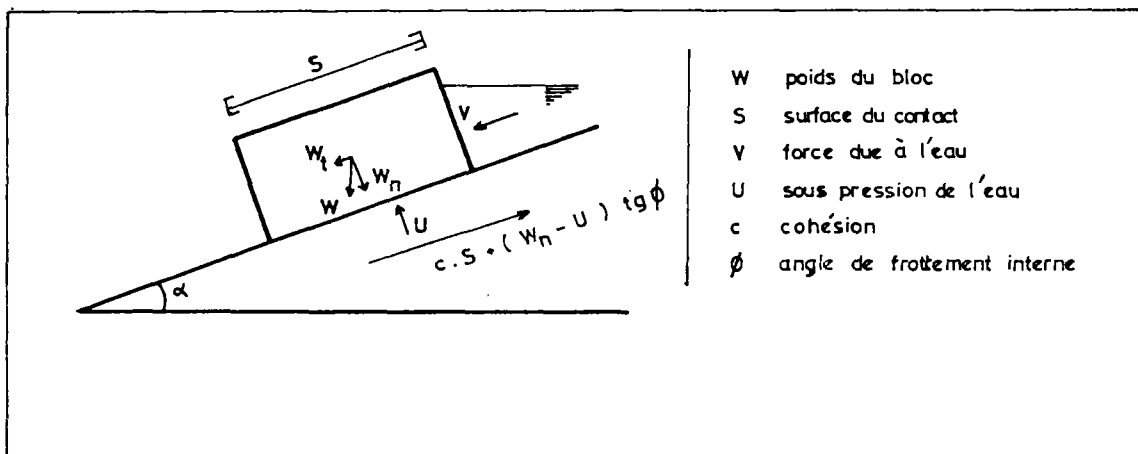


Fig. 44 : Equilibre d'un bloc pesant.

Le rôle mécanique de l'eau infiltrée, à la suite de précipitations intenses, dans les fractures développées en bordure des versants n'est pas à négliger, il s'agit d'un mécanisme propre à déclencher la chute de blocs, de toutes tailles, en équilibre instable. C'est très vraisemblablement à un processus de ce type qu'il faut attribuer la chute d'un bloc de 40 T, en mai 1931 à Vendôme.

6 - LES VIDES SOUTERRAINS ARTIFICIELS

Ces cavités, très nombreuses en Touraine, peuvent se classer en deux catégories :

- les habitations troglodytes et cavités à usages divers ; elles sont individuellement de modeste dimension, excepté lorsqu'elles sont aménagées dans d'anciennes carrières souterraines ; mais leur juxtaposition et leur superposition conduisent à des volumes de vides importants.

- les carrières souterraines; abandonnées pour la plupart à l'heure actuelle, elles sont très nombreuses. Les conditions initiales d'exploitation et l'évolution que ces cavités ont subi au cours du temps compromettent souvent la stabilité des versants et celle des terrains qu'elles minent.

6.1 - Les cavités à usage d'habitation ou de remise

Ces cavités appelées "caves" dans la région sont extrêmement nombreuses.(Un recensement effectué au XIX siècle à Vouvray (Indre-et-Loire) en dénombrait 1 100 dans cette seule localité).

Situées pour la plupart en bordure des vallées, elles correspondent à un développement de l'espace habitable ou utilisable qui préservait les espaces cultivables. Elles constituaient autrefois le refuge d'une population pauvre ; chacun agrandissait sa demeure au gré des besoins, sans prendre la moindre précaution. De ce fait, certains sites : coteau Sainte-Radegonde à Chinon, coteau de Langeais, de Lignièrès, de Vouvray, etc., sont minés par de ces caves dont le développement anarchique a conduit à des superpositions et des juxtapositions qui compromettent la stabilité des versants.

Excepté lorsqu'elles sont aménagées dans d'anciennes carrières ces "caves" sont très souvent creusées dans un matériau de médiocre qualité: roche altérée, peu cohérente. Installées en bordure des versants elles recoupent les fractures de décompression. Cette décompression est souvent aggravée par les travaux de déroctage mené par l'homme ; en effet dans nombre d'endroits des terrasses et des chemins d'accès aux niveaux supérieurs de caves ont été taillées dans les versants (fig. n° 45). Enfin, certaines caves recoupent des niveaux aquifères pour lesquels elles constituent des drains.

Les levés de précision réalisés lors de l'étude des caves de Vouvray-sur-Loir dans la Sarthe (DUBUS, 1967) représentent bien les problèmes posés par ces cavités. Sur 30 caves juxtaposées à une même cote d'altitude on relevait des épaisseurs de piédroit variant de 0,05 à 5,20 m avec une moyenne de 0,56 m pour les épaisseurs minimales et 2 m pour les épaisseurs maximales. On notait également des variations d'épaisseur de 0,05 à 2 m sur le même pilier.

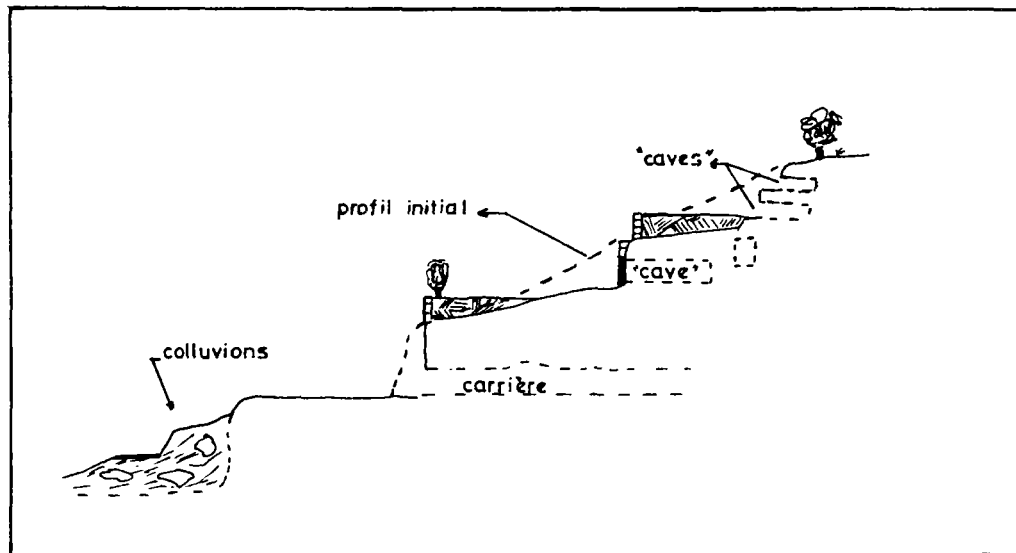
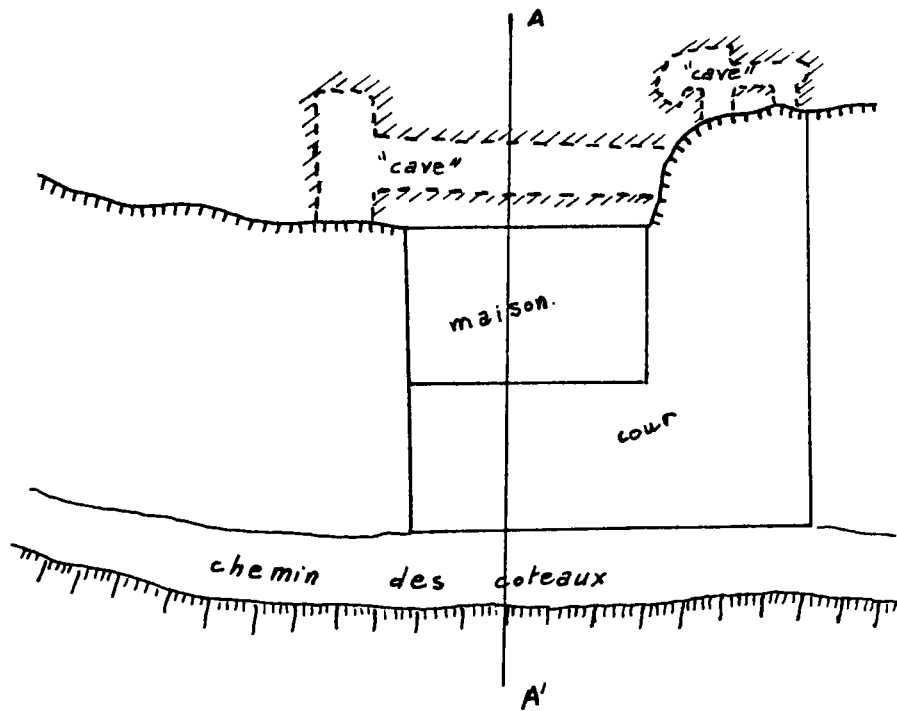
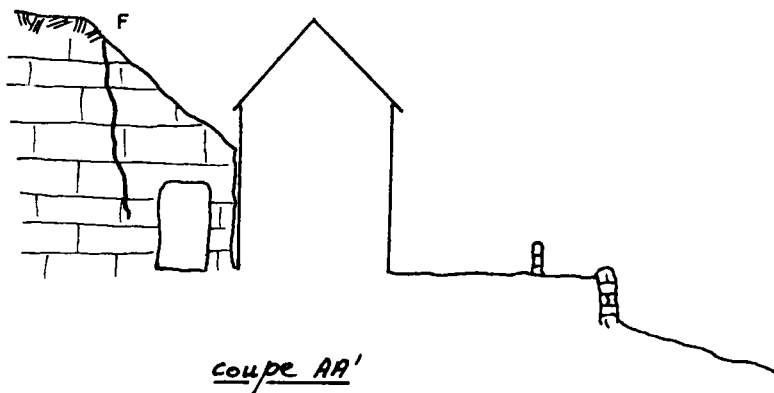


Fig. 45 : Coupe schématique d'un versant retouché par l'homme

Sur 26 caves en superposition plus ou moins partielle on notait des séparations variant de 0,10 à 3 m avec une moyenne de 1,8 m. Sur 13 caves qui passent sous une route secondaire les épaisseurs de voûtes variaient de 1,95 à 8,9 m avec une moyenne de 4,4 m.



plan.



coupe AA'

La robustesse de la maison et le fait qu'elle jouxte la barre rocheuse ont limité l'extension de l'éroulement dû :

- à l'existence d'une "cave"
- à une fracture de décompression (F)
- à la rupture du pilier séparant cave et maison.

Fig. 46 : Eroulement de Draché en 1880: plan et coupe.
(échelle approximative : 1/125)

Ces cavités se révèlent aussi dangereuses que les carrières souterraines et sont à l'origine :

- d'écroulement ;
- d'effondrement ;

ces derniers mouvements sont toutefois localisés la plupart du temps en bordure des versants contrairement à ceux induits par les anciennes carrières (les "caves" s'ouvrent rarement sur les plateaux et la plupart ne dépassent pas 50 m de longueur). La figure n° 46 illustre un des types de mouvements dont ces cavités peuvent être responsables ; l'écroulement est survenu en 1887 à Draché (Indre-et-Loire) une fissure de décompression (F) inclinée à 80° sur l'horizontale individualisait une masse de 30 m^3 environ de matériau (tuffeau jaune à cherts du Turonien supérieur), par ailleurs une cave ne laissait qu'un piédroit de 50 cm d'épaisseur entre elle et la maison. La rupture de ce pilier a entraîné la chute des matériaux situés entre la fracture et la maison qui a toutefois résisté. La présence de vides permet aux masses individualisées du reste du massif par des fractures de décompression d'acquérir un mouvement de rotation lorsque les piliers fréquemment insuffisants se rompent. Il est en effet rare que des couches susceptibles de déformations (argiles, sables) affleurent à la base des versants, et comme d'autre part les fractures de décompression ont un fort pendage (70 à 80°) les volumes désolidarisés du massif et susceptibles de glisser le long de ces discontinuités sont peu importants ; c'est la présence de cavité qui est à l'origine de mouvements importants (fig. n° 47).

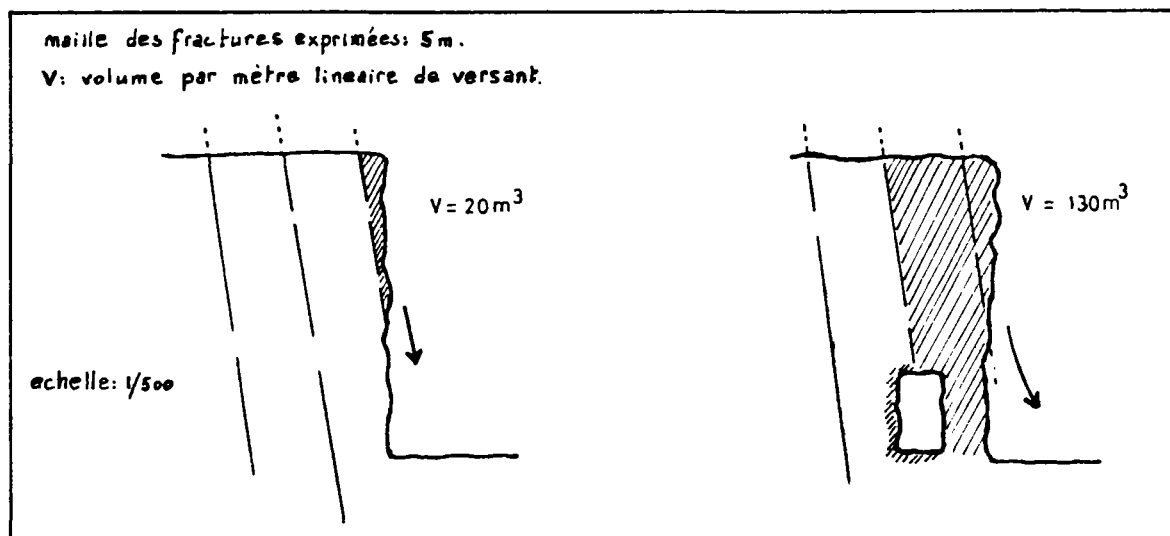


Fig. 47 : Influence des caves sur le volume de matériau susceptible d'être mis en mouvement.

Dans le cas où les groupements de caves sont importants, on assiste souvent à des mouvements en chaîne, la ruine d'une cave entraîne souvent celle des caves susjacentes.

6.2 - Les carrières souterraines

Les exploitations souterraines étaient très nombreuses en Touraine ; à titre d'exemple le seul inventaire de 1843 en recensait 142 en Indre-et-Loire et 113 dans le Loir-et-Cher, encore s'agissait-il des carrières en exploitation. Le nombre de ces cavités peut être estimé à 2 000.

6.2.1 - Les différents niveaux exploités

Le Turonien inférieur

La craie argileuse était utilisée au XVIII^e siècle pour sa tendance à donner du salpêtre, des excavations ont été creusées pour le ramassage de ce salpêtre qui servait à la fabrication de la poudre. Vers 1715, trente six entreprises, plus ou moins artisanales, en fournissaient 150 à 200 t par an aux poudreries.

L'exploitation de la craie argileuse pour la construction a été limitée en raison des mauvaises qualités de la pierre : tendance à donner du salpêtre, diaclasage important des bancs, insuffisance de dureté. Néanmoins on a extrait des moellons destinés à la construction rurale, il s'agissait en général d'exploitations artisanales. Localement, lorsque la craie s'enrichit en glauconie et que sa teneur en argile diminue, on trouve des carrières d'où l'on extrayait des moellons (La Roche-Posay, Yzeures). Ces faciès particuliers sont liés à la proximité des bordures du bassin de sédimentation ce qui peut constituer un guide de recherche intéressant.

L'utilisation majeure de cette craie correspond à l'extraction de pierre à chaux. Les carrières, souterraines pour la plupart, sont en général localisées dans les vallées, ce qui facilitait l'exploitation (affleurement des bancs en versant, transport, le cas échéant, des matériaux extraits par voie fluviale). En général les fours à chaux étaient situés à proximité des lieux d'extraction. L'apport d'éléments détritiques siliceux

(lié à la proximité des limites du bassin de sédimentation) rend la "craie argileuse" impropre à cet usage ; c'est pourquoi le Turonien inférieur n'a pas été exploité au Nord de la Loire (Bourgueil, Beaumont-en-Véron). Il en est de même dans la vallée du Loir où la craie est trop riche en silice. Les grandes exploitations se situaient dans la vallée de la Vienne (Trogues, Ligueil, Crouzille, Ports-sur-Vienne,...).

Le Turonien moyen

Le "tuffeau de Bourré" qui fournit une très belle pierre de taille, tendre donc facile à travailler, quand elle contient encore son eau de carrière, a été intensément exploité dans les zones suivantes :

- vallée du Cher aux confins de l'Indre-et-Loire et du Loir-et-Cher
- vallée de l'Indre dans le Lochois
- vallée de la Loire en aval de Tours (St Patrice, Langeais, Cinq Mars-la-Pile...)
- vallée de la Vienne (Panzoult, Sazilly, Noyant)
- plateau de Ste Maure.

Dans le Maine-et-Loire, on trouve une variété de tuffeau plus sableuse qui a été exploitée en rive gauche de la Loire de Gennes à Candès, et dans le Sud de ce département.

Toutes les exploitations étaient souterraines en raison de l'altération de la pierre à proximité des affleurements.

Tout comme les carrières situées dans le Turonien inférieur, celles du Turonien moyen sont localisées la plupart du temps en bordure des plateaux ce qui en facilitait l'accès et permettait d'utiliser les voies navigables pour transporter les pierres extraites qui étaient employées en Touraine et en Anjou, mais qui ont été exportées jusqu'à Nantes.

Le Turonien supérieur

Les différents niveaux du "tuffeau jaune" ont été exploités pour divers usages :

- moellons
- pierre de taille
- amendement calcaire.

On trouve, à la base de l'étage, un niveau de pierre tendre dépourvue de chert et de silex, peu glauconieuse, de couleur blanche à jaune et à patine grise. Cette roche a été exploitée pour la confection de pierres de taille dont la qualité arrivait à égaler celle du tuffeau de Bourré (carrières à Montlouis-sur-Loire, Vouvray, Rochecorbon, Tours, etc.). Suivant les endroits le niveau exploitable se présente sous forme d'une barre ou en deux à trois bancs ; l'épaisseur utile dépasse rarement deux mètres.

A Saint-Avertin (localité située en rive gauche du Cher en amont de Tours), un faciès particulier : la pierre d'Ecorcheveau qui est une craie sableuse, indurée, de couleur jaune, a été activement exploitée, à ciel ouvert mais aussi dans de grandes carrières souterraines. Au Sud-Est de la région étudiée, on trouve au sommet du Turonien un calcaire spathique et siliceux, très détritique et très dur, qui résiste au gel et ne donne pas de salpêtre (Pierre de Clion). Il a été généralement exploité à ciel ouvert, on trouve toutefois des carrières souterraines à Loches, Sainte-Maure, Cangey et au Grand-Pressigny.

En Touraine occidentale le tuffeau, riche en éléments détritiques et en glauconie, a servi pour confectionner des moellons ; mais les carrières souterraines étaient rares. Le Turonien supérieur a également été exploité pour fournir un amendement calcaire aux sables miocènes très argileux et pauvres en chaux. Les carrières étaient le plus souvent du type "à ciel ouvert", il existe cependant d'anciennes exploitations souterraines à Gizeux et sur le plateau de Monnaie (Indre-et-Loire).

Le Sénonien

Le niveau du calcaire spathique de Cangey qui appartient à l'horizon de la craie de Villedieu fournissait de la pierre de taille et des moellons et a fait l'objet d'exploitations souterraines importantes. Ce niveau n'existe plus au Sud de la Loire et à l'Ouest du méridien de Tours, ce qui restreint le nombre de cavités intéressant le Sénonien dans cette zone. Cependant la craie de Villedieu a été exploitée à Saint-Paterne-Racan et à Civray de Touraine pour la construction. Elle a également fait l'objet d'exploitations souterraines à Fortan et à Monnaie d'où l'on extrayait des matériaux pour amendement. A notre connaissance la "craie de Blois" n'a fait l'objet d'aucune carrière souterraine. En Anjou, le Sénonien est représenté par des sables et n'a donné lieu à aucune exploitation souterraine.

Autres niveaux exploités en carrières souterraines

- Les "calcaires lacustres de Touraine" ont fait l'objet d'exploitations sur les plateaux de Monnaie et de Montreuil

- L'Helvétien a été exploité en Maine-et-Loire ; les faluns d'Anjou se présentent sous forme d'un calcaire construit à Algues et Polypiers riches en débris coquilliers et en quartz, ils fournissaient de la pierre de taille.

- Dans la région de Baugé (Maine-et-Loire) des carrières souterraines exploitaient les calcaires du Bajocien pour pierre de taille.

Nous avons reporté sur la carte de la figure n° 48 toutes les zones d'exploitation dont nous avons connaissance, en mentionnant l'étage exploité et l'usage de la pierre extraite. Les numéros portés sur cette carte renvoient au tableau de l'annexe n° 3. Cet inventaire n'est pas exhaustif, nous avons utilisé :

- l'inventaire des carrières de 1889, les archives du Service des Mines (AN F/14 8 223, AD du Loir-et-Cher 8S11 et 8S13, AD du Maine-et-Loire 136 S 26) ;
- les renseignements fournis par le Service des Mines de Tours ;
- les relations d'accidents ayant trait à des carrières souterraines recensés au fichier ;
- nos observations de terrains.

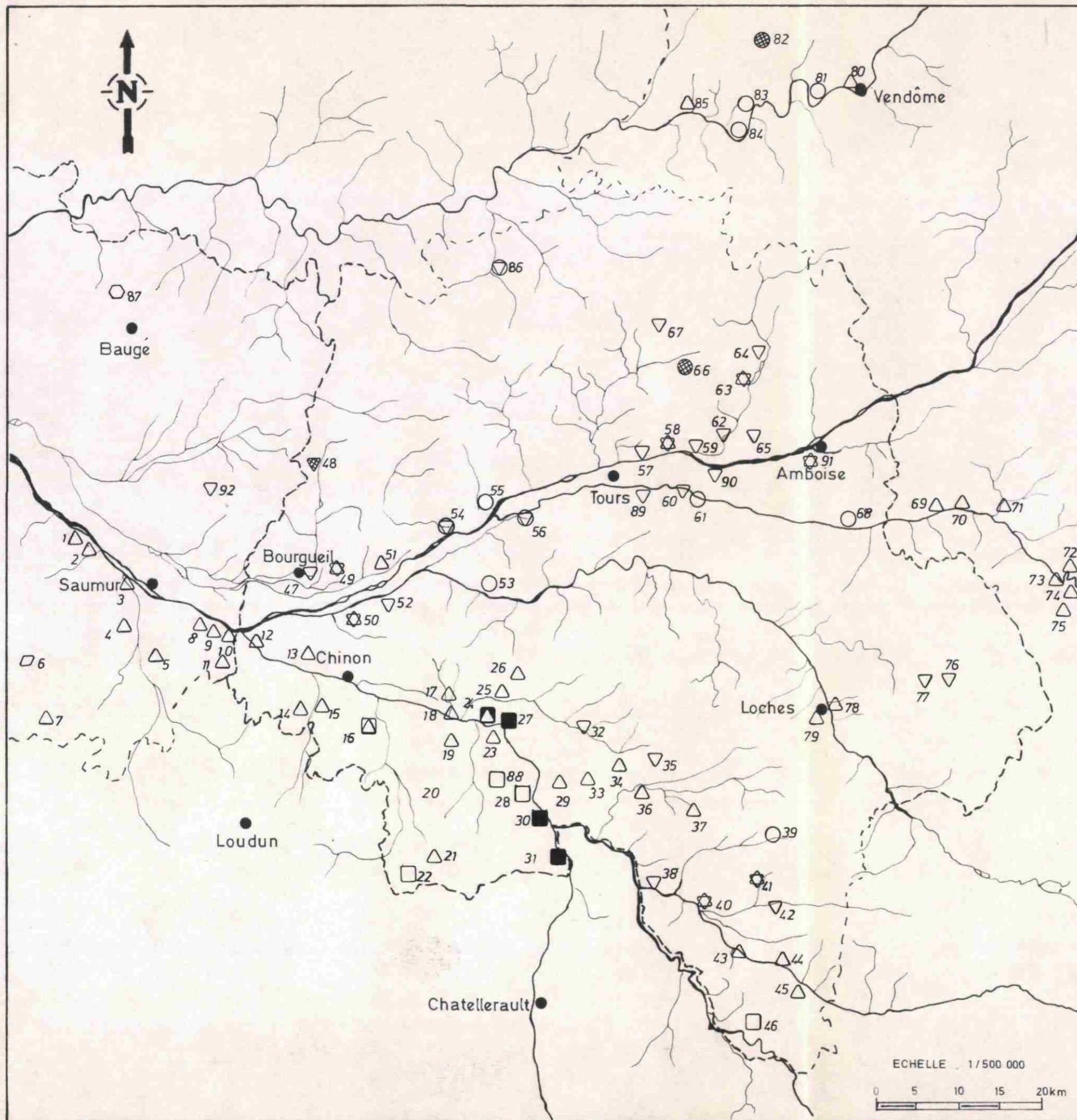
Si nous pensons avoir cerné la majorité des zones d'exploitations, il est certain que nous n'avons pas connaissance de toutes les carrières souterraines de Touraine.

6.2.2 - Les méthodes d'exploitation

L'extraction se faisait au pic et au coin de bois, les panneaux abattus étaient en général débités sur place ; suivant les dimensions des galeries les blocs ainsi obtenus étaient évacués par charriot, ou à dos d'homme.

Accès des carrières

Les carrières s'ouvrent dans les versants ce qui limite en général les zones exploitées aux abords des plateaux, cependant certaines car-



Carrières souterraines de Touraine

Carte des principales zones d'exploitation

NIVEAU EXPLOITE

- ◊ Helvétien
- Sénonien
- ▽ Turonien supérieur.
- △ Turonien moyen.
- Turonien inférieur.
- ◊ Bajocien.

USAGE DES MATERIAUX EXTRAITS

- pierre de taille - pierre à bâtir.
- pierre à chaux.
- ▨ amendement.

56

numéro de renvoi à la liste de l'annexe III

nières peuvent s'enfoncer fort loin sous les plateaux (cf. post., § 6.2.3) très souvent, pour ne pas allonger les trajets, l'exploitation était menée parallèlement plutôt que perpendiculairement au versant ; de nouvelles entrées étaient aménagées au gré des besoins. Dans quelques cas cependant, l'exploitation s'éloignait du versant, et des accès pour les ouvriers étaient aménagés à partir des plateaux. A notre connaissance il n'y a que sur les plateaux de Montreuil et Monnaie qu'il existe des marnières dont l'accès se faisait à partir d'un puits de descente donnant sur des galeries rayonnantes (fig. n° 49).

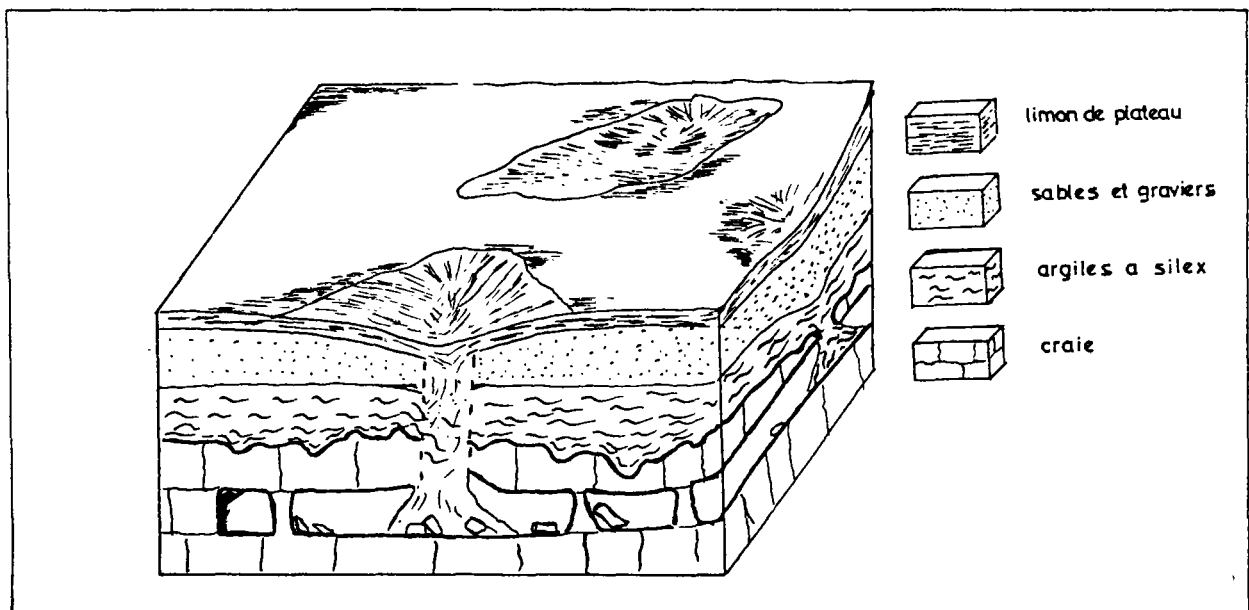


Fig.49 type des marnières des plateaux de Monnaie et Montreuil (état actuel)

Méthode d'extraction

Les exploitations étaient conduites :

- sur un seul banc : carrières de Rochecorbon, de Montlouis, etc.
- ou sur plusieurs bancs : dans ce cas il y avait trois façons de procéder :

- . exploitation en "haut-banc" : on extrayait le banc supérieur au banc qui venait d'être exploité en prenant appui sur les déblais du premier chantier

- . exploitation en "sous-banc" (encore appelée exploitation sur un banc pris "en seconde bille") : le premier banc exploité était le niveau supérieur, les galeries étaient ensuite agrandies aux dépens du mur.

. enfin une méthode consistait à reprendre l'exploitation à un niveau inférieur en laissant une séparation entre les deux niveaux exploitables.

La dernière méthode d'exploitation a souvent conduit à des superpositions de cavités avec des piliers en porte-à-faux, par contre les exploitations en "haut-banc" et en "sous-banc" ont conduit à des galeries de grandes hauteurs (10 m et plus).

Soutènement des exploitations

On rencontre en Touraine plusieurs types de soutènement :

- les exploitations par piliers tournés ont conduit à deux types de piliers :

. les piliers isolés : deux réseaux de galeries parallèles amenaient à la disposition représentée sur la figure n° 50

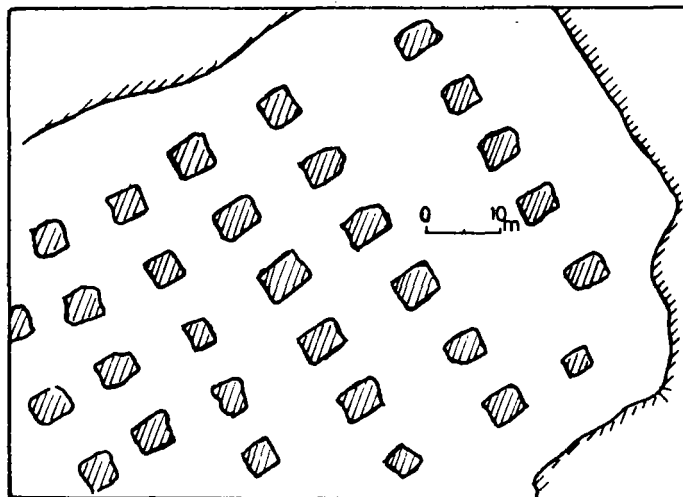


Fig. 50 : Soutènement par piliers isolés.

. les piliers longs : il s'agit encore d'une exploitation par piliers tournés mais il n'existe qu'un réseau principal de galeries, en général parallèles, entre lesquelles subsistent des piliers dont l'épaisseur est faible par rapport à la longueur (figure n° 51). Ce type de pilier est très répandu dans la région étudiée.

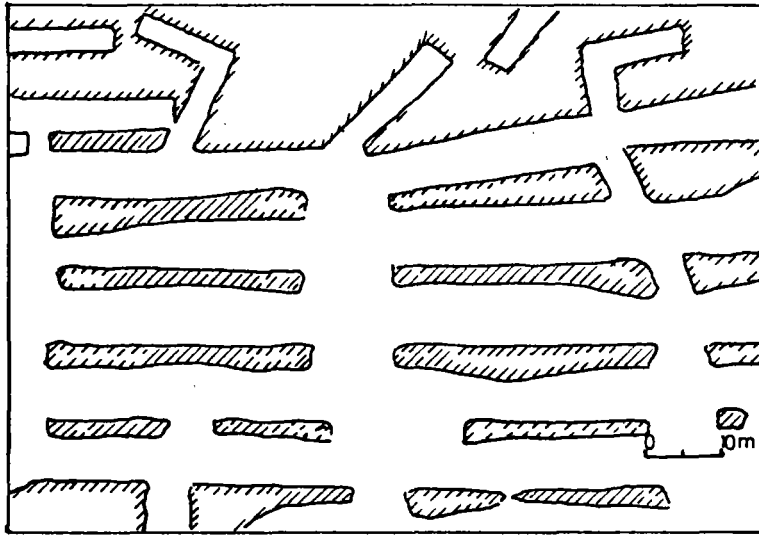
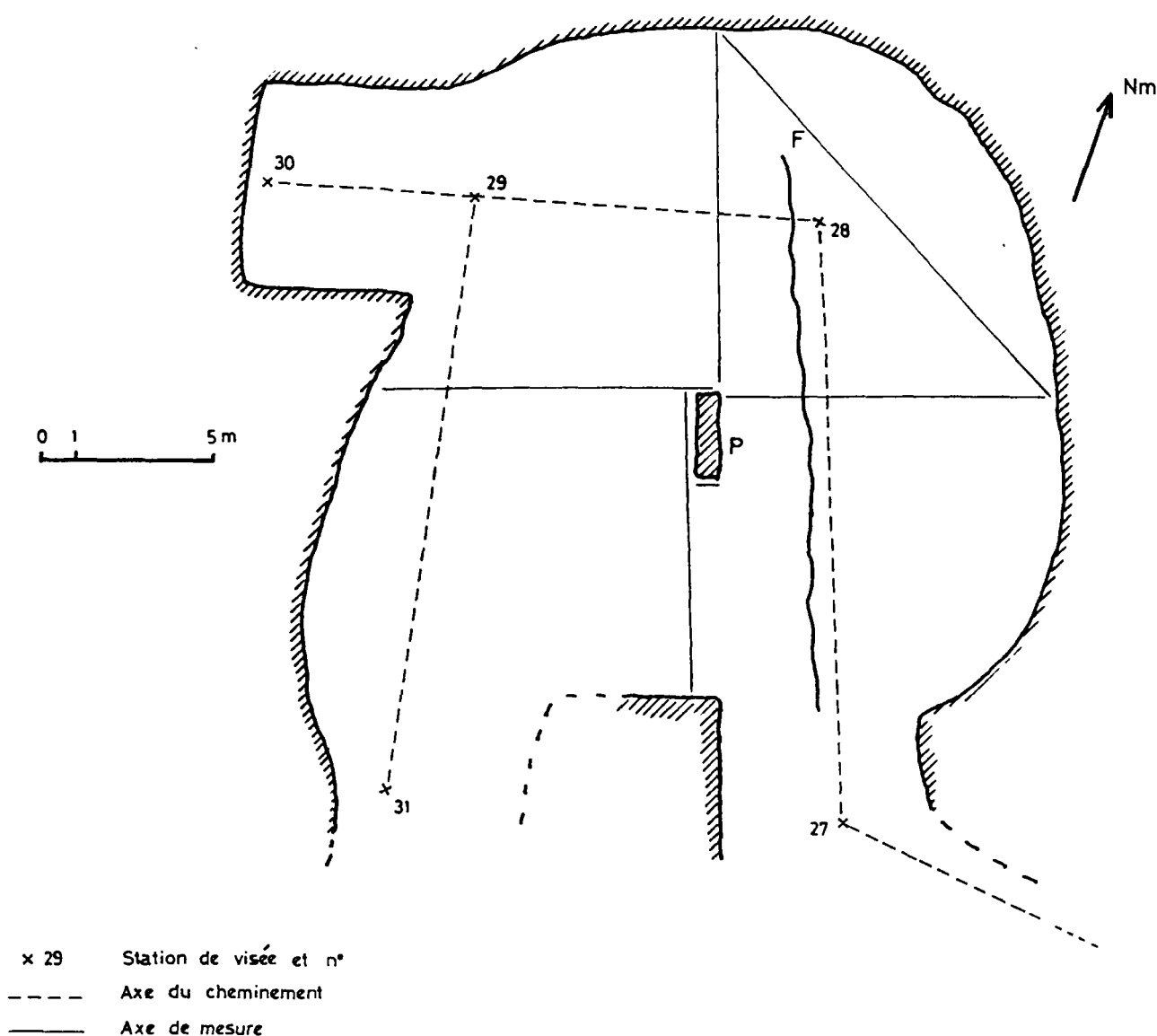


Fig. 51 : Soutènement par piliers longs.

- les exploitations par chambres ; elles sont assez rares en Touraine étant donné la faible puissance des bancs utilisables ; on en connaît dans le Maine-et-Loire, à Douces et à Montigné, ces carrières se présentent comme la juxtaposition de chambres de 12 à 20 m de côté, hautes de 18 à 19 m et rétrécies en ogives à leur sommet ; les chambres sont séparées les unes des autres par des piliers peu épais (parfois un mètre d'épaisseur à la base).

On relève de nombreuses dispositions de soutènement dans les carrières à partir de la combinaison des différentes méthodes d'extraction et de soutènement ; il n'est pas rare de rencontrer dans une carrière dont le soutènement est assuré par des piliers longs des zones où il y a des piliers isolés (carrières des Basses-Rivières à Rochecorbon, et de Beauregard par exemple). Dans la carrière du Chemin des Grottes (Tours-Sainte-Radegonde) nous avons trouvé trois salles circulaires de 20 mètres de diamètre pour deux mètres de hauteur alors que le reste de la carrière présente des piliers longs (fig. n° 52).

De façon générale les exploitations menées sur un seul banc par piliers longs sont très fréquentes dans le Turonien supérieur ; elles sont fréquentes dans le Turonien inférieur (craie argilleuse) où l'on rencontre également des carrières à piliers isolés et où souvent l'extraction s'est faite sur plusieurs bancs. La craie du Turonien inférieur est très fracturée et son exploitation nécessitait souvent la mise en place d'un boi-



La carrière du chemin des grottes montre trois autres chambres de ce type, mais sans pilier central; il est vrai qu'elles présentent en toit d'importantes cicatrices d'éroulement (volume tombé supérieur à 500 m^3), il y avait donc peut être un pilier à l'origine. Dans le cas illustré ci dessus le pilier (P) de $0,6 \times 2,5\text{ m}$ est cisailé et présente une forme en diabolo. Par ailleurs une fracture F, dont l'ouverture atteint 10 mm à certains endroits, se suit dans toute la chambre; sa profondeur est d'au moins 10 cm et elle recoupe, au minimum, deux niveaux de décollement. Au droit de cette fissure on observe un alignement de petits cailloux, ce qui laisse penser qu'elle est active. D'autres fissures, moins importantes mais atteignant partiellement le premier niveau de décollement, déterminent avec la fissure F des coins dont certains sont déjà tombés.

Fig.52 : Carrière du Chemin des Grotte à Tours; une des chambre d'exploitation.

sage pour éviter la chute du toit. Les exploitations sur plusieurs bancs, (carrières superposées ou extractions en "haut-banc" et en "sous-banc") sont répandues dans le Turonien moyen ; le soutènement est assuré indifféremment par des piliers longs ou des piliers isolés.

6.2.3 - Dimensions des carrières

Hauteur des galeries

Elles sont très variables et sont fonction de l'épaisseur des niveaux exploitables et de la méthode d'extraction employée. Dans le Turonien inférieur (exploitation pour chaux hydraulique) on a des hauteurs de galeries atteignant souvent 5 à 6 m. Dans le Turonien moyen les galeries ont des hauteurs de 3 à 5 m pour les carrières d'Indre-et-Loire et du Loir-et-Cher, plus importantes (4 à 6 m) pour les carrières du Maine-et-Loire. Les exploitations du Turonien supérieur pour pierre de taille ont des hauteurs dépassant rarement deux mètres.

Largeur des galeries

Si la hauteur des galeries tenait à l'épaisseur exploitable, la largeur résulte le plus souvent de choix empiriques ; elle varie suivant le lieu et le niveau exploité de 3 à 20 mètres avec une valeur moyenne de 6 mètres.

Extension des carrières

Le développement des exploitations, de même que le taux de défruits^{*} sont extrêmement variables. Certaines exploitations artisanales, non reprises par la suite, pénètrent de 10 à 60 m à l'intérieur des versants ; par contre il y a des carrières qui se prolongent jusqu'à deux kilomètres de versants (Maine-et-Loire).

La surface occupée par chaque carrière est également très variable de même que la surface défilée (celle-ci est en général plus importante dans les exploitations à piliers isolés que dans celles menées par piliers longs).

* Le taux de défruits est le rapport, exprimé en pourcentage de la surface des vides sur la surface totale de la carrière.

Extension, surface et taux de défrètement des exploitations sont peu liés à la nature des niveaux exploités et tiennent plus au nombre de carriers qui se sont succédés dans les carrières, à la surveillance qui était exercée sur les exploitants...

6.2.4 - Les conditions d'exploitation

D'une façon générale les exploitations étaient menées de manière très imprudente ; les nombreux accidents survenus pendant la période d'extraction en témoignent :

- écoulement généralisé d'une carrière de craie argileuse à Ports en 1880 (25 morts) ;

- affaissement progressif en deux ans (1888-1889) de la carrière du Bois Audais à Crissay-sur-Manse, ce qui oblige à abandonner l'exploitation,... A côté de ces accidents de grande ampleur, de nombreux mouvements de moindre importance se produisent ; des statistiques établies par le Service des Mines au XIX siècle font ressortir une moyenne de cinq accidents mortels par an.

Nombre de carrières étaient propriété communale et louées à l'année à un ou plusieurs carriers qui y installaient leur chantier. La succession de différents exploitants était lourde de conséquence ; l'abattage d'un pilier sur deux ou trois dans les exploitations à piliers isolés, ou de deux mètres de pilier long tout les trois mètres de galerie étaient des pratiques très répandues. Très souvent les matériaux provenant d'éboulement étaient déblayés, ce qui détruisait l'état d'équilibre qui s'était instauré à la suite du mouvement. La présence de plusieurs chantiers dans une même carrière et l'absence de plan d'exploitation, on conduit à nombre d'erreurs ; nous avons pu observer dans de nombreuses carrières des piliers qui avaient été manifestement attaqués par mégarde. Quant aux exploitations menées sur plusieurs étages, les relevés topographiques de précision font apparaître des piliers disposés en porte à faux et de faibles séparations entre les niveaux exploités.

Par la suite, le morcellement des cavités souterraines entre différents propriétaires, l'installation de champignonnières et l'aménagement de caves dans les exploitations abandonnées, n'ont pas favorisé leur stabilité. Certaines galeries qui avaient été remblayées spontanément par les carriers (exploitation en "haut-banc") ou à l'instigation du Service des Mines, ont été déblayées par la suite ; nous possédons un document du XIX siècle émanant du Service des Mines (A.D. Loir-et-Cher) qui signale que le remblai mis en place dans une carrière sur ordre de ce service avait été extrait et revendu par des habitants de la commune.

Enfin, des moyens insuffisants rendaient inefficaces tous les règlements en vigueur depuis 1810* en ne permettant pas au Service des Mines d'exercer un contrôle régulier des exploitations. Certaines d'entre elles, d'ailleurs, étaient clandestines et échappaient à toute inspection tant qu'il ne s'y produisait pas d'accident grave.

6.2.5 - Conditions de stabilité des carrières souterraines

On peut distinguer (ALLARD, 1975) deux types de phénomènes, d'échelles différentes, qui interviennent dans la stabilité des carrières souterraines :

- les mécanisme mis en jeu lors de l'ouverture de la carrière : il y a perturbation des contraintes qui règnent dans le massif et concentration des contraintes sur les piliers par l'intermédiaire du banc formant le toit de l'exploitation. En fonction de l'épaisseur de la dalle du toit et de sa rigidité et de l'épaisseur du recouvrement, le toit de la carrière va subir des déformations plus ou moins importantes (qui peuvent se traduire par sa fracturation, voire sa chute) ; les études de convergence* menées sur des carrières en exploitation (MERRIL et PETERSON, 1961 ; NILSON, 1972) montrent que cette convergence est importante durant l'exploitation et diminue considérablement dès que cessent les travaux.

* En Touraine les premières exploitations importantes remontent à la fin du XIV siècle, période à laquelle le Service des Mines n'existait pas.

- les phénomènes lents, différés, qui affectent les carrières abandonnées. Les expériences menées en laboratoire (essai de chargement prolongé) et celles menées *in situ* (TINCELIN et SINOUE, 1962) montrent que le matériau soumis à l'essai (celui qui constitue en carrière les piliers et le toit) se déforme lentement au cours du temps bien que la charge appliquée reste constante (fig. n° 53).

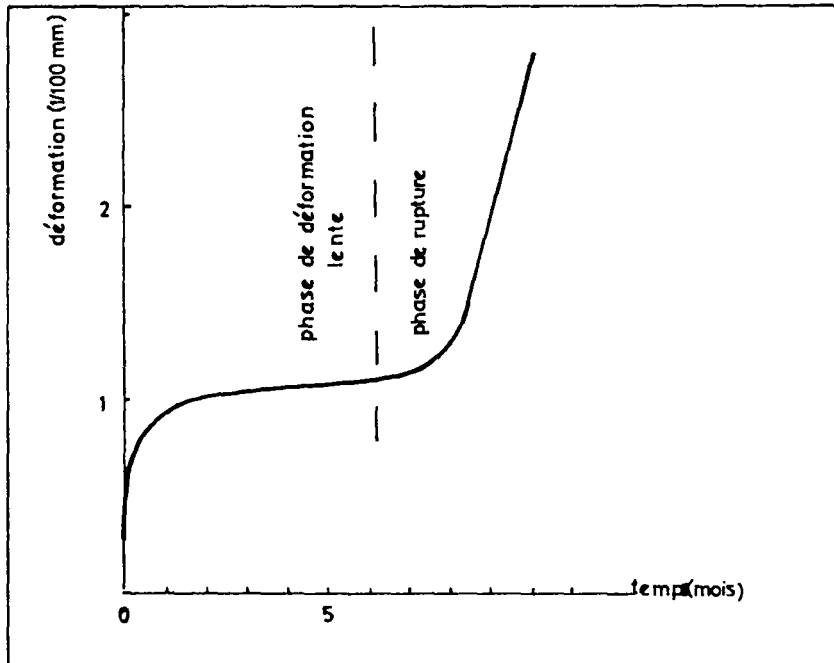


Fig. 53 : Déformation d'un échantillon soumis à un chargement prolongé (d'après P. Mortier)

Ce phénomène de fluage est responsable de l'écrasement de piliers qui étaient restés intacts durant l'exploitation. De même, la convergence qui se développait rapidement au cours de l'extraction se poursuit lentement ; la dalle du toit, soumise à des efforts de traction et de compression subit de nouvelles déformations qui peuvent, elles aussi, conduire à la rupture.

De plus, les circulations d'air, les variations de températures, des venues d'eau et la condensation le long des parois, provoquent une altération du matériau qui est susceptible d'intervenir dans les facteurs de déséquilibre du massif.

Ainsi donc, aux conditions initiales souvent déplorables en Touraine, (matériau de médiocre qualité, piliers insuffisants...) et aux mécanismes qui se sont manifestés durant l'exploitation, s'ajoutent des phénomènes d'altération et de déformation du matériau qui ne vont pas dans le sens de la stabilité.

6.2.6 - Etats des carrières en Touraine. Rôle des carrières dans les mouvements de terrain

Les carrières souterraines de Touraine sont souvent très délabrées. Les conditions initiales de l'exploitation étaient la plupart du temps défavorables à la stabilité : les piliers sont mal dimensionnés et en nombre insuffisant, ils sont très souvent mal placés les uns par rapport aux autres dans les carrières superposées. Par ailleurs, les galeries sont fréquemment trop larges et ont parfois été menées suivant des lignes de faiblesse des massifs (nous avons pu observer des galeries qui avaient été amorcées dans des conduits karstiques, de même que des galeries dont un piédroit suivait une fracture naturelle) ce qui facilitait l'extraction mais ne favorise pas une bonne tenue.

Ces carrières ont souvent été réutilisées après la fin des exploitations ; l'enlèvement des remblais et des matériaux provenant de chutes du toit, l'abattage de certains piliers et toutes les retouches liées à l'aménagement d'habitations troglodytes, de "caves", etc, n'ont pas contribué à renforcer la stabilité, de même que les bombardements de la dernière guerre (les côteaux environnant les centres stratégiques ont subi d'importants bombardements, de plus certaines cavités ont servi de dépôts de munitions qui ont explosés lors des combats).

Il n'est pas rare de voir des carrières où 80 % des piliers sont fracturés (photo 1 et 2 planche II), le plus souvent le simple examen visuel ne permet pas de dire si ces fractures résultent des déformations qui se sont produites durant l'exploitation ou des phénomènes lents qui se produisent après (la photo n° 3, planche II montre des fractures en cours d'apparition dans la carrière de Beauregard située sur la commune de Rochecorbon).

En bordure des versants peu élevés ou en pente douce, les fractures du toit sont souvent occupées par des racines (photo 1 planche III et 1 planche IV) qui ont tendance à les élargir ; lorsque la dalle constituant le toit est peu épaisse ou/et peu rigide on voit apparaître des fissures longitudinales au toit des galeries. Ces fractures sont la manifestation d'effort tranchant et de moment fléchissant qui se développent sur le toit (photo 1 planche III et 2 planche IV) ; à la croisée des galeries elles délimitent des cloches de fontis qui peuvent parfois remonter en surface si l'épaisseur du recouvrement, la hauteur des galeries et le foisonnement

du matériau le permettent. Lorsque la dalle constituant le toit est très épaisse (cas des exploitations du Turonien supérieur pour la confection de pierres de taille) on voit se développer des fissures en arc de cercle qui occasionnent la chute de volumes plus ou moins importants (principalement fonction de la largeur des galeries) de roche. Ces mouvements sont en général localisés à l'intérieur des carrières et remontent rarement en surface (photo 2 planche III), ils confèrent aux galeries une forme en ogive qui contribue à une meilleure stabilité ; cependant de tels mouvements sont parfois responsables de la vidange d'une poche de dissolution et se traduisent en surface par des effondrements ou des affaissements.

Aux phénomènes propres à l'évolution des carrières souterraines s'ajoutent :

- la fracturation due à la décompression des versants, qui s'étend souvent à plusieurs dizaines de mètres de ceux-ci ;
- la fracturation liée à la proximité d'axes tectoniques ;
- les diaclases qui affectent certains niveaux (craie du Turonien inférieur en particulier) ;
- les caractéristiques mécaniques souvent médiocres des matériaux, et leur hétérogénéité (A Saint-Avertin, par exemple, le niveau de carrière de la côte -48 m est situé dans une craie grisâtre qui présente d'importantes poches d'argile (en apparence synsédimentaires), on peut y observer des piliers contenant des poches de plusieurs décimètres cubes d'un matériau argileux noir à brunâtre).

Les anciennes exploitations souterraines se manifestent de trois façons en Touraine :

- par des effondrements généralisés dus à une rupture en chaîne des piliers ; les quelques exemples connus correspondent en général à des carrières qui étaient en exploitation au moment du sinistre (vieux Ports, Langeais) le seul accident connu de ce type que l'on ne puisse pas mettre en relation avec des travaux d'exploitation est l'effondrement survenu à Chinon en 1921. Un mouvement similaire est arrivé à Tours en 1912 sous l'école normale de filles ; un affaissement se développait rapidement dans le parc de l'école, il avait atteint 0,5 m lorsque des piliers de renfort furent installés dans la carrière sous-jacente.



2

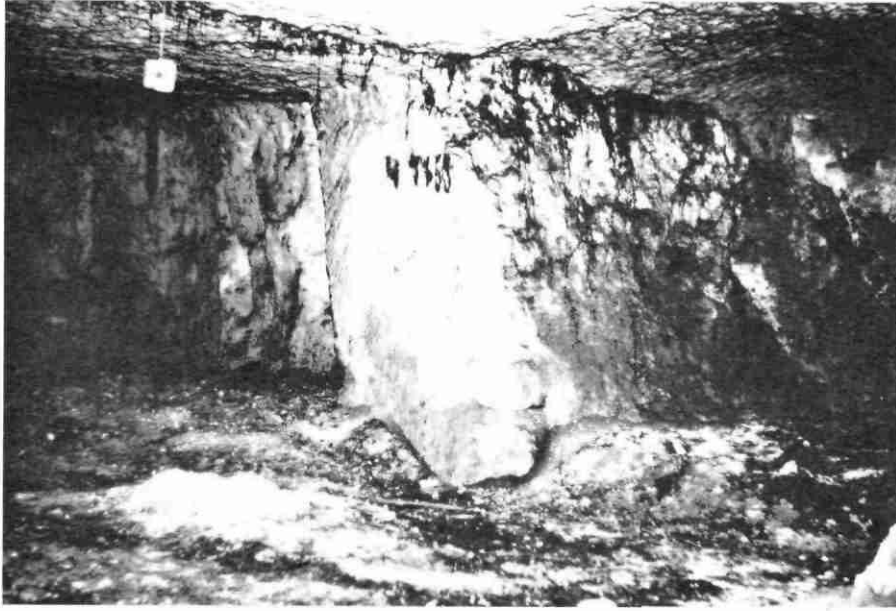
Piliers fracturés (Rochecorbon, carrière de St Georges)



3

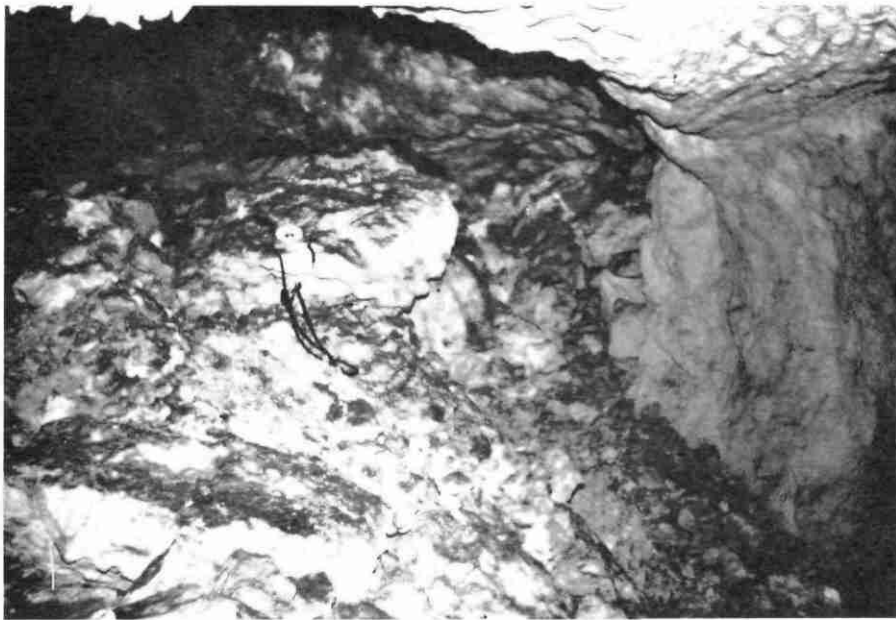
Détail de la fracturation d'un pilier
(carrière de Beauregard, Rochecorbon, Indre et Loire)

1



Fissure du toit occupée par des racines, carrière de St Georges (Rochecorbon, 37)

2



Carrière de la Lanterne : chute du premier banc constituant le toit (Rochecorbon, 37)

1



Carrière de St Georges : jeu de fractures responsable de la chute du premier banc constituant le toit (Roche carbon, 37)

2



Fissure du toit dans l'axe d'un pilier long (carrière de St Georges, Roche carbon, 37)

- par des effondrements de type fontis ou des affaissements, de dimensions plus réduites. L'inventaire des mouvements survenus en Touraine entre 1741 et 1975 contient beaucoup de mouvements de ce type (en particulier à Loches, Amboise, Chinon, Beaulieu, Faye-la-Vineuse,...). Ils se produisent sur des sites où le recouvrement est faible et/ou les bancs situés au-dessus de la carrière sont peu épais.

- par des écroulements de versants. Ces mouvements, qui ont souvent une grande ampleur, résultent de la présence simultanée d'un versant décomprimé plus ou moins raide et d'une carrière souterraine ; la présence d'un vide permettant à la masse désolidarisée du massif d'acquiescer un mouvement de rotation (cf. chapitre 3, § 2.1).

7 - CONCLUSIONS

Il ressort de l'étude géologique une grande hétérogénéité de certains terrains liée aux nombreuses variations de faciès qui affectent les couches du Turonien supérieur et du Sénonien et les dépôts du Tertiaire. Ces variations sont dues aux conditions sublitorales qui régnaient à la fin du Crétacé et à la sédimentation continentale (dépôt en milieu aérien ou lacustre) qui prédomine au Tertiaire. Ces variations sont susceptibles d'introduire des différences importantes de comportement mécanique dans des volumes restreints. A côté de ces hétérogénéités de constitution, on retiendra les discontinuités introduites par :

- une fracturation liée à la décompression des versants au début du Quaternaire et qui est générale dans la région étudiée.

- une fracturation liée aux axes anticlinaux et synclinaux, moins répandue que la précédente mais non négligeable.

Ces discontinuités, qui s'expriment à différentes échelles, ont contribué à la mise en place de réseaux karstiques dont certains sont encore actifs. Elles modifient le comportement des eaux souterraines en bordure des versants et permettent à celles-ci de jouer un rôle important dans l'apparition de certains mouvements.

Les actions survenues au début du Quaternaire sont responsables :

- de la mise en place de matériaux de médiocres qualités (colluvions)

- de la modification des structures et des propriétés mécaniques des sols et des parties affleurantes et sub-affleurantes des massifs rocheux

- de certaines formes du relief :

. falaises crétacées dues au creusement des vallées et à la nature des terrains au niveau de l'étiage

. existence très vraisemblable de reliefs résiduels sous les couvertures colluvionnées des versants en pente douce.

L'existence de cavités souterraines, en particulier les anciennes carrières et les "caves", jouent un rôle considérable dans la stabilité des versants rocheux, comme le laissait supposer l'étude statistique des mouvements survenus dans un passé plus ou moins lointain.

Le log synthétique de la figure n° 54 résume les différents termes lithostratigraphiques susceptibles d'être rencontrés en Touraine. Le tableau n° 9 regroupe les principales caractéristiques des formations susceptibles de poser des problèmes de stabilité et donne les types principaux de mouvements qui peuvent y apparaître.

POSITION STRATIGRAPHIQUE	EPAISSEUR MOYENNE (M)	LITHOLOGIE DOMINANTE	MORPHOLOGIE DES AFFLEUREMENTS	PROPRIETES PHYSIQUES ET MECANIQUES. HOMOGENETES	HYDROGEOLOGIE	VARIATIONS REGIONALES	ZONES PRINCIPALES D'AFFLEUREMENT	FREQUENCE A L'AFFLEUREMENT	EXPLOITATIONS SOUTERRAINES	MOUVEMENTS SUSCEPTIBLES D'APPARAITRE
Cénomanién	INF.	Sables glauconieux argile à la base			nappe importante, en général captive	diminution d'épaisseur du Nord au Sud	Richelais pays de Ligueil			
	SUP.	Marnes micacées et sableuses		argile compacte, plastique	impermeable	absence locale	Richelais	faible		glissements localisés (facteurs Humains)
Turonien	INF.	Craie argileuse	talus raides. En lits de l'ordre du mètre	friable, très diaclasée homogène	pseudo-nappe	enrichissement en silice dans le Nord	Vallée de la Vienne, Richelais	fréquente	fréquentes	chutes de blocs en falaise écroulement des versants décomprimés et sous-cavés
	MOY.	Calcaires micacés et quartzeux	versants raides. En lits de 1 à 3 m sans stratification	homogène. Peu fissuré Rc de 50 à 100 bars	quasiment impermeable	enrichissement en sable vers l'Ouest (Chinonais, Anjou)	Vallées du Loir, de la Loire (Anjou), et du Cher dans le Loir-et-Cher	fréquente	très nombreuses	
	SUP.	Calcaire biodétritique sableux et glauconieux Sable et argile localement	versants raides. En lits épais ou en barres. Sensible à l'érosion différentielle	nombreux faciès. Propriétés très variables et médiocres dans l'ensemble Rc ~ 30 bars.	faible circulation de matrice karst dans les zones fracturées	sable en Anjou (passage progressif)	Vallées de la Loire de l'Indre, de la Vienne	fréquente	très nombreuses, souvent artisanales	glissements des couvertures altérées effondrements de carrières
Sénonien	25	Craie à silex, calcaire spatique, craie glauconieuse, argiles glauconieuses	versants assez raides bancs de 1 à 3 m, très diaclasés, sensibles à l'érosion différentielle	Rc ~ 100 bars. Argiles plastiques à très plastiques	circulation de fissures. Karst localement très développé	passé à l'argile au Sud	Vallée de l'Indre, coteaux de la Loire	fréquente	nombreuses carrières	écroulements et chutes de blocs dans les mêmes conditions que ci-dessous effondrement de carrières.
		Craie blanche à silex, gaize localement	stratification peu marquée. Fort diaclassement. Masquée par argile à silex	tendre - friable	?	passé à des sables à l'Ouest		Rare		
	20	Argile à silex et à spongiaires		fonction de la quantité de silex. Argiles plastiques à très plastiques	impermeable		Sud de la Touraine	très répandue		fluage sur les pentes même faible : glissements lors d'interventions humaines
Paléogène		"Grès à Sabalites"	le plus souvent en blocs épars de plusieurs m ³	très variables		présent en Anjou seulement		Peu fréquents		?
		Calcaire, meulière, argile, marne (calcaire, d'Anjou)		variables	peu aquifère car très argileux	nombreuses variations de faciès	Covettes synclinales d'Anjou et du Nord de la Loire	peu fréquents		glissements localisés
		Calcaire, meulière marne, argile (calcaire de Touraine)		variables. Argiles peu plastiques à forte cohésion	circulation de fissure	nombreuses variations de faciès	Champagne tourangelle	très répandus	très locales pour amendement	effondrement (karst) glissements localisés
Néogène		Calcaires lacustres (groupe de Beauce)	sous recouvrement miocène	variables. Altérés en Touraine	karst très développé	présents à l'Est de la zone étudiée seulement	Est de la région étudiée	faible		effondrements (karst)
	10	Calcaires construits à Algues et Polypiers sables - grès (faluns d'Anjou)		variables, compacts à friables	?	sables en Indre et-Loire (faluns)	Anjou	peu fréquents	très nombreuses localement	effondrements d'exploitations souterraines
	3	Sables argileux	ravine les dépôts sous-jacents	Argiles plastiques. Sables hétérométriques	régulation du ruissellement		Plateau du Nord de la Loire	très répandus		
Quaternaire		Colluvions	pentades douces	fonctions du substratum. Dépôts hétérogènes	propriétés fonction du substratum.		Flanc Nord et Ouest des vallées	répandu		Fluage-glissements

TABLEAU n° 9 : Principales caractéristiques des terrains rencontrés en Touraine (s.l.)

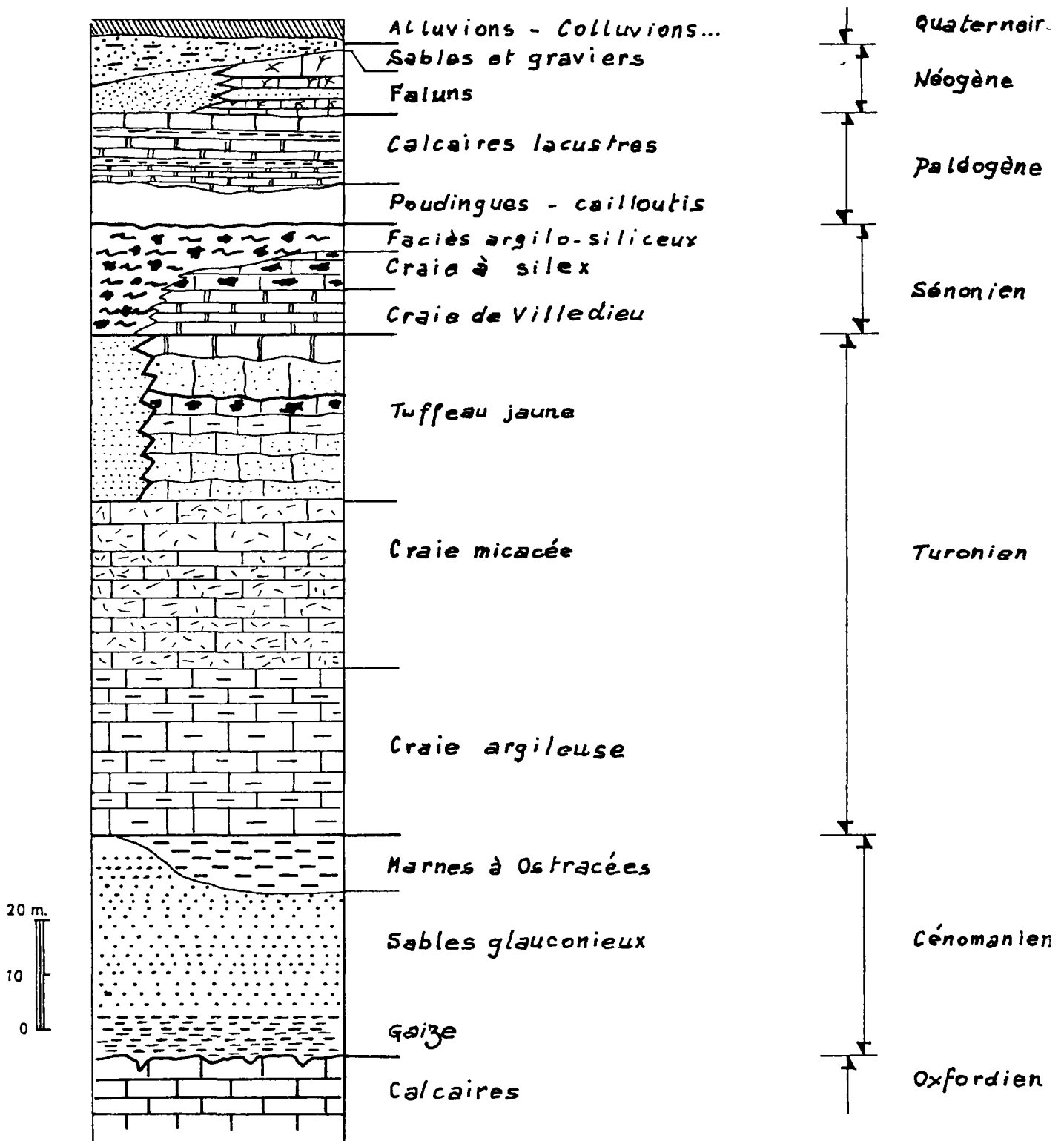


Fig 54 : Colonne stratigraphique synthétique des terrains affleurants dans la région étudiée

CHAPITRE 3

PATHOLOGIE DES TERRAINS - TYPOLOGIE DES MOUVEMENTS OBSERVES EN TOURAINE

1 - INTRODUCTION

Nous développerons dans ce chapitre, à travers des exemples représentatifs, les différents types de mouvements susceptibles d'apparaître dans la région étudiée, les facteurs de ces mouvements, et les remèdes susceptibles d'être apportés.

Nous aborderons également les éléments à prendre en compte lors d'une cartographie de localisation probable des mouvements à travers la carte ZERMOS de Tours, "retombée" de l'étude régionale.

Ce chapitre constitue en quelque sorte une synthèse des résultats acquis en Touraine et développe une des applications possibles de ce type d'étude à petite échelle.

2 - PATHOLOGIE DES TERRAINS - TYPOLOGIE DES MOUVEMENTS OBSERVES EN TOURAINE

2.1 - Ecrolements et chutes de blocs. Exemple de la rue des Basses-Rivières à Rochecorbon (Indre-et-Loire)

Ces deux catégories de mouvements arrivent en tête dans la hiérarchie des mouvements observés. Leur probabilité de réalisation est élevée et ils constituent un risque important.

Le site des Basses-Rivières à Rochecorbon, illustre bien ce type de désordres, de nombreux mouvements, aux conséquences parfois graves s'y sont produits et s'y reproduiront très certainement sans qu'il soit cependant possible d'en prévoir la date.

2.1.1 - Situation du secteur étudié

Rochecorbon se situe sur la rive droite de la Loire, à 3,5 km en amont de Tours (fig. n° 55).

Le parement rocheux pris en exemple se développe sur 700 mètres de longueur entre le confluent de la Bédouire et de la Loire et le lieu-dit

"La Tesserie". Il s'agit d'une falaise rocheuse verticale atteignant localement 40 mètres de hauteur. Cette verticalité résulte des écroulements survenus dans le passé et des exploitations à ciel ouvert qui ont entaillé le coteau.

Cette falaise est distante de 150 mètres de la route nationale n° 152, la rue des Basses-Rivières se situe à mi distance de la RN 152 et du versant (fig. n° 56) et s'élève d'Ouest en Est.

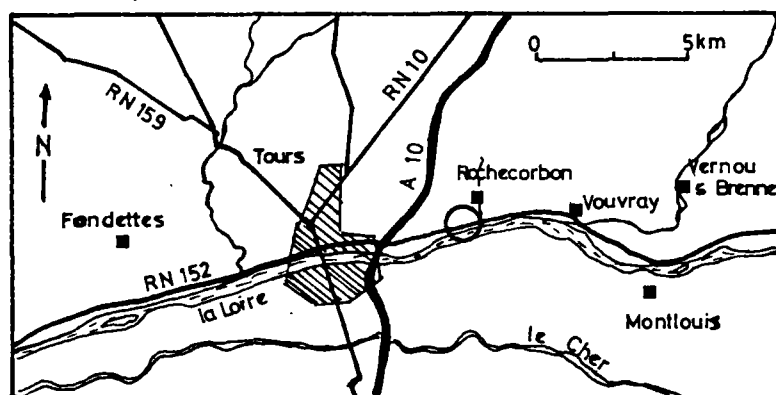


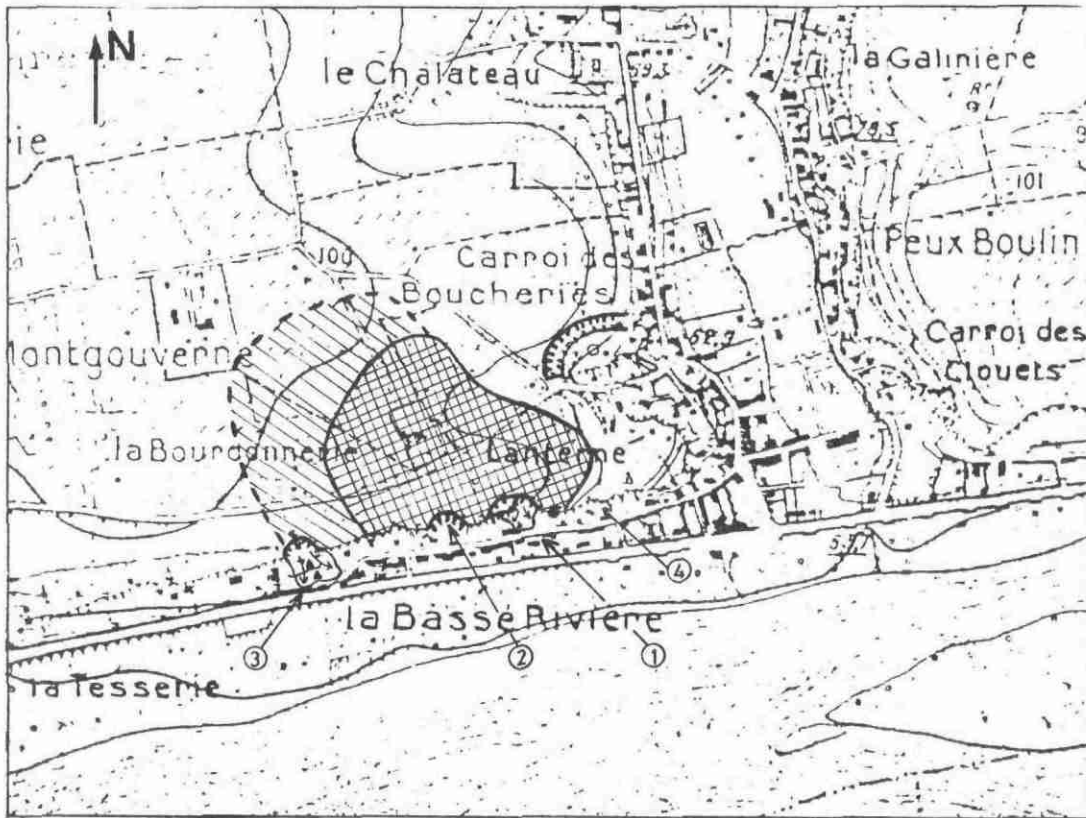
Fig. 55 : Localisation de certains des mouvements survenus à Rochecorbon.

2.1.2 - Géologie du site

Le Turonien moyen, représenté par des calcaires micacés blancs, constitue le soubassement de la rue des Basses-Rivières. La falaise se développe dans le Turonien supérieur qui montre quatre ensembles décrits sur la figure n° 57. Le sommet de la coupe montre un recouvrement dont l'épaisseur moyenne est de l'ordre du mètre, il est constitué d'un mélange de terre végétale, d'argile plus ou moins sableuse et de blocs de petite taille.

Au bas de la falaise on trouve des colluvions et des éboulis qui servent parfois d'assise aux habitations. On note plusieurs poches de dissolutions importantes, plus ou moins érodées lorsqu'elles affleurent en sommet de versant, ou remplies d'un matériau argileux brunâtre à jaunâtre lorsque le parement rocheux les recoupe à d'autres niveaux.

Les effets karstiques se manifestent également dans les joints de stratification agrandis par dissolution, dans certains niveaux à cherts qui se trouvent ainsi débarrassés de leur matrice calcaro-sableuse, et dans des fractures subverticales grossièrement orientées Nord-Sud, (perpendiculaires à la falaise), ouvertes de 5 à 10 centimètres.



0 100 200m








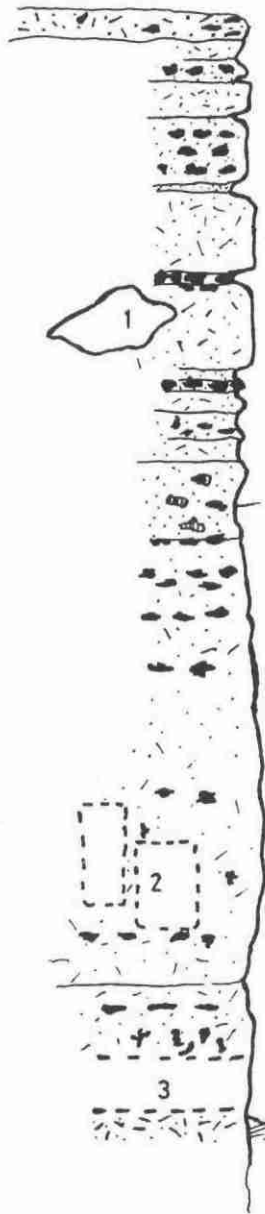
-  zone occupée par une carrière souterraine.
-  zone susceptible d'être sous minée (galeries impenétrables).
-  doline d'effondrement.
-  arrachement majeur.
-  éboulis.
-  entrée de carrière.
-  mouvements cités dans le texte.

Fig.56 : Le site de la Lanterne a Rochecorbon (37).



tuffeau altéré, pulvérulent, enrichi en argile; TV et pierraille.

tuffeau clair à pâte grisâtre, contenant de nombreux cherts, en lits ou épars dans la roche. En bancs épais, mal individualisés.

tuffeau jaune clair à pâte grise, contenant de nombreux lits de silex et de chert. Niveau montrant de nombreux surplombs, dus à la différence de résistance des différents bancs aux actions éoliennes.

Présence de poches de dissolution remplies d'argiles.

Tuffeau jaune à nombreux cherts [partie supérieure en particulier]

Habitations troglodytes [abandonnées ou non] à différents niveaux en fonction des accès.
Bancs épais

tuffeau fin à cherts branchus surmontant un niveau sans accident siliceux exploité autrefois pour pierre de taille. Escaves et des habitations sont aménagées dans cette carrière

niveau de la RN. 152
rue des BASSES. Rivières.
colluvions, remblais, éboulis...

1: poche de dissolution; 2: "caves"; 3: carrière abandonnée.

Fig.57 : Coupe de la falaise turonienne rue des Basses Rivières (Roche-corbon)

Cette fracturation, dont la maille est de l'ordre d'une dizaine de mètres à l'Est et d'une vingtaine de mètres à l'Ouest, pourrait être mise en relation avec la vallée de la Bédouire ; en effet sa direction est parallèle à la vallée de cet affluent de la Loire, et sa fréquence diminue à mesure que l'on s'en éloigne, il est donc possible qu'elle soit due à la décompression des versants de cette vallée. Il est également possible que cette fracturation soit liée à l'axe anticlinal d'Amboise qui se situe un peu plus à l'Est. Elle s'accompagne d'une fracturation parallèle au versant dont la maille exprimée est de 2 à 5 m et dont l'ouverture peut atteindre deux centimètres. Ces fractures contiennent soit des matériaux argileux soit des fragments de tuffeau soit encore un mélange des deux..

Ces fractures sont bien visibles sur les photographies de la planche V. On rencontre à différents niveaux des remises et des habitations troglodytes ; certaines d'entre elles sont aménagées dans une carrière qui exploitait le niveau de tuffeau sans chaille de la base du Turonien supérieur sur plus de 20 hectares, mais on en observe également à d'autres niveaux, plus élevés ou immédiatement inférieurs.

La visite de cette carrière permet d'observer une zone utilisée comme champignonnières dans un passé récent ; les galeries atteignent 1,8 à 2 m de hauteur et 6 m de largeur en moyenne. Dans le reste de la carrière un remblai constitué par les résidus d'exploitation laisse des hauteurs de galeries variant de 1,2 à 1 m. Les nombreuses chutes du toit ramènent, à proximité des versants, ces hauteurs à 80 cm en moyenne.

Il s'agissait à l'origine d'une exploitation par piliers longs dont certains sont d'ailleurs très minces (nous avons trouvé des piliers de 80 cm de large entre deux galeries de 6 m de portée). Elle a dû être reprise par la suite comme l'indiquerait le nombre important de piliers abattus et de piliers isolés (obtenus à partir des piliers longs) que l'on rencontre à proximité du versant.

Ces piliers sont fracturés pour la plupart et présentent des formes en diabolo. Il est impossible, en l'absence d'appareillage permettant de suivre l'évolution des piliers, de faire la part des fractures provenant des travaux initiaux et de celles résultant des effets différés de l'application des charges. Cependant des mouvements ont lieu à l'heure actuelle, puisque deux vestiges historiques en ruine, situés au sommet de

la falaise, ont tendance à se déverser vers le vide. D'autre part un certain nombre d'écroulements se sont produits. On relève très peu de fissures verticales au toit des galeries que ce soit à proximité des piédroits ou en milieu de galerie ; par contre, des fractures partant des piédroits et se développant en arc de cercle conduisent à de nombreuses chute de toit.

2.1.3 - Mouvements observés

De nombreux mouvements de terrains se sont produits sur ce site, depuis la chute de blocs plus ou moins importants jusqu'à des écroulements mettant en jeu plusieurs dizaines de milliers de mètres cubes de matériaux.

Les chutes de blocs

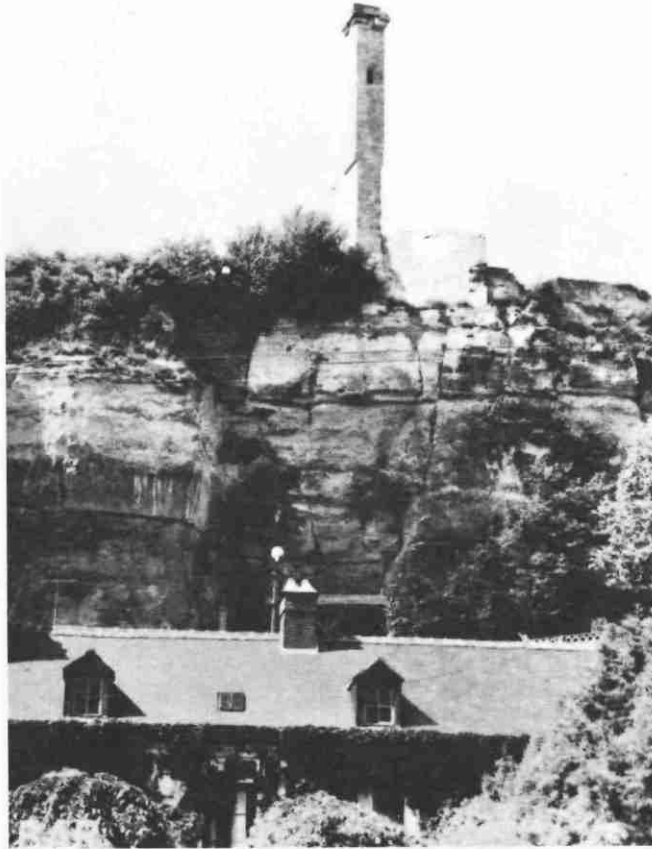
Elles affectent des blocs mis en surplomb, par le jeu de l'érosion différentielle ou par la chute d'autres blocs, lorsque les fissures de tension plus ou moins continues qui les séparent du reste du massif s'ouvrent totalement.

Les écroulements

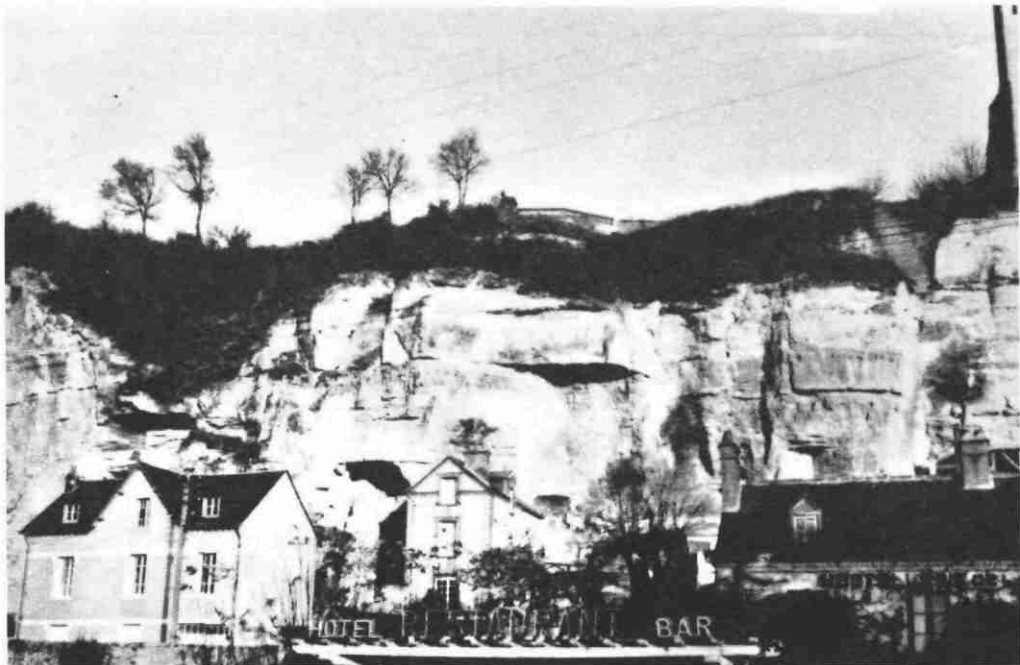
On relève trois cicatrices importantes (n° 1, 2 et 3 sur la figure n° 56) la plus récente (n° 1) date du 17 janvier 1933, elle correspond à un écroulement de 30 000 m³ qui a détruit 4 maisons, tué 3 personnes et fait 2 blessés graves.

La figure n° 58 donne un schéma du site, la figure n° 59 une coupe au droit de l'accident tel qu'il se présente à l'heure actuelle. Les photographies de la planche VI illustrent l'état actuel du site. Les seuls mouvements prémonitoires enregistrés ont consisté en quelques mouvements du parement rocheux et à des désordres dans les caves. L'ingénieur du Service des Mines, consulté cinq jours avant l'accident avait conclu à un danger immédiat, mais l'ordre d'évacuation ne fut pas observé.

1



2



Falaise bordant la rue des Basses-Rivières à Rochecorbon (Indre et Loire)

Rochecorbon, rue des Basses-Rivières
Cicatrice de l'écroulement du 16 janvier 1933



Partie ouest de l'écroulement



Partie est de l'écroulement

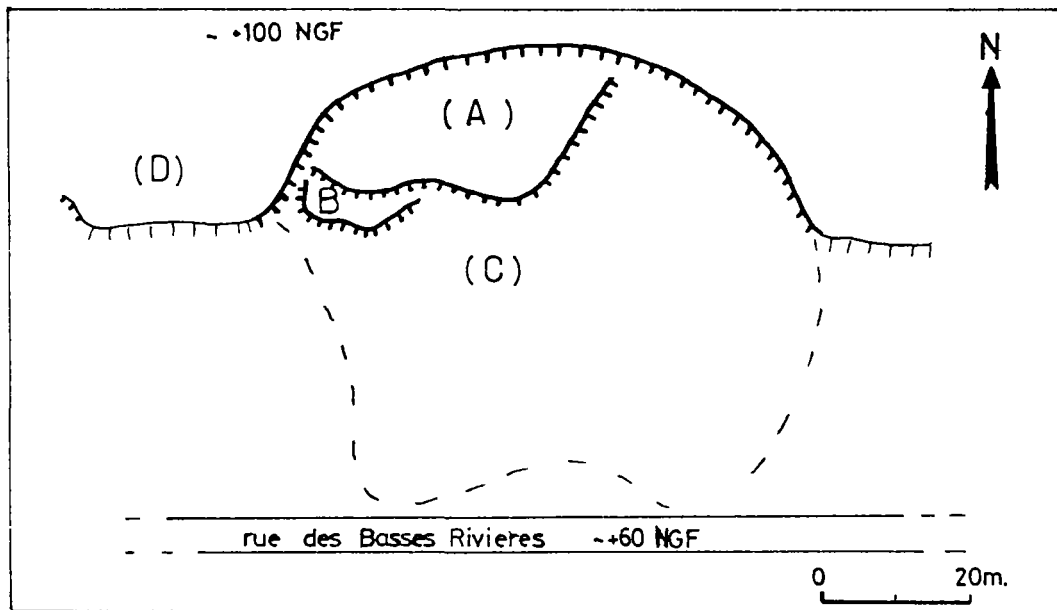


Fig.58 : Morphologie de l'éroulement survenu à Rochecorbon(37) en janvier 1933.

La masse effondrée s'est séparée en deux parties ; d'une part deux monolithes (A et B sur la figure n° 58) et d'autre part une masse de blocs de plusieurs mètres cubes qui ont traversé la rue des Basses-Rivière et ont atteint pour certains la RN 152.

Au moment de l'accident, la masse A était au même niveau que le rebord du coteau et se trouvait déversée vers le Sud. Ce n'est que progressivement qu'elle s'est affaissée. Ce mouvement de rotation a été rendu possible par l'existence de la carrière souterraine (repère 1 sur la fig. n° 59). L'examen de la surface de rupture montre, côté coteau, un plan incliné à 75-80° vers le Nord qui recoupe deux cavités (repères 2 et 3 sur la figure n° 59). Ces deux cavités correspondent aux fonds de deux caves.

L'espace situé entre le coteau et la masse effondrée est occupé par des blocs atteignant parfois 40 à 50 m³.

Le tuffeau à cet endroit est pulvérulent, inconsistant. Le flanc Est de l'arrachement montre un "enduit" argileux qui correspond certainement au résidu du remplissage d'une fracture agrandie par dissolution. A l'heure actuelle, les deux masses A et B semblent stabilisées, des habitations troglodytes ont même été aménagées dans la masse B. Par contre le reste de l'éboulis est à la limite de l'équilibre. Quant à la partie D, située entre deux cicatrices, elle est soumise à des efforts de traction orientés Est-Ouest depuis que ce freinage latéral a disparu.

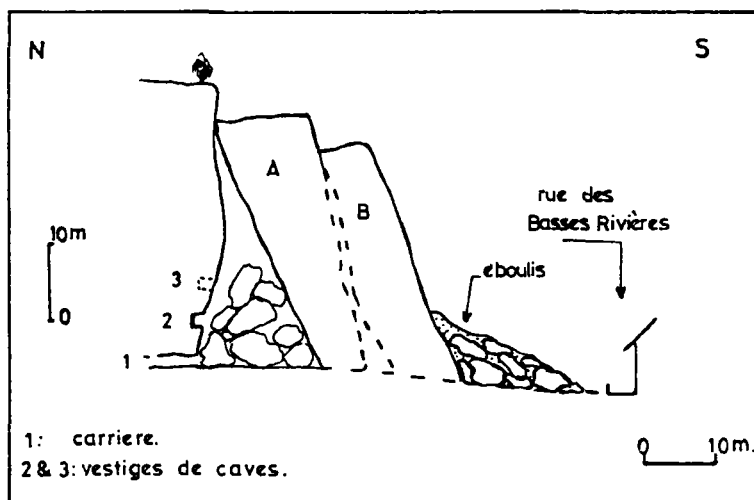


Fig.59: Profil au droit de l'écroulement de 1933.

Depuis cet écroulement le côté nord de la rue des Basses-Rivières fait l'objet d'un arrêté municipal interdisant la construction. Mais récemment des pavillons se sont construits sur le coteau très près du rebord de la falaise.

Outre la menace permanente de chute de blocs les constructions sont exposées à des mouvements semblables à ceux qui se sont déjà produits. De plus la route nationale est également menacée.

Des mesures de remblayage, d'injection ou de boulonnage semblent incompatibles par leur coût avec la valeur des biens matériels à protéger ; seul le renforcement de la partie sud de la carrière par des piliers de béton ou de maçonnerie peut être sérieusement envisagé pour la sauvegarde des biens. A défaut de mesure de confortation, les vies humaines à protéger nécessiteraient la mise en place d'un système de surveillance qui permettrait au besoin de faire évacuer les populations menacées. En effet, la brutalité du phénomène n'est qu'apparente, des phénomènes prémonitoires se manifestent toujours dans ce genre de mouvement (chutes de cailloutis situés sur les vires de la falaise, ouvertures de fissures existantes). Si l'examen visuel se révèle insuffisant dans certains cas et ne permet pas de trancher entre la possibilité d'un mouvement d'ensemble et celle de mouvements mineurs de réajustement, les enregistrements continus de mesures d'extensométrie permettent de déterminer l'ampleur probable du mouvement.

Quant aux mouvements de type chute de blocs, la purge des blocs menaçants, ou leur soutènement à l'aide de contreforts peut remédier au danger, de même que la mise en place de filets de protection.

2.2 - Effondrements dus à l'existence d'anciennes carrières.

L'exemple de la carrière "Mequelines" à Azay-le-Rideau

Les effondrements sont moins nombreux que les mouvements précédents ; néanmoins le nombre de mouvements potentiels est élevé étant donné le grand nombre de carrières abandonnées en Touraine.

2.2.1 - Situation

La carrière "Mequelines" se situe sur le territoire de la commune d'Azay-le-Rideau (Indre-et-Loire) à un kilomètre en amont du bourg, sur la rive droite de l'Indre (fig. n° 60).

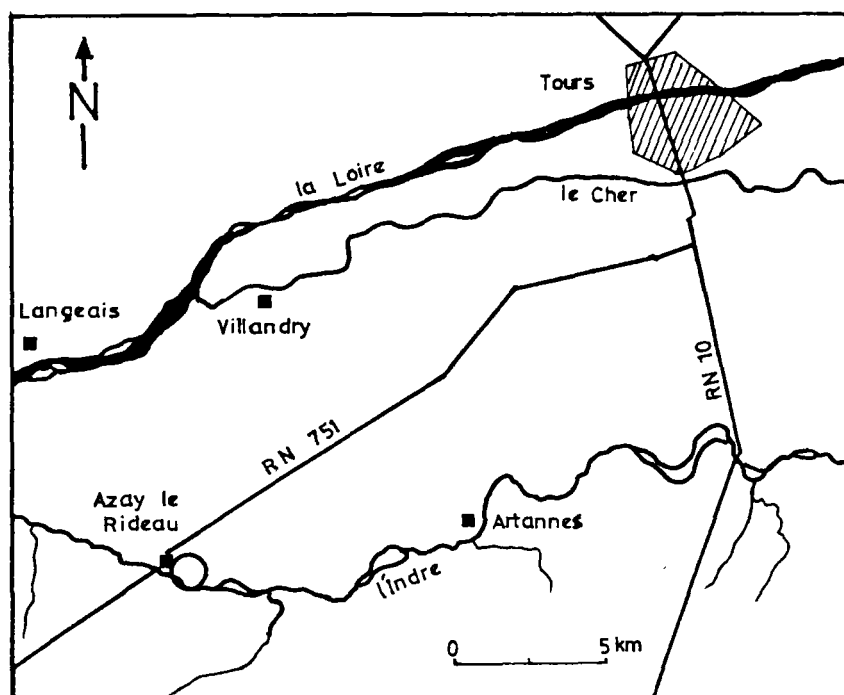


Fig.60 : Localisation des mouvements d'Azay-le-Rideau.

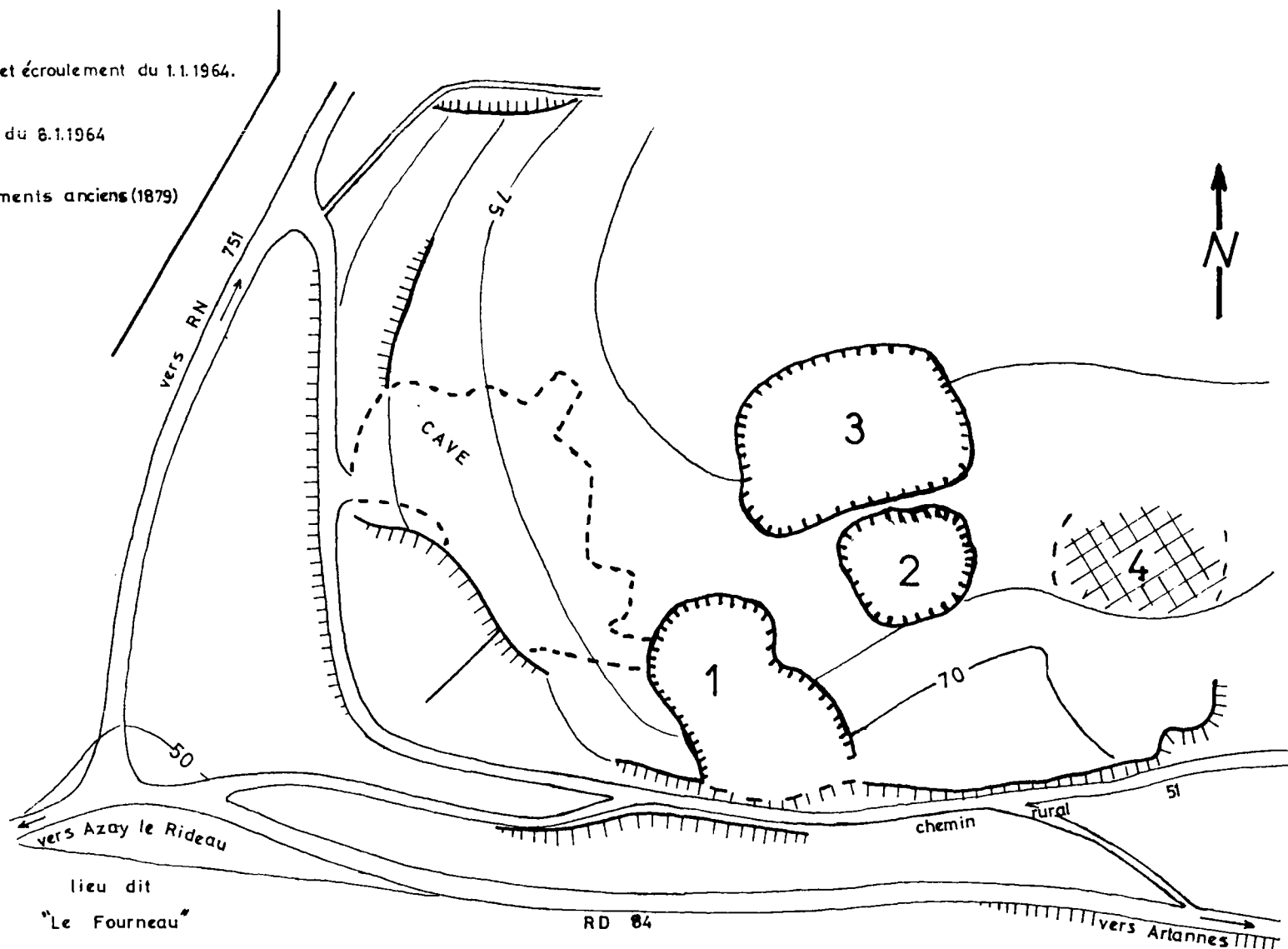
2.2.2 - Caractéristiques géologiques et géotechniques

La figure n° 61 illustre la topographie du site. Le Sénonien argilo-siliceux affleure à partir de la cote 80 NGF ; on trouve en dessous et sous un mètre environ d'argiles solifluées la craie de Villedieu (Sénonien). Le tuffeau du Turonien supérieur affleure entre le CR n° 51 et la départementale 84.

La figure n° 62 donne la coupe des terrains sénoniens affectés par les mouvements qui se sont produits à différentes époques.

Une ancienne carrière souterraine se trouve à la base du Sénonien, le début de l'exploitation remonte au XVI siècle, elle a cessé au début du XX siècle.

- 1 effondrement et écoulement du 1.1.1964.
- 2 effondrement du 6.1.1964
- 3 & 4 effondrements anciens (1879)



échelle approchée: 1/2500

équidistance des courbes de niveau: 5 m.

d'après document du Service des Mines de Tours modifié

Fig. 61 : Le site des carrières "Mequelines" à Azay-le-Rideau.

Il s'agit d'une exploitation par chambres et piliers, les galeries sont très larges et les piliers ont de faibles sections ; une exploitation en "seconde bille" a eu lieu par la suite amenant la hauteur des galeries à 6 m, les piliers ont été amincis à la base ce qui leur confère une forme de pyramide tronquée inversée (AD Indre-et-Loire série carrières).

Certaines parties de la carrière ont été aménagées en caves et en habitations troglodytes. D'autres cavités de tailles plus modestes se rencontrent à différents niveaux entre le CR 51 et la RD 84. Il n'existe aucun plan de cette carrière à l'heure actuelle.

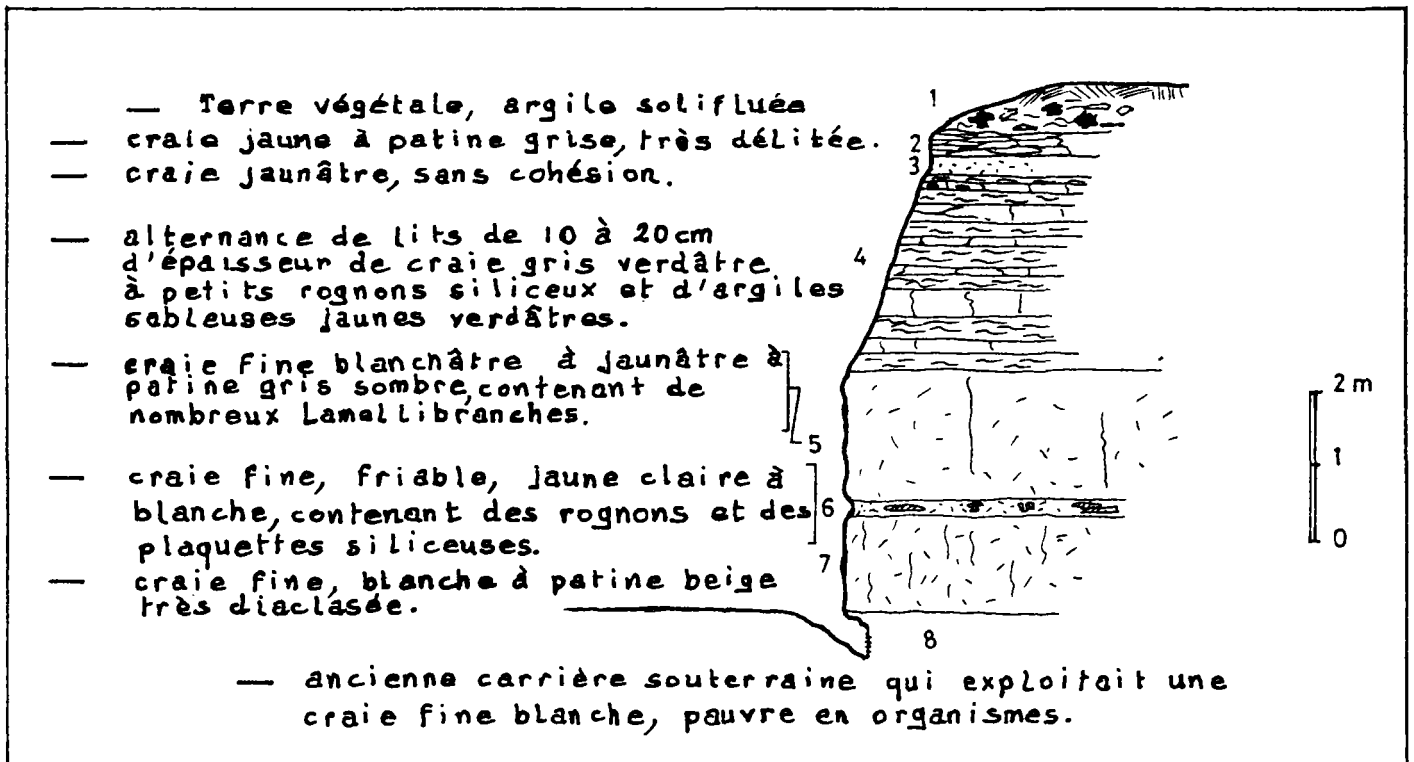


Fig.62 : Coupe du Sénonien (craie de Villedieu) à Azay-le-Rideau.

X : 450.90 - Y : 253.90

2.2.3 - Les mouvements enregistrés

Des affaissements se sont produits en 1862. En 1879 un effondrement s'était produit entre des piliers, les matériaux provenant du mouvement avaient été déblayés.

Les derniers mouvements datent de janvier 1964 ; un premier effondrement est survenu le 1er janvier sur une surface de 1 500 m² avec une dénivellée de 5 m ; les matériaux de recouvrement de la craie, situés plus haut, ont glissé sur la pente et la partie rocheuse située entre le rebord du coteau (haut de 8 à 10 m) et l'effondrement s'est écroulé obstruant le CR 51, détruisant une habitation troglodyte (1 blessé) et menaçant la route départementale. Le 8 janvier un fontis est apparu au Nord-Est du précédent.

L'examen des pourtours des fontis montre des fissures transverses de 5 à 6 cm d'ouverture ; en galerie on note des masses de 60 à 80 cm d'épaisseur sur plusieurs mètres carrés de surface, décollées de 5 à 10 cm du reste du recouvrement, les fissures qui les délimitent sont localisées pour la plupart en bordure des piliers, ces manifestations d'effort tranchant affectent également le recouvrement. A la croisée de deux galeries, les deux jeux de fractures délimitent des panneaux en équilibre instable ; les joints de stratification constituent le troisième système de fractures.

Dans le cas des mouvements de 1964, l'effondrement du 1er janvier correspond très certainement à la chute du recouvrement entre les piliers ; celui du 8 janvier provient du même mécanisme, de plus le mouvement du premier janvier a provoqué une détente des contraintes et une diminution du freinage latéral le long des fractures ce qui a conduit au fontis du 8 janvier.

Le site évolue lentement et il est certain que d'autres mouvements se produiront ; le sommet du coteau étant actuellement occupé par des bois ou des vignes, la probabilité de dommages humains est faible. Par contre des effondrements semblables à celui de janvier 1964 pourraient entraîner des écroulements du coteau qui sont susceptibles d'atteindre la route départementale.

La première tâche à entreprendre serait de déterminer l'extension de cette carrière et de déclarer cette surface non constructible jusqu'à ce que des études aient déterminé la stabilité de l'ensemble et défini les mesures à prendre.

2.2.4 - Les risques représentés par les vides souterrains creusés par l'homme

Des mouvements semblables se sont déjà produits en d'autres lieux et sont susceptibles d'apparaître sur nombre de sites minés par des carrières souterraines à faible épaisseur de recouvrement. Le risque est plus élevé dans le Sénonien qui se présente le plus souvent en bancs peu épais dont la rigidité est faible. En ce qui concerne les carrières situées dans le Turonien moyen c'est la grande hauteur des galeries ou la superposition des niveaux d'exploitation et l'épaisseur généralement faible du recouvrement qui constitue le risque majeur.

Les exploitations du Turonien supérieur conduisent rarement à de tels mouvements car la masse exploitable se trouve à la base de l'horizon et le recouvrement est dans la plupart des cas constitué de barres épaisses et rigides ; par contre des effondrements généralisés dus à une rupture des piliers sont susceptibles d'apparaître comme à Chinon par exemple (le site de Chinon montre d'innombrables cavités - anciennes carrières, caves, habitations, remises... sur plusieurs niveaux ; il s'y est produit de nombreux mouvements. Il fait d'ailleurs l'objet à l'heure actuelle de travaux de confortement).

La quantité de carrières et de caves (certains groupements de cavités de petites tailles constituent un risque aussi élevé que certaines carrières), la méconnaissance fréquente de leur extension, voire de leur existence, l'état apparemment délabré de nombre d'entre elles et les dangers que font courir directement ou non ces vides aux biens et aux personnes justifieraient un service spécialisé dont la première tâche serait de recenser ces vides, d'en établir les plans et d'en définir la stabilité là où le développement de l'urbanisme le nécessite.

2.3 - Glissements de terrains et phénomènes de reptation

Les glissements de terrains sont en général peu importants par les volumes mis en jeu et les surfaces concernées. Ils affectent divers matériaux ; ils correspondent le plus souvent à des conditions météorologiques exceptionnelles.

2.3.1 - Glissements affectant les couvertures altérées des massifs rocheux

On trouve au sommet des terrains turoniens ou sénoniens qui affleurent des formations altérées, pulvérulentes ou non suivant la fraction argileuse qu'elles contiennent. Ces formations, en général peu épaisses, proviennent de l'altération du substratum au cours du Tertiaire et durant le début du Quarternaire (gélifraction...) ; aussi passe-t-on sans solution de continuité de ces matériaux médiocres au substratum sain.

La stabilité de ces matériaux est fonction :

- de la valeur de la pente ;

- de la densité du couvert végétal ;
- des conditions de drainage (naturelles ou non)
- des conditions météorologiques.

Des mouvements peuvent affecter ces franges altérées même lorsqu'elles sont disposées en pente faible ; un glissement relativement important pour la région ($20\ 000\text{ m}^3$) est survenu en 1966 sur une pente de 8° dans la Sarthe (Saint-Jean-de-la-Motte, octobre 1966).

Il intéresse des matériaux sablo-argileux provenant de la décalcification du Turonien supérieur (figure n° 63). Les décrochements verticaux ont atteint 1 m de hauteur, un bourrelet d'1 m d'épaisseur est apparu au pied du glissement et le CD 54 a été déplacé de 10 m environ.

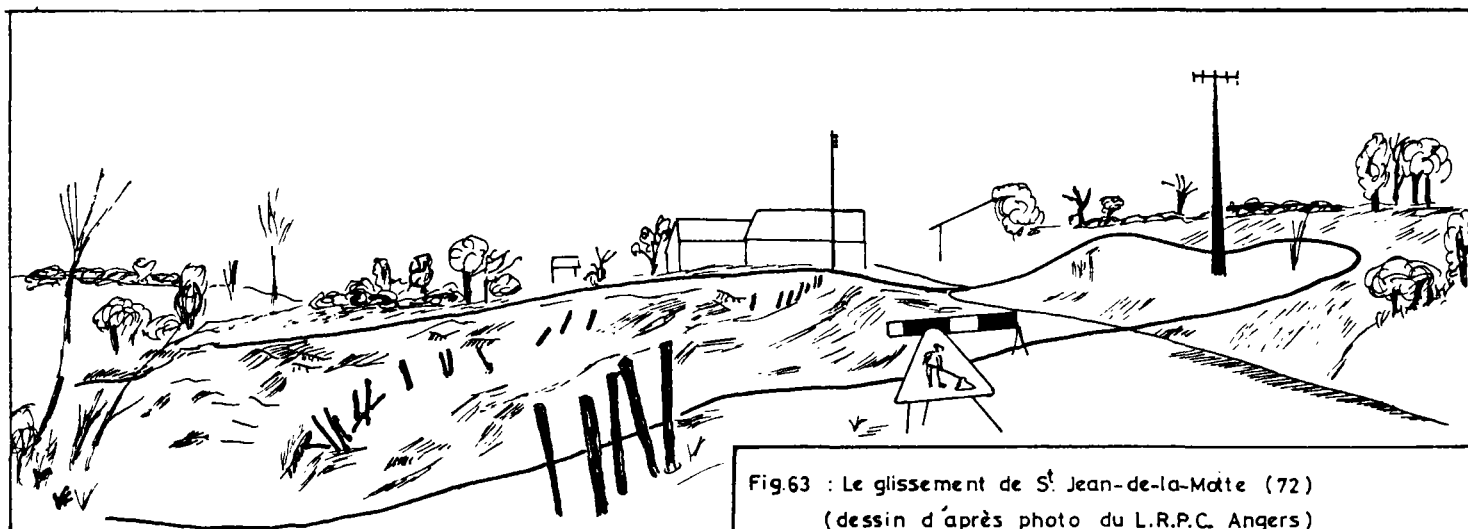


Fig.63 : Le glissement de S^t Jean-de-la-Motte (72)
(dessin d'après photo du L.R.P.C. Angers)

Etant donné la faible pente, il semble que le moteur du mouvement soit une venue d'eau brutale dans le terrain. En effet, ce glissement (comme beaucoup des mouvements de ce type et de cette ampleur, en Touraine) s'est produit à la suite d'une pluie violente (après deux mois déficitaires, le mois d'octobre a présenté un excédent de 65 mm de pluie par rapport à la normale avec une chute de 54 mm le 3 octobre).

En bordure des versants abrupts, les glissements qui affectent les couches altérées du Crétacé supérieur causent souvent des dégâts importants malgré les petits volumes mis en mouvements. En effet, l'énergie mise en jeu peut être considérable ; à titre d'exemple un glissement de 100 m^3 qui se prolonge par une chute libre de 25 mètres a une énergie potentielle de $425 \times 10^3\text{ kg m}^2\text{ s}^{-2}$. Parmi les glissements ce sont en général ces types de mouvements qui sont suivis des dégâts les plus importants.

Des cicatrices de tels mouvements s'observent assez fréquemment le long des versants, la photographie n° 2 de la planche VII montre un de ces arrachements visible dans la vallée du Vau à Vernou-sur-Brenne (37). Le matériau mis en mouvement (à une date inconnue) provient de l'altération du Turonien supérieur, il s'agit d'un mélange d'argile plus ou moins sableuse et de blocs de tuffeau jaune friable.

2.3.2 - Glissements affectant les formations argilo-siliceuses du Sénonien

La stabilité de ces formations est fonction de la quantité de silex qu'elles contiennent ; en effet les essais d'identification (effectués, rappelons-le sur la fraction fine du matériau, inférieure à 0,40 mm^{**}) les classent dans les dépôts plastiques à très plastiques^{***} mais elles peuvent contenir jusqu'à 50 % de la masse en silex ; ces formations ne se comportent plus comme des argiles dans ce cas.

La fraction argileuse est constituée de montmorillonites, argiles gonflantes dont le comportement est fonction des cations absorbés, et de kaolinites avec prédominance de l'une ou de l'autre suivant les endroits.

Les formations argilo-siliceuses ont une tendance nette au fluage, elles masquent très souvent les affleurements sénoniens sous-jacents (craie de Blois et parfois, du moins partiellement, la craie de Villedieu). Ce fluage se manifeste sur des pentes même faibles (quelques degrés) et se traduit par des désordres sur les éléments linéaires fondés superficiellement tels les murs de clôture, les routes... La photographie n° 1 (planche VII) illustre ce genre de désordres que l'on rencontre très fréquemment en Touraine. Ces déformations modifient les propriétés du terrain (SKEMPTON, 1964); au cours de la déformation il y a orientation des feuillets d'argile et diminution de la résistance au cisaillement ce qui ne favorise pas la stabilité.

Les reconnaissances effectuées sur le terrain nous ont montré qu'en zones exemptes de construction ces mouvements sont imperceptibles ; les traces s'expriment : au niveau des routes qui présentent des déforma-

** Tamis de norme AFNOR.

*** Classification L.C.P.C..

tions d'autant plus visibles que leurs fondations sont mal étudiées ou inexistantes, et parfois sur la végétation ; très localement on peut relever des aspects de pentes solifluées.

Par contre en zones urbaines ou sub-urbaines de nombreux désordres traduisent ce phénomène de fluage. (Encore faut-il faire la part entre le mouvement et l'âge des structures, leur robustesse, la présence possible de remblai, la possibilité d'un défaut grave au niveau des fondations..., ce qui nécessite un travail statistique).

Les désordres sont accentués à proximité du contact avec les "calcaires lacustres de Touraine" ce qui correspond aux suintements de la nappe contenue dans cette formation.

Localement, et dans des circonstances particulières : grande épaisseur de dépôt, venues d'eau dues à l'absence de tout-à-l'égout, précipitations exceptionnelles, suppression de la butée de pied du versant..., des glissements circonscrits peuvent apparaître.

2.3.3 - Mouvements affectant les "calcaires lacustres de Touraine"

Les calcaires lacustres peuvent être entraînés dans des glissements affectant le Sénonien argilo-siliceux. Mais on connaît par ailleurs des mouvements les intéressant en particulier. Le terme "calcaires lacustres" désigne une formation très hétérogène comportant des bancs de calcaires diaclasés, des zones silicifiées, des lits de marnes et d'argiles, des poches d'argiles, etc. ; il y circule une nappe relativement importante,

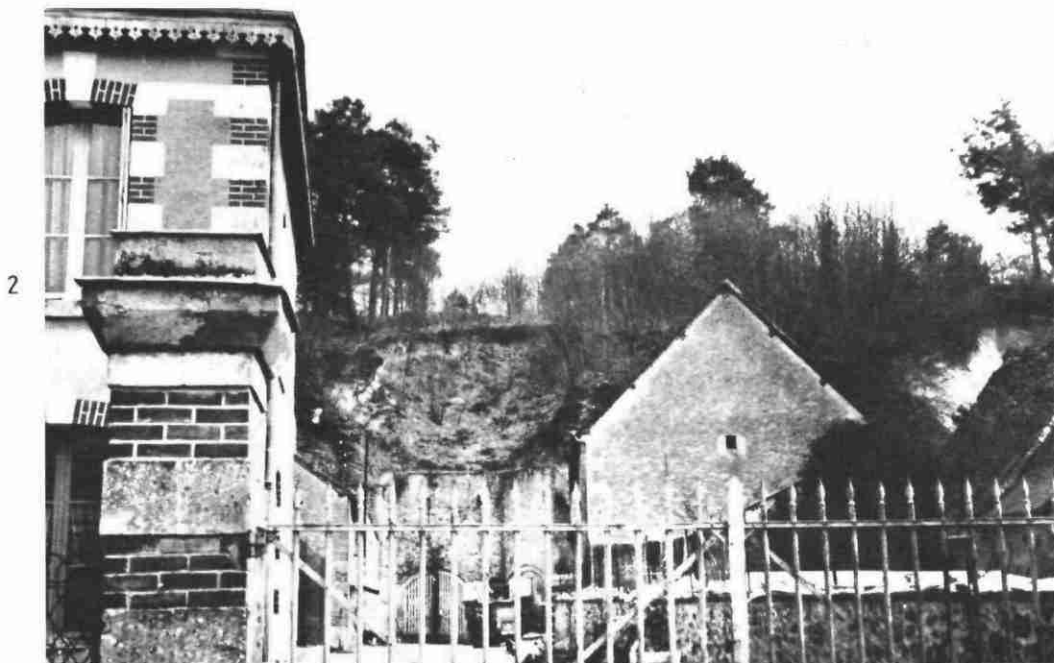
Des mouvements lents, s'apparentant au fluage, ont lieu en versant naturel, à la faveur de couches argileuses, mais des travaux entaillant ces versants peuvent-être à l'origine de glissements importants. Ainsi à Joué-les-Tours (37), sur un talus de déblai de 9 m de hauteur, des loupes importantes ont affecté le remplissage des poches de dissolution et le calcaire qui les entourent ainsi qu'une couche d'argile sous-jacente.

2.3.4 - Mouvements des marnes du Cénomaniens supérieur

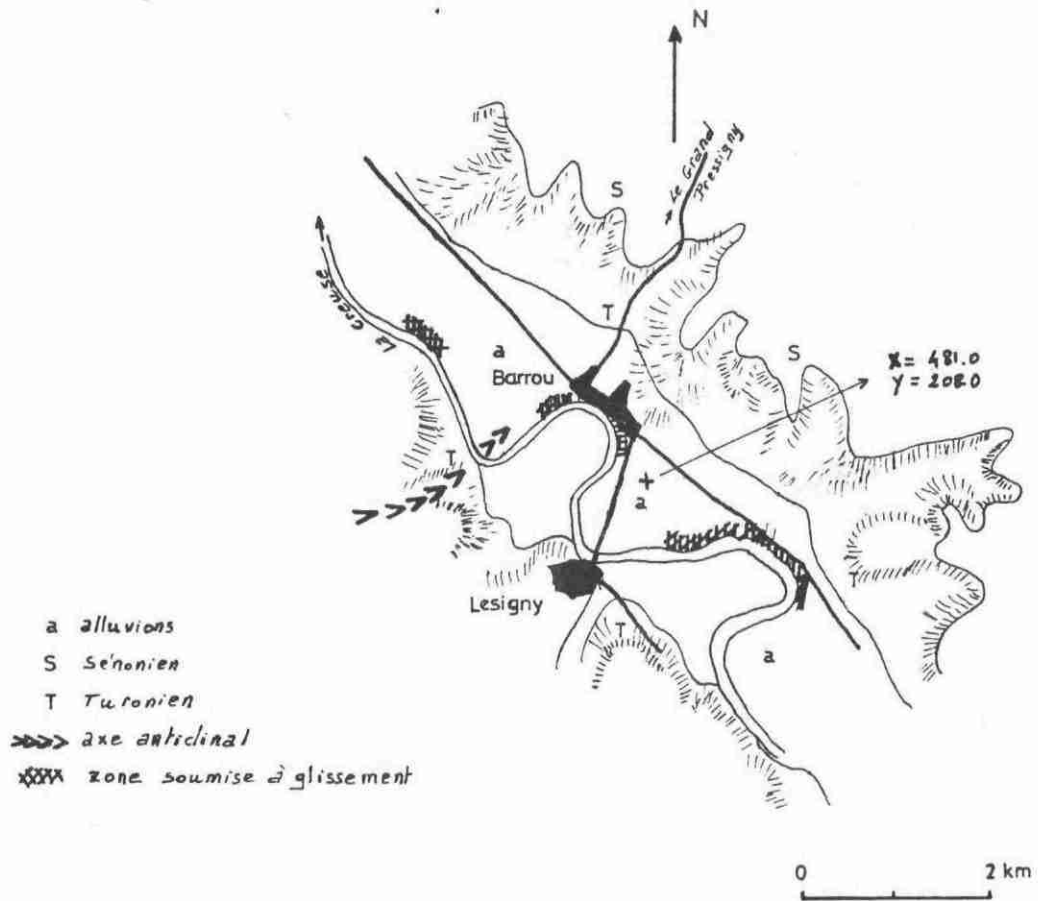
Nous n'avons pas personnellement observé de mouvements dans ces formations. Les seuls mouvements connus remontent au XIX siècle et sont survenus dans la vallée de la Creuse à Barrou (37) et à la Guerche (37). Une polémique sur les causes de ces mouvements s'engagea d'ailleurs à l'époque entre l'abbé CHEVALIER (1858) et le Service des Mines (Archives nationales F 14 8223 : affaissements souterrains de Barrou, Rapport de l'Ingénieur des Mines).



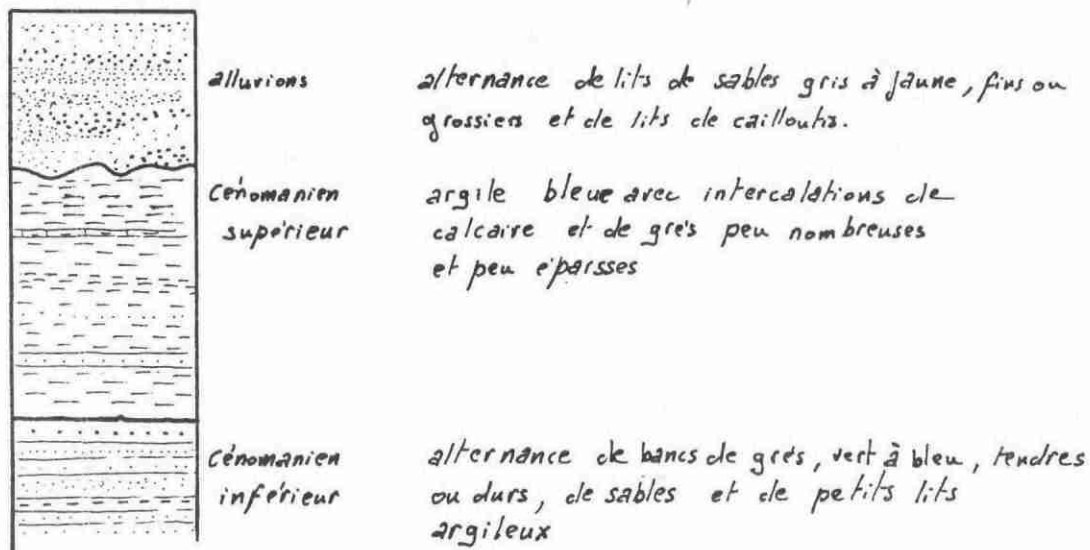
Désordres dûs au fluage du Sénonien argilo-siliceux
et des calcaires lacustres de Touraine (Fondettes, Indre et Loire)



Glissement du recouvrement altéré du Turonien supérieur
(Vallée du Vau, Vernou sur Brenne, Indre et Loire)

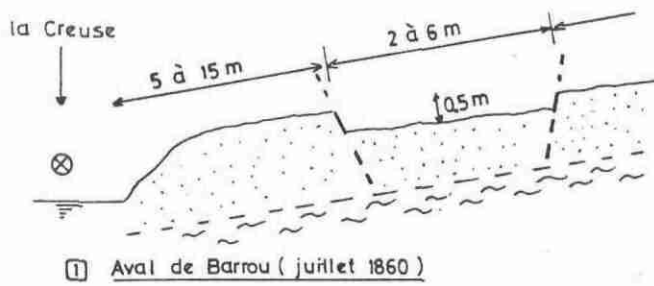


SITUATION GEOLOGIQUE
 d'après la carte géologique au 1/80000

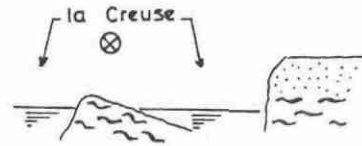


LOG SYNTHETIQUE
 d'après document Service des Mines
 (Archives nationales F14-8223)

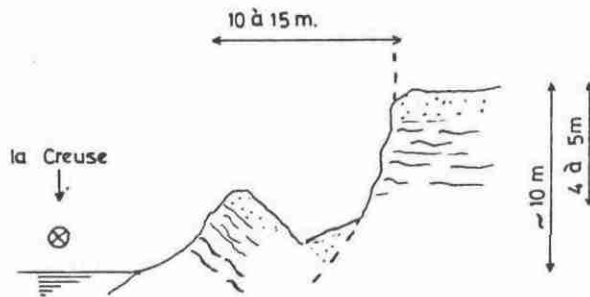
Fig. 64: Les glissements de terrain de Barrou



① Aval de Barrou (juillet 1860)



② Amont du ravin de Mauri



③ Ravin de Mauri

La majorité des glissements survenus durant les années 1850-1860 le long de la Creuse sur les territoires des communes de La Guerche et de Barrou sont de type rotationnel. [coupes 2 et 3]. L'eau contenue dans les alluvions est le moteur principal de ces mouvements. (Elle est également à l'origine de phénomènes de softening responsables de nombreux affaissements.)

La creuse joue également un rôle important [suppression de butée de pied par érosion des berges.], en effet la plupart de ces glissements sont localisés sur les rives convexes des méandres où l'on observe la superposition alluvions-argiles [ravine de Mauri, Barrou, La Tourette]. La description des ingénieurs du Service des Mines [A.H. F14-8223] permet de reconstituer un glissement plan par suppression de butée de pied avec formation d'un graben [coupe 2].

Un mauvais repérage, en plan et en altitude, des forages ne permet pas de dégager de données cinématiques bien qu'à l'époque des essais aient été faits.

Ces glissements ont disparus avec la mise en place d'un drainage efficace.

L'étude des documents et la définition du contexte font ressortir deux phénomènes très différents, dus tous deux à des conditions très particulières.

Le site se présente de la façon suivante : la Creuse coule sur les marnes du Cénomaniens supérieur, compactes. Les rives sont recouvertes d'alluvions qui contiennent une nappe importante. Le bourg de Barrou se situe sur la rive concave d'un méandre (fig. n° 64 et 64 bis).

Des phénomènes de renard se sont développés causant des affaissements importants et des dommages aux habitations du bourg de Barrou.

En bordure de la Creuse les marnes affleurent parfois et présentent des fissures de dessiccation importantes à certaines périodes.

L'infiltration des eaux des alluvions dans les fissures et l'érosion de la berge par la Creuse ont causé des glissements qui se révèlent finalement de faible ampleur. Les mouvements sont du type glissement rotationnel et ont parfois montré des bourrelets de pied assez importants pour émerger dans le lit de la Creuse.

De faible ampleur, intéressant des domaines étroits localisés aux berges de la rivière, ces mouvements sont sans commune mesure avec les phénomènes de renard évoqués, et un drainage adéquat les ferait disparaître.

2.4 - Conclusions : mesures de protection

Par l'ampleur des mouvements, la grande quantité de mouvements potentiels et les dégâts qu'ils sont susceptibles de créer, ce sont les mouvements de type écoulement et effondrement qui constituent le problème majeur dans la région étudiée. Les incertitudes sur l'extension des vides souterrains, la méconnaissance, faute de moyens, de critères (obtenus par des mesures "*in situ*") permettant de juger rapidement et sûrement de la stabilité conduisent souvent à des mesures de prévention qui ne sont peut être pas toujours nécessaires : remblayage, clavage, interdiction de construire..., ou à des projets qui se révèlent économiquement irréalisables.

Signalons qu'il existe à l'heure actuelle des moyens de recherches efficaces pour juger de la stabilité des carrières : mesures de déformations (convergence et expansion), calculs par la méthode des éléments finis sur modèles schématisés..., de même qu'il existe de nombreuses méthodes s'adaptant à chaque cas pour définir l'extension des carrières souterraines quand elles sont partiellement ou totalement inaccessibles : méthode sismique, gravimétrique, électrique, levés en surface à partir d'un émetteur déplacé dans la carrière...

En ce qui concerne les autres catégories de mouvements des précautions simples, le plus souvent peu onéreuses eu égard aux résultats obtenus, éviteraient bien des déboires et des accidents qui peuvent être graves.

Les purges de versants, l'installation de filets ou grillages protecteurs, la sélection et l'entretien du couvert végétal des rebords de falaises permettraient de se prémunir du danger de chute de blocs si les espaces menacés doivent faire l'objet d'aménagement.

Pour les zones (hélas assez nombreuses) où existent déjà des constructions, la mise en place de contreforts ou de filets peuvent amener une sécurité relative.

Les glissements relèvent également de moyens préventifs qui peuvent s'avérer avantageux. D'une part, toutes les zones où affleurent des terrains lithologiquement défavorables ne sont pas susceptibles de glissement ; par ailleurs dans les zones où existent une accumulation de facteurs défavorables : topographie, régime hydraulique, ... des études détaillées peuvent permettre de définir les solutions qui éviteront que des mouvements se produisent, le problème est alors ramené à un choix à effectuer entre les moyens à mettre en oeuvre et les objectifs désirés.

Notons que l'évacuation des eaux (résiduaire, pluviales), le maintien d'une végétation fixant le sol, la purge et le talutage des franges altérées des terrains surmontant les falaises, sont des actions susceptibles d'empêcher des mouvements qui peuvent avoir des conséquences graves.

D'autre part l'existence généralisée de murs, insuffisants, mal ou non drainés, auxquels on a attribué un rôle de soutien des terrasses aménagées dans les côteaux et qui sont soumis à la poussée de matériaux altérés : tuffeau décomposé, colluvions..., constituent un danger permanent pour la sécurité des biens et des personnes.

3 - ELEMENTS A PRENDRE EN COMPTE DANS UNE CARTOGRAPHIE DES ZONES EXPOSEES A DES MOUVEMENTS DE TERRAIN - METHODE ADOPTEE POUR LA CARTE ZERMOS DE TOURS

3.1 - Introduction

L'étude régionale des risques effectuées en Touraine a conduit

à définir un certain nombre de zones justifiant d'une cartographie ZERMOS. L'une d'entre elles, la région de Tours a été retenue par la Direction de la Sécurité Civile dans le cadre du plan ZERMOS.

Ce plan mis en place à la suite des catastrophes de Val d'Isère et du plateau d'Assy (CHAZAN, 1974) a abouti ces dernières années à l'établissement de cartes de localisation probable des zones exposées à des mouvements du sol et du sous-sol (carte ZERMOS). Ce sont des cartes de synthèse à moyenne échelle ; elles constituent les documents d'orientation, des dossiers techniques de travail à l'usage des services administratifs concernés par les problèmes de sécurité et d'urbanisme (HUMBERT, 1975). Elles s'appuient sur l'analyse, à un moment donné, des mouvements et des facteurs, permanents et temporaires, susceptibles d'avoir des effets sur la stabilité des terrains. Elles définissent un certain nombre de zones d'instabilité graduées d'après leur nature. Cette graduation dans l'espace s'effectue à travers un zonage relativement simple autour de trois teintes, l'échelle de ces teintes pouvant être élargie à six par adjonction d'une nuance supplémentaire dans chaque couleur lorsque le contexte l'exige.

Les couleurs employées sont les suivantes :

- le vert : qui indique qu'aucune instabilité ne semble devoir se produire dans la zone considérée.
- l'orange : qui indique qu'une menace potentielle d'instabilité existe, sans qu'il soit toutefois possible d'en préciser la nature exacte et l'ampleur.
- le rouge : qui indique une instabilité réelle ou une menace précise aux conséquences souvent incontrôlables.

3.2 - Nature du risque dans la région tourangelle

L'étude des risques effectuée en Touraine, le contexte géographique, morphologique et géologique du territoire couvert par la carte ZERMOS de Tours permettait de prévoir les risques suivants :

- Chute de blocs : elles intéressent les terrains turoniens et sénoniens qui présentent des versants très raides ou des falaises en bordure des vallées.
- Mouvements de type glissements : ils intéressent diverses formations : formation argilo-siliceuse du Sénonien, horizons argileux des calcaires lacustres sannoisiens, formations altérées, en place ou colluvion-

nées, qui recouvrent les terrains crétacés et tertiaires.

Ils peuvent survenir sur des pentes même faibles, le plus souvent à la faveur de conditions météorologiques exceptionnelles mais parfois dans des conditions normales.

- Mouvements de type écoulement de versants et affaissements : ils sont toujours liés à la présence de vides souterrains le plus souvent créés par l'homme. Les risques d'effondrement karstique sont relativement faibles dans la zone étudiée, car, d'une part les calcaires lacustres sont à dominante marneuse et argileuse, d'autre part le karst qui affecte le Turonien et le Sénonien n'est pas à l'origine de cavités très importantes et il est le plus souvent fossile. Toutefois c'est un risque potentiel, bien que sa probabilité de réalisation demeure très faible.

C'est surtout la présence d'anciennes carrières souterraines, de cavités à usage d'habitation, de remise..., qui constitue le facteur principal de mouvement.

Du fait d'une démographie importante, et du grand développement de l'urbanisme, les probabilités de dommage sont élevées.

3.3 - Identification des zones exposées

La définition des zones exposées prend en compte des critères :

- topographiques
- géomorphologiques : forme des versants, exposition...
- lithologiques
- hydrogéologiques

mais intègre également, à côté de ces facteurs permanents, des facteurs temporels liés à la climatologie, la végétation, les activités de l'homme.

Elle s'appuie sur l'étude des mouvements anciens pour déterminer l'ampleur probable des mouvements futurs.

L'identification des zones exposées est basée sur :

- une documentation bibliographique et orale
- une reconnaissance de surface
- une reconnaissance des principaux vides souterrains.

3.3.1 - La documentation

Les travaux que nous avons menés en Touraine nous ont permis d'acquérir un nombre de données important sur :

- la pathologie des terrains
- l'existence de carrières souterraines (soit directement soit indirectement).

La consultation des cartes hydrogéologiques existantes et celle des cartes géologiques au 1/50 000 (feuilles Tours et Amboise), donnent la localisation dans l'espace de certains facteurs ; la consultation des forages archivés par le Service géologique national a permis de compléter les données retirées de l'examen des cartes géologiques quant à la nature des terrains.

Le Service des Mines (subdivision de Tours) nous a fourni des renseignements sur l'existence de certaines cavités et quelques plans. L'examen des cartes topographiques au 1/25 000 de l'Institut Géographique National nous a fourni quelques entrées de carrières encore que celles-ci soient souvent mal localisées sur les cartes.

C'est surtout l'enquête sur place, auprès des habitants, qui nous a permis d'acquérir de nouvelles données : localisation des entrées, extension (les renseignements sur l'extension de ces vides doivent toujours être soigneusement vérifiés, étant donné les "légendes" qui s'attachent aux galeries souterraines).

Enfin une étude sur photographies aériennes à l'échelle du 1/5 000 (mission 1967) a mis en évidence un certain nombre de zones suspectes et des indices de mouvements.

3.3.2 - Reconnaissance de surface

La reconnaissance de terrain a permis de vérifier certaines données retirées de la photo interprétation ; l'examen de la nature des terrains : tranchées, chantiers, affleurements, carrières, a complété les renseignements portant sur la lithologie, la fracturation et la répartition des terrains (formations superficielles).

Enfin nous avons recherché au cours de cette reconnaissance des indices de mouvements et des données sur l'existence de cavités souterraines autres que celles que nous connaissions déjà.

La carte ZERMOS de Tours couvre deux zones très différentes du point de vue de l'occupation des sols, qui ont présenté chacune des avantages et des inconvénients. La partie occidentale de la carte est une zone sub-urbaine, aussi la détection des cavités souterraines se heurte-t-elle à cette urbanisation, par contre, la mise en évidence des zones soumises à des mouvements de fluage est facilitée par une multiplication des indices qui se manifestent sur les constructions. Cependant toute construction peut présenter des désordres dus à d'autres causes que celles qui nous préoccupent ; le tassement différentiel de couches assez compressibles, la construction sur fondations hétérogènes,... sont susceptibles de faire apparaître des désordres. Aussi n'avons-nous pas attaché une trop grande importance aux cas isolés, et nous avons pris en compte l'ancienneté des constructions leur robustesse, le fait d'avoir à faire à des lotissements ou à des maisons construites séparément, etc... Nous avons cherché par l'examen des désordres - natures, orientations et ouvertures des fissures - et la recherche de leur cause, à faire la part entre les mouvements où dominant les facteurs naturels et les autres.

Par contre dans la région orientale, à dominante agricole, les instabilités de type glissement sont difficiles à repérer contrairement aux vides souterrains (entrées, désordres en surface...).

3.3.3 - Reconnaissances des vides souterrains

L'accès des carrières est difficile dans la mesure où elles ont été morcelées, annexées, rachetées depuis la fin des exploitations par différents propriétaires qui y ont installé des caves, des remises... Ces aménagements sont le plus souvent séparés du reste de la carrière par des murs ; aussi ne subsiste-t-il souvent pour une carrière qu'une seule entrée dont la recherche pose le plus gros problème.

Dans certains cas, du fait de zones murées, de galeries effondrées ou totalement remblayées..., des parties de carrières sont inaccessibles.

En dehors des carrières souterraines, les "caves" posent également des problèmes de stabilité. Ces cavités sont en général peu profondes (elles dépassent rarement 50 m de profondeur) ; mais le risque de mouvement est fonction entre autre du volume de vide que représente ces cavités ; c'est ainsi que des groupements horizontaux ou verticaux de caves peuvent se révéler aussi dangereux sinon plus dangereux que d'anciennes carrières, par les juxtapositions et superpositions anarchiques qu'on y observe. Ils ont donc

été pris en compte. Le temps imparti à l'étude ne permettant pas de visiter toutes les "caves", nous avons principalement opéré par enquête auprès des habitants en ne visitant que les cavités dignes d'attention.

L'extension des carrières souterraines a été difficile à établir du fait de la méthode d'exploitation qui était en général adoptée par les carrières dans cette région. Il ne s'agit pas de carrières par chambres et piliers, relativement faciles à relever, mais d'exploitations par piliers longs (figure n° 65) la détermination de l'enveloppe de chaque carrière est donc délicate, elle est compliquée par l'existence de nombreux effondrements du toit, de murs maçonnés ou de remblais qui obstruent certaines galeries.

Certaines parties de carrières ne pouvant être levées, on a dû faire des extrapolations qui prennent en considération le niveau exploité, l'existence d'indices de surface, la présence de caves murées...

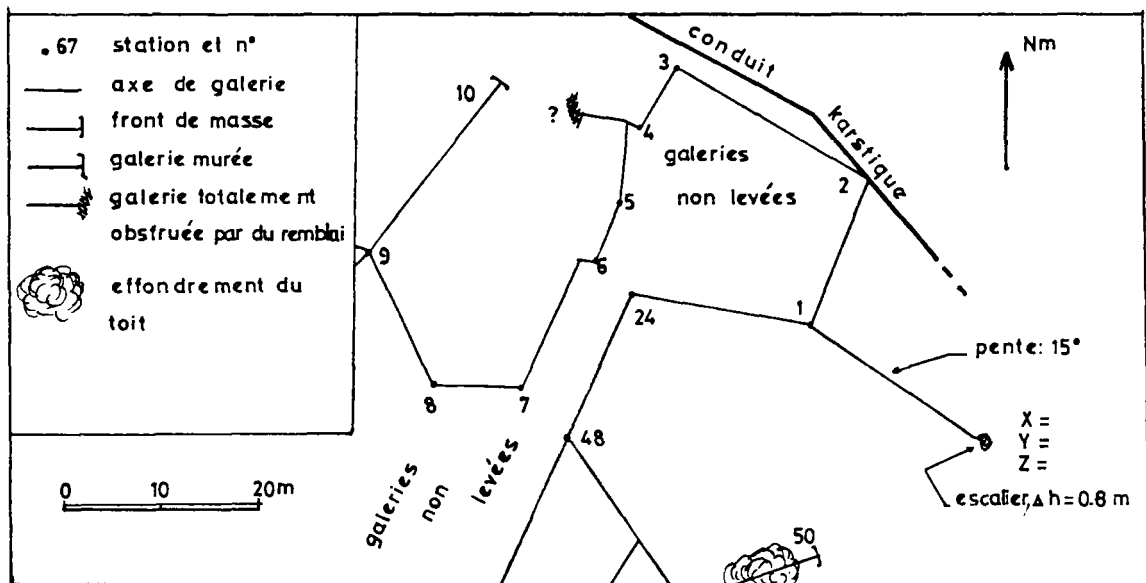


Fig. 65 : Extrait d'un levé sommaire d'une des carrières de Rochecorbon (37),

Chaque carrière ou cave ayant fait l'objet d'un lever sommaire a donné lieu à une fiche (fig. n° 66) ; elle donne la situation de la carrière, la façon dont on y accède et des renseignements sur :

- le mode d'exploitation,
- les dimensions des galeries, des piliers,
- l'état de la carrière,
- l'utilisation actuelle.

NUMERO D'ORDRE : ACCES : _____

DIMENSIONS :

hauteur moyenne des galeries : _____

largeur moyenne des galeries : _____

dimens. moyennes des piliers : _____

hauteur moyenne du recouvrement : _____

importance de l'exploitation : _____

TYPE D'EXPLOITATION :

chambres et piliers _____

piliers longs _____

piliers à bras _____

autre _____

remblaiement _____

exploitations successives _____

ETAT ACTUEL :

niveau exploité : _____

aspect de la roche : _____

aspect des piliers : _____

aspect du toit : _____

cloches de fontis | atteignant la surface
| ne l'atteignant pas hauteur au dessus du toit : _____

venues d'eau _____

UTILISATION ACTUELLE :

champignonnière remise
cave à vin autre _____

REMARQUES :

Fig. 66 : Modèle de la fiche signalétique de carrière.

3.4 - Le zonage

Le zonage s'appuie sur trois couleurs. Il s'y superpose un certain nombre de symboles (figure n° 67) traduisant la dynamique des mouvements ou des caractères particuliers qu'il paraissait souhaitable d'indiquer. Cependant, dans un souci d'éviter de fausses déductions résultant d'une information incomplète par des utilisateurs inexpérimentés, ces symboles ont été limités en nombre. L'expérience prouve en effet qu'une valeur absolue est souvent attribuée aux "indices publiés" alors même que leur recensement est limité ne serait-ce que pour une question de temps.

Etant donné le contexte, le zonage prend en considération plusieurs types de risques.

Par ailleurs, il considère les zones soumises ou susceptibles d'être soumises à un mouvement mais également les zones soumises aux conséquences de ces mouvements.

Le zonage s'effectue autour de trois couleurs :

- le vert : zone où aucune instabilité ou conséquence d'instabilité ne semble devoir se produire du fait :

- . de l'absence d'indices de surface
- . de la nature des terrains et des conditions topographiques, morphologiques et hydrogéologiques qui y règnent
- . de l'absence reconnue de cavités souterraines (carrières, caves...), de l'absence probable de telles cavités en fonction de la lithologie, de l'épaisseur du recouvrement, du manque de moyen d'accès.

- l'orange : zone où on ne relève aucun indice d'instabilité mais où les conditions naturelles (topographie, lithologie, fracturation) combinées à des conditions temporaires (venues d'eau dans le terrain, déboisement, terrassement...) pourraient être à l'origine de mouvements dont l'ampleur reste imprécise.

. l'existence de cavités souterraines est probable mais reste non prouvée (galeries effondrées, remblayées ou murées inaccessibles), ou reste possible par la nature du matériau, les conditions favorables d'accès et d'exploitation.

	arrachement majeur.
	éboulis.
	effondrement (superficie 1500 m ²).
	effondrement (superficie 1500 m ²).
	parement donnant lieu à des chutes de blocs.
	zone présentant des manifestations de fluage du sol.
• 9	entrée d'une cavité souterraine et n° de renvoi à la notice.
	enveloppe d'une carrière : limite d'exploitation reconnue " " " " " " supposée

Fig.67 : Figurés employés dans la carte ZERMOS de Tours

- le rouge : zone où existe une instabilité déclarée ou une menace réelle d'instabilité étant donné :

. l'existence de cavités souterraines (anciennes carrières, groupement de caves, remises..., réseau karstique très développé) qui minent dangereusement le terrain, ou pour lesquelles nous ne possédons aucune donnée sur la stabilité.

. la présence de facteurs topographiques, lithologiques, morphologiques et structuraux favorables à la chute de blocs.

3.5 - La notice

Cette carte est accompagnée, comme toutes les cartes ZERMOS, d'une notice explicative qui, après un bref exposé du cadre de l'étude, rappelle ses buts et l'usage des documents qui en résultent.

Cette notice développe la dynamique des mouvements, leurs facteurs, et aborde les remèdes envisageables et les études qui devraient être engagées dans certains cas.

Elle expose certaines des données analytiques qui n'ont pas été transcrites sur la carte pour les raisons évoquées précédemment.

3.6 - Conclusions

La carte ZERMOS de Tours s'intègre à l'ensemble des cartes réalisées par le Service géologique national, par les éléments pris en compte dans le zonage et la signification donnée à ce dernier. Elle en diffère par son échelle (1/10 000), car le 1/25 000 utilisé couramment se révèle inadapté à la représentation graphique du risque du fait de l'échelle des phénomènes et de leur superposition.

Parce qu'elle concerne une région de plaine et prend en compte les risques engendrés par l'existence de vides souterrains cette carte se rapproche de la carte ZERMOS de LATRESNE-CAMBES-LE TOURNE (Gironde). Elle s'en distingue cependant par la prise en considération du risque lié à d'autres types de mouvements : glissement de terrains et chute de blocs.

La carte ZERMOS de Tours, conséquence d'une étude à petite échelle des risques naturels démontre l'intérêt de tels travaux de synthèse. Le risque était défini, elle a permis d'estimer les moyens à mettre en oeuvre, et la réali-

sation de la carte de Tours a surtout consisté à transcrire et à adapter des résultats acquis à une autre échelle.

Il nous semble que cette transition est particulièrement efficace pour des régions de plaine qui posent des problèmes différents de ceux des zones montagneuses quant à la nature, l'ampleur et la fréquence des mouvements.

CONCLUSION

La méthode d'étude régionale des risques liés aux mouvements du sol et du sous-sol, appliquée en Touraine s'appuie sur :

- une analyse bibliographique et statistique de mouvements anciens et récents.
- une analyse géologique et géotechnique, à l'échelle régionale, menée parallèlement à l'étude des mouvements survenus dans un passé plus ou moins lointain.
- une vérification sur le terrain de certains points particuliers.

L'étude critique des documents disponibles et de leur valeur en qualité et en quantité, permet de s'assurer de la fiabilité des résultats et de les pondérer le cas échéant.

La confrontation des données acquises au cours de ces deux analyses, (bibliographique et géologique) complétée par un travail de terrain, permet d'acquérir une vue d'ensemble assez détaillée des problèmes de stabilité de terrain qui se posent dans une région.

Nous avons ainsi pu définir en Touraine :

- la typologie des mouvements susceptibles de se manifester
- les facteurs, naturels ou non, permanents ou temporaires, qui sont à l'origine de ces mouvements
- une hiérarchie dans leur apparition
- une esquisse de la fréquence de réalisation.

Ce travail a nécessité des recherches assez longues sur la valeur que l'on pouvait attribuer aux documents anciens relatant des mouvements de terrains. L'analyse des documents se rapportant à près de 3 000 mouvements actuellement recensés, l'étude des processus de conservation de ces documents jusqu'à nos jours nous ont permis de définir quelques méthodes d'utilisation de cette documentation et de mieux saisir les limites de son exploitation.

Il ressort que l'absence d'homogénéité dans la qualité et la quantité des documents ne constitue pas un obstacle systématique à l'exploitation d'un tel inventaire et que la multiplicité des sources est un moyen d'investigation précieux pour l'analyse de sa valeur.

Enfin nous insisterons sur le fait que les séries de mouvements qui peuvent être établies dans un espace donné - spatial ou temporel - constituent des échantillons biaisés et que la détermination de ces biais est indispensable à un emploi correct du fichier.

Nous ne prétendons pas avoir examiné l'ensemble de la question, il serait souhaitable que certaines hypothèses émises concernant la documentation soient vérifiées à travers d'autres applications régionales. A cet égard, le traitement sur ordinateur des données concernant près de 3 000 mouvements survenus sur un vaste territoire durant une longue période et connues à travers différentes sources d'information, devrait permettre d'acquérir des résultats représentatifs et peut-être des lois sur les relations qui existent entre sources d'informations - qualité et quantité de données, fréquence des mouvements, périodes concernées - et qui le plus souvent restent encore intuitives.

A partir des résultats déjà acquis sur la valeur du fichier, et d'une poursuite du travail d'inventaire de façon à combler les déséquilibres relatifs qui existent encore à l'heure actuelle dans la distribution nationale des mouvements, nous pensons que de telles études régionales ou départementales peuvent s'effectuer rapidement à partir d'un nombre de mouvements relativement restreint bien que fonction du contexte géologique de la région étudiée.

Ces synthèses valorisent le contenu du fichier, elles permettent d'acquérir une meilleure connaissance des risques de mouvements de terrains à travers des données représentatives. Elles aboutissent à une centralisation de données souvent très dispersées comme celles concernant les carrières souterraines de Touraine par exemple.

Les résultats obtenus sont utilisables à différents stades des études ZERMOS, mais pourraient être utilisés dans des études géotechniques de portée plus générale ; en cela la synthèse à petite échelle constitue un document de base pour les études ultérieures au même titre que la carte géologique est la base de nombreux travaux spécialisés et trouve des applications dans d'autres domaines.

La synthèse régionale est particulièrement adaptée à la "prévision" dans les zones à faible fréquence de mouvements qui ne permettent pas directement un travail d'observation.

Les utilisations du fichier et de ces synthèses sont rassemblées dans le tableau n° 10

En Touraine l'étude a mis en évidence la possibilité d'apparition des mouvements suivants :

- écroulements de versants rocheux et effondrements : leur apparition est liée à l'évolution d'anciennes carrières souterraines et de cavités à usage divers dont la structure initiale et l'état actuel sont souvent loin d'être satisfaisants. La détermination des différents niveaux exploités, des usages du matériau extrait, des méthodes d'exploitation, constitue un guide de recherche et permet de prévoir les types de mouvements susceptibles de se produire.

Indépendamment des risques de mouvements qu'ils représentent, ces vides constituent un danger pour la stabilité des fondations.

- chutes de blocs : liés à l'existence de versants rocheux très raides, fracturés et décomprimés, avec un rôle non négligeable des facteurs météorologiques.

- glissements : plus ou moins importants de matériaux appartenant à divers horizons (sommet du Sénonien, Tertiaire) remaniés ou non au début du Quarternaire. Leur apparition est le plus souvent liée à des facteurs temporaires : travaux, précipitations exceptionnelles ; cependant il existe une manifestation atténuée mais permanente de l'ensemble des facteurs : la réptation, mouvement lent qui affecte fréquemment le Sénonien à faciès argilo-siliceux et certaines formations lacustres argilo-calcaires, même disposées en pente faible.

A l'exception des effondrements liés à des cavités artificielles, la majorité des mouvements est en liaison étroite avec les versants, coteau et rebord des plateaux, qui apparaissent donc comme des zones où s'impose un minimum de prudence. De nombreuses zones se révèlent particulièrement exposées en particulier du fait de l'existence de carrières et des accidents graves sont malheureusement à redouter dans l'avenir.

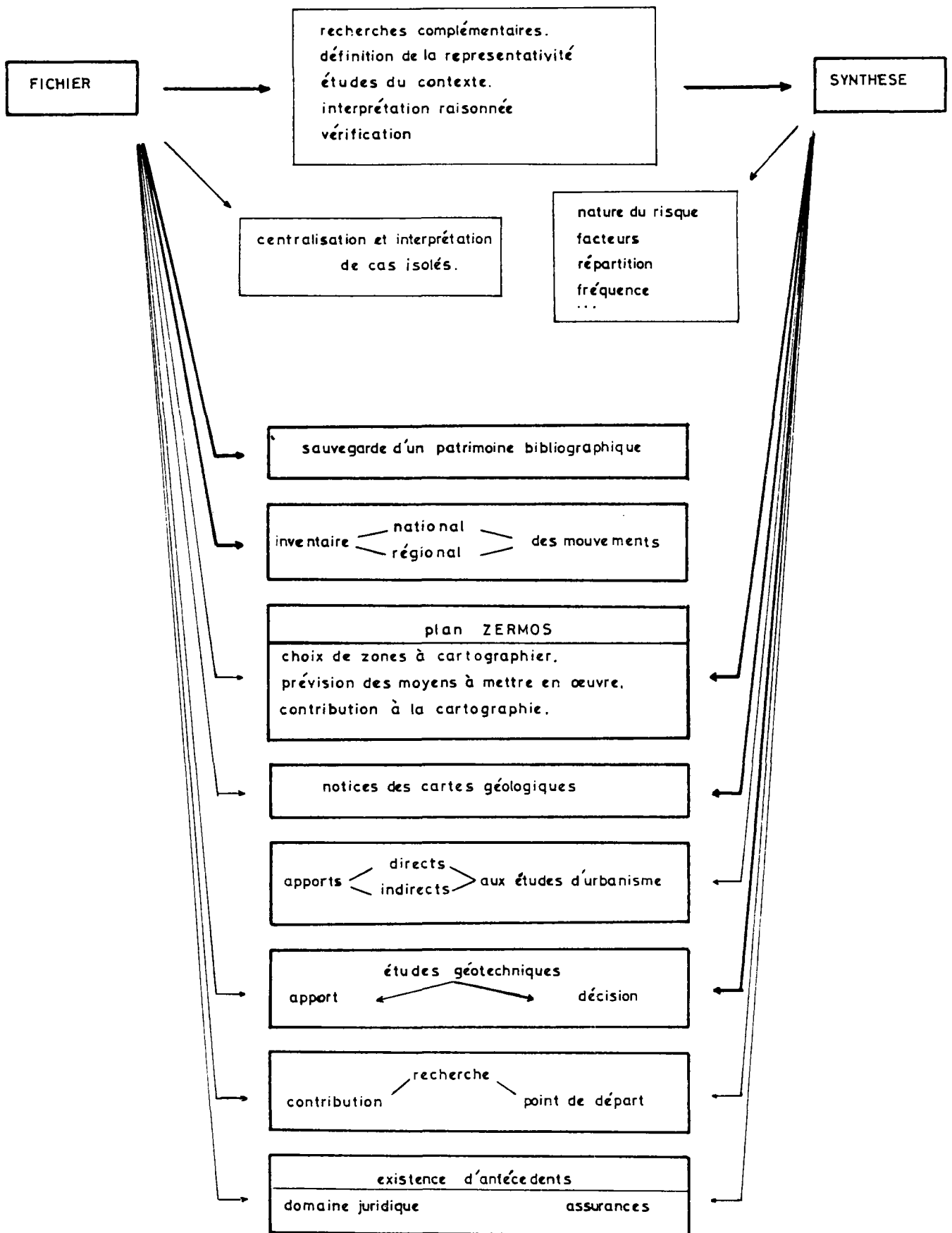


Tableau n° 10 : Domaines d'utilisation d'un fichier des mouvements de terrains et de synthèses régionales

Comparée aux régions montagneuses ou à relief très contrasté, la fréquence d'apparition de mouvements est faible en Touraine. La probabilité de dommage est cependant élevée du fait d'un contexte démographique et psychologique.

Les principaux résultats sont consignés dans des tableaux :

- tableau récapitulatif des mouvements recensés (annexe 2)
- inventaire des zones d'exploitations souterraines (annexe 3)
- tableau récapitulatif des caractéristiques des terrains
- tableau récapitulatif des caractéristiques des mouvements susceptibles d'apparaître en Touraine,

ou sur des cartes :

- carte des mouvements recensés et des victimes
- cartes de localisation des principales zones d'exploitation souterraines.

Nous présentons dans l'annexe 4 une carte de synthèse pour le département d'Indre-et-Loire sur laquelle nous avons fait figurer un certain nombre de paramètres intéressant la stabilité des terrains ainsi que les zones où existe, du fait de la présence de conditions naturelles (lithologie, topographie et morphologie) et artificielles (carrières et autres cavités souterraines), des risques de mouvements avec ou sans l'intervention de facteurs temporaires (précipitations exceptionnelles, remontée de nappe d'eau souterraines, travaux de l'homme).

Cette carte, qui fait la synthèse des résultats acquis dans ce département est un document d'alerte qui attire l'attention sur un certain nombre de secteur où des mouvements pourraient compromettre la sécurité des personnes et des biens.

TYPES DE MOUVEMENTS	TERRAINS CONCERNES	FACTEURS NATURELS	FACTEURS HUMAINS	SITES PARTICULIEREMENT EXPOSES	DIMENSIONS	OBSERVATIONS
ECROULEMENTS DE VERSANTS	Sénonien	falaise fracturation	travaux dans les caves	sites au confluent de deux vallées	largeur : ~100 m	potentiel de mouvements élevé Remèdes : couleux (injection, remblaiement, confortement des vides) zones non œdificandi systèmes d'alerte
	Turonien	<u>cavités souterraines</u>	vibrations déflagrations		emprise sur les coteaux (au sommet) : ~30 m	
CHUTES DE BLOCS	Sénonien	falaise fracturation <u>précipitation violente</u>	absence d'entretien de la végétation des rebords des coteaux déflagrations vibrations	proximité d'axes structuraux	très variables : de la fraction de dm ³ à plusieurs m ³	potentiel de mouvements élevé Remèdes : - purge des versants - contreforts - grillages de protection - plantation d'espèces à racines rampantes
	supérieur Turonien moyen inférieur	cycle gel-dégel mouvements (même faibles) de cavités souterraines				
GLISSEMENTS	Sénonien et Turonien altérés (eluvions et colluvions) "calcaires lacustres de Touraine"	<u>précipitations exceptionnelles</u> mauvais drainage mouvements des coteaux sous-minés	suppression d'une butée naturelle rupture de murs de soutènement rejets d'eau incontrôlés suppression du couvert végétal	proximité du contact des deux formations sommets des falaises zones présentant des mouvements de reptation versants exposés W et N	volume : de quelques dizaines à quelques milliers de m ³ Exceptionnellement quelques dizaines de milliers de m ³ épaisseur : échelle métrique	mouvements "de grande ampleur" liés à des précipitations exceptionnelles (durée / intensité / volume). mouvements de moindres dimensions plus fréquents. nombreux désordres mineurs sur les sites soumis à des phénomènes de reptation Remèdes : drainage / talutage des sommets de falaises / soutènement
	Sénonien (faciès argilo siliceux)	faible quantité de silex				
	Cénomaniens supérieur	significativement inexistants				
EFFONDREMENTS ET AFFAISSEMENTS	faluns d'Anjou Sénonien (craie de Villedieu) Turonien	évolution de carrières à coefficient de sécurité initialement trop faible	travaux dans les cavités	zones proches des versants faible épaisseur du recouvrement	diamètre des fontis fonction dimensions des galeries effondrements généralisés	potentiel de mouvements très élevé remèdes couleux zone non œdificandi
	calcaires lacustres de Beauce et de Touraine Sénonien Turonien	dissolution	_____	vallées fossiles bordures des vallées	fontis pouvant atteindre 10 à 20m de diamètre	mouvements rares et localisés

Tableau n° 11: Caractéristiques des mouvements de terrain de Touraine.

BIBLIOGRAPHIE

- ALBINET M. COTTEZ S. LECOINTRE G. - Les nappes des sables cénomaniens et de la craie dans le Maine, l'Anjou et la Touraine Esquisse provisoire de leur surface piézométrique (étude documentaire) *B.R.G.M., Rapport inédit, DS 64 A 111, Paris, 1964.*
- ALCAYDE G. et al. - *Val de Loire ; Anjou, Touraine, Orléanais, Berry,* Guides Géologiques Régionaux, Paris, Masson 1975.
- ALLARD J.F. - Méthode adoptée dans le Sud-Ouest de la France pour l'étude de la stabilité des carrières souterraines. *Thèse doct. université, Sciences, Bordeaux 1975.*
- ANTOINE P. et al. - Cartographie systématique des mouvements de terrain sur la feuille La Grave (Hautes-Alpes). Symposium National "Sol et Sous-sol et Sécurité des constructions", Cannes, octobre 1973, ed. B.R.G.M.; 1973.
- ANTOINE P. - Réflexions sur la cartographie ZERMOS et bilan des expériences en cours. A paraître in *Bull. B.R.G.M., (2), 3, 3-1976.*
- BLANC A. JATON Cl. - Le tuffeau de Saint-Cyr-en-Bourg. Note techn. inédit. C.R.M.H., Palais de Chaillot, Paris, 1970, 5p., 1 carte, 2pl. 11 phot.
- BOMBARD J.P. - Une approche des problèmes posés par l'étude des mouvements de terrain. Essai méthodologique. *Thèse : 3ème cycle : Sciences de la Terre, Grenoble, 1968.*
- BOUCART J. - Etudes des carrières de la Touraine. *I.T.B.T.P., série D, n° 22, Paris, 1947, 7p, 1 car. ht.*
- CARON B. - Présentation d'une méthode cartographique de prévision des désordres dus aux versants et aux cavités souterraines fossiles dans la région parisienne. Symposium National "Sol et Sous-Sol et Sécurité des constructions", Cannes, octobre 1973, p 78-92, éd. B.R.G.M.; 1973.

- CAUDRON M. - Etude hydrogéologique de la Touraine. Inventaire des points d'eau et des ressources hydrauliques des vallées de la Loire et du Cher en amont de Tours (Indre-et-Loire). *B.R.G.M. Rapport inédit 68 SGL 137 BDP, Paris, 1968.*
- CAUTRU J.P. - Le tuffeau de Touraine. Etude de son altération. *B.R.G.M. Rapport inédit 76 SGN 012 MTX, Paris, 1976.*
- C.E.R.CHAR. - Etude de la stabilité des carrières souterraines. Moyen d'étude *in situ* mis en oeuvre dans les carrières souterraines du département du Nord. *Ann. Soc. Géol. Nord*, XCV, 3, 1975, p. 171-174.
- CHAMPETIER de RIBES G., HUMBERT M., MONITION L. - Enquête préliminaire sur l'existence des zones exposées à des risques liés aux mouvements du sol et du sous-sol (enquête ZERMOS). *B.R.G.M., Rapport inédit 74 SGN 244 AME, Paris, 1974.*
- CHAZAN W. - Le plan ZERMOS. Prévision des risques liés aux mouvements du sol et du sous-sol et prévention de leurs effets. *Annales des Mines*, mars 1974, p. 37-46.
- CHEVALIER Abbé C., CHARLOT G. - *Etudes sur la Touraine. Hydrographie, géologie, agronomie, statistique.* Tours, 1858, 391 p., 4 cart., 7 tabl.
- COLAS G. PILOT G. - Description et classification des glissements de terrain. *Bull. liaison Labo. P. et Ch.*, spécial, mars 1976.
- COUDERC J.M. - Les phénomènes d'hydrologie karstiques en Touraine. *Norois*, 58, 1968, p. 227-251.
- COUDERC J.M. - Inventaire descriptif des phénomènes d'hydrologie karstique en Touraine. *Et. liger.*, 1970/03, 5, p. 29-56.
- DELAUNAY J. - Le fichier national des mouvements de terrains et son application à la connaissance des risques en Touraine. *B.R.G.M., Rapport inédit 76 SGN 249 AME, Paris, 1976.*
- DENIZOT G. - Nos connaissances sur la tectonique du Bassin de Paris. *Bull. B.R.G.M.*, (2), 1, 2-1971, p. 5-10.

- DESPREZ N. - Etudes hydrologiques de la Touraine. Inventaire des points d'eau et des ressources hydrauliques de l'agglomération de Tours (Indre-et-Loire). *B.R.G.M., Rapport inédit 69 SGL 201 BDP, Paris, 1969.*
- DION R. - *Le Val de Loire. Etude géographique régionale.* Tours, Arrault et Cie, 1934.
- DUBUS J. - Etude de la stabilité des caves de Vouvray-sur-Loir (Sarthe) *B.R.G.M., Rapport inédit DS 67 A 115, Paris, 1967.*
- DUFFAUT P., LOUIS Cl. - L'eau souterraine et l'équilibre des pentes naturelles. *Bull. B.R.G.M. (2), 3, 4-1972, p. 3-12.*
- DURAND E., FEUGA B., LOUIS Cl. - Etude hydraulique et mécanique de la cavité souterraine de Cinq-Mars-la-Pile et projet de son auscultation. *B.R.G.M., Rapport inédit 75 SGN 178 AME, Paris, 1975.*
- ERHART H. - *La genèse des sols en tant que phénomène géologique.* Paris, Masson et Cie, 1956.
- ERNEK P. - L'eau et l'équilibre des pentes et versants. Effets des précipitations sur la stabilité. (F'Derik). *Thèse : 3ème cycle : Géologie et minéralogie appliquée, Orléans, 1976.*
- FOOKES P.G., SVEENEY M. - Stabilisation and control of local rock falls and degrading rock slopes. *Q. Jl. Engng. Geol., vol, 9, 1976, p. 37-55.*
- GARNIER M. - *Longues séries de mesures de précipitation en France. Zone 1 (Nord, Région parisienne, Centre).* Mémorial de la Météorologie Nationale n° 53, fasc. 1, Paris, 1974.
- GIGOUT M., ESTEOULE J., ESTEOULE-CHOUX J., RASPLUS L. - Les faciès argilo-siliceux du Sénonien de Touraine. *Bull. B.R.G.M., (2), 1, 3-1969.*
- GOGUEL J. - Données techniques sur l'effondrement des cavités souterraines. *Ann. Spéléo. Fr., VIII, 1, 1953, p. 1-8.*

- GOUNON A. - Schéma géotechnique provisoire de Tours et ses environs (Indre-et-Loire). *B.R.G.M., Rapport inédit 68 SGL 181 BGA, Paris 1968.*
- HERITIER F., VILLEMIN J. - Mise en évidence de la tectonique profonde du Bassin de Paris par l'exploitation pétrolière. *Bull. B.R.G.M., (2), 1, 2-1971, p. 11-30.*
- HOWE E. - Landslides in the San Juan Mountains, Colorado. *U.S.G.S., Prof Papers, 67, 1909.*
- HUMBERT M. - Les mouvements de terrains. Principes de réalisation d'une carte prévisionnelle dans les Alpes. *Bull. B.R.G.M., (2), 3, 1-1972, p. 13-28, 6 fig.*
- HUMBERT M. - Inventaire des glissements de terrains au Québec et cartographie géotechnique des zones instables. *B.R.G.M., Rapport inédit 74 SGN 428 AME, Paris, 1974.*
- HUMBERT M. - Etablissements des cartes de localisation probable des zones exposées à des mouvements du sol (Cartographie ZERMOS). *B.R.G.M., Rapport inédit 75 SGN 127 AME, Paris, 1975.*
- HUMBERT M., LHEUREUX L., LEMAIRE B. - Inventaire et analyse des glissements de terrain au Québec. Compte rendu de la mission réalisée dans le cadre de la coopération franco-québécoise géologique et minière *B.R.G.M., Rapport inédit 76 SGN 539 BSS/AME, Paris 1976.*
- KLEIN Cl. - Massif Armoricaïn et Bassin Parisien. Contribution à l'étude géologique et géomorphologique d'un massif ancien et de ses enveloppes sédimentaires. Normandie, Maine, Anjou, Touraine, Poitou septentrional et contrées adjacentes. *Paris, Baulig, 1973, 3 vol., 882 p., il., Thèse Sc. Nat., Brest, 1973.*
- Laboratoire Central et Laboratoires régionaux des Ponts et Chaussées, Groupe d'Etude des Talus - *Les glissements de talus routiers, études des désordres observés entre 1963 et 1967.* Ministère de l'Equipement et du Logement, Paris, 1968.
- LANDRY J. - Cartographie géotechnique et étude des mouvements de terrain en Tchecoslovaquie. Compte rendu d'un voyage d'étude du 3 au 16 mai 1976. *B.R.G.M., Rapport inédit 76 SGN 419 AME, Paris, 1976, 11 fig., 14 phot.*

- LECOINTRE G. - La topographie souterraine de la région tourangelle d'après les forages. *B.C.G.F.*, t. 35, 185, 1933, 1 vol. in 8°, 56 p., 6 pl. (cartes et coupes).
- LECOINTRE G. - *La Touraine*. Geologie régionale de la France IV, Paris, Hermann et Cie, 1947.
- LECOINTRE G. - *Tectonique des terrains crétacés du Sud-Ouest du Bassin de Paris (Touraine et environs)*. B.R.G.M., Fr, Publ. n° 22 1959, p. 1-103 11 fig., 1 dépl. ht.
- LEMOINE P., HUMERY R., SOYER R. - Les forages profonds du Bassin de Paris *Mem. Muséum d'Hist. Nat.*, Nlle série, XI, 1939.
- LIMASSET O., TALBO H. - Ressources en eaux souterraines dans le Maine et l'Anjou (synthèse documentaire). B.R.G.M., *Rapport inédit 71 SGN 134 BPL*, Paris, 1971.
- LORAIN J.M. - Esquisse géologique et géotechnique de la région Centre. *Bull. Liaison Labo. P. et Ch.*, 55, oct-nov. 1971, p. 97-108.
- LOUIS Cl. - Etude des écoulements dans les roches fissurées et de leurs influences sur la stabilité des massifs rocheux. (Thèse Univ. Karlsruhe). *Bull. Etudes et Recherches EDF*, série A, n° 3, 1968
- MALATRAIT A.M. - Mouvements gravitaires dans le territoire couvert par la feuille Saint-Jean-de-Maurienne (Savoie) à 1/50 000. B.R.G.M., *Rapport inédit 75 SGN 229 AME*, Paris, 1975.
- MASSON M. - Utilisation de la géomorphologie dans les études géotechniques de sites à urbaniser. *Bull. Liaison Labo. P. et Ch.*, 62, nov-déc. 1972, p. 59-69.
- MASSON M. - Influences des héritages périglaciaires sur l'instabilité des pentes naturelles. Application à la Normandie. *Bull. Liaison Labo. P. et Ch.*, spécial, mars 1976, p. 77-89.
- MEGNIEN Cl. - Observations sur les ondulations tectoniques du Bassin de Paris et hypothèse sur une dislocation majeure du socle. *Bull. B.R.G.M.*, (2), 1, 2-1971, p. 31-40, 2 fig.

MERRIL A.H., PETERSON J.R. - Deformation of borehole in rock. *US. Bur. Mines, Rep. Investing.*, 5881, 1961, 32 p., 7 fig., 8 pl.

Ministère des travaux Publics - *Recherches statistiques et expériences sur les matériaux de construction. Répertoire des carrières de pierre de taille exploitées en 1889.* Paris, Baudry et ie, 1890.

MOLITOR D. - "Landslides". *Assoc. Eng. Soc. Jour.*, XIII, 1894, p. 12-32.

MORLIER P. - Le fluage des roches. *Ann. I.T.B.T.P.*, 217, 1966.

MOUGIN J.P. - Les mouvements de terrains. Recherches sur les apports mutuels des études géologique et mécanique à l'estimation de la stabilité des pentes. *Thèse Doct. Ing., Sciences de la Terre, Géologie appliquée, Grenoble, 1973*, 195 p., 54 abaques, ill.

NEMCOK A., PASEK J., RYBAR J. - Classification of Landslides and Other Mass Movements. *Rock Mechanics*, 4, 2, 1972, p. 71-78.

NILSEN T.H., TURNER B.L. - Influences of Rainfall and Ancient Landslide Deposits on Recent Landslides (1950-1971) in Urban Areas of Contra Costa County, California. *Geological Survey Bulletin*, 1388, 1975.

Organisme d'études d'aménagement de la région Centre - Métropole jardin, schéma d'aménagement de la Loire moyenne. *Urbanisme*, 150, 1975, p. 47-61.

PATTON F., DEERE U. - Significant geologic factors in rock slope. Symp. for open pit mining, Vancouver, B.C, November 23-25, 1970.

RASPLUS L. - Données stratigraphiques et structurales nouvelles sur la région de Loches (Indre-et-Loire). *Bull. B.R.G.M.*, (2), 1, 3-1968, p. 11-18.

RENAULT Ph. - Contribution à l'étude des actions mécaniques et sédimentologiques dans la spéléogénèse. *Ann. Spéléo. Fr.*, XXII, 1967

RENAULT Ph. - Contribution à l'étude des actions mécaniques et sédimentologiques dans la spéléogénèse. *Ann. Spéléo. Fr.*, XXIII, 1968.

- RYBAR J., PASEK J., REPKA L. - Dokumentation der systematischen Untersuchung der Rutschungsgebiete in der Tschechoslowakei. *Eng. Geol.*, 1, (1) 1965, p. 21-29, rés. angl.
- RICARD L.Ph. - Mise sur fiches des mouvements de terrains survenus en France et projet d'un fichier informatisé. *B.R.G.M., pré rapport inédit, Paris, 1976.*
- RIVELINE-BAUER J. - Etude sédimentologique des principaux faciès du Turonien de Touraine. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, VII, 2, p. 323-326.
- ROTHER J.P. - Note sur la sismicité de la France métropolitaine. In : *Règles parasismiques 1969 et annexes*. D.T.U., Société de Diffusion des Techniques du Bâtiment et des Travaux Publics. octobre 1970.
- ROUBAULT M. - *Peut-on prévoir les catastrophes naturelles ?* Paris P.U.F., 1973.
- SANSON J. - *Recueil des données statistiques relatives à la climatologie de la France*. Mémorial de la Météorologie Nationale n° 30, Paris 1961.
- SHARPE C.F. - *Landslides and Related Phenomena*. Columbia University Press 1938, 125p.
- SKEMPTON A.W. - Long term stability of clay slopes. *Geotechnique*, XIV, 1964 p. 77-102.
- STEPHANSSON O. - Stability of single openings in horizontally bedded rock. *Eng. Geol. ned.*, 1971/2, V, 1, p. 5-71, 24 fig., 8 tb.
- TALOBRE J.A. - *La mécanique des roches*. Paris, Dunod. 1967
- TERZAGHI K., PECK R.B. - *Mécanique des sols appliquée aux travaux publics et au bâtiment*. Dunod, Paris, 1961, 558 p., ill.
- THOMAS A. - Détermination et cartographie des zones de risque en mécanique des sols. Symposium National "Sol et Sous-sol et Sécurité des Constructions", Cannes, octobre 1973, p. 202-211, édit. B.R.G.M. 1973.

- TINCELIN E., SINOU P. - Effondrements brutaux et généralisés. Coups de toits
Rev. ind. minier., IV, 244, 1962.
- TSYTOVITCH N.A. et al. - Principles of Geocryology. *Academy of Sciences of URSS, Institute of Permafrost studies*. Traduction National Council of Canada, Ottawa, 1966.
- VOGT J. - La contribution possible d'un inventaire systématique des témoignages du passé à l'appréciation du comportement des terrains et à la prévision des "risques géotechniques". Symposium National, "Sol Sous-Sol et Sécurité des Constructions", Cannes 1973, p. 212-217, édit. B.R.G.M., 1973.
- VOGT J. - L'apport des archives à la connaissance géologique du Vaucluse : tremblements de terre, glissements, éboulements. A paraître in *Etudes Vauclusiennes*.
- VOGT J. - Archives et géologie appliquée. A paraître in *La gazette des archives*.
- WEBER C., LORNE J. - Le socle anté-permien dans la bordure sud-ouest du bassin de Paris. Essai d'interprétation par les méthodes géophysiques. *Bull. B.R.G.M.*, (1), 1-1966, p. 67-85.
- WILSON A. - Research into the determination of pillar size. An hypothesis concerning pillar stability. *The mining engineer*, 141, 1972.
- YVARD J.C. - Stratigraphie quaternaire de la vallée de l'Indre. *Thèse Univ : Géologie, Paris, 1967*, 223 p. ronéot., 50 fig., 23 phot.

CARTES GEOLOGIQUES :

au 1/320 000 Bourges (2ème éd.)
 Nantes (2ème éd.)

au 1/80 000 Angers (2ème éd.)
 Chatellerault (2ème éd.)
 Le Mans (2ème éd.)
 Loches (2ème éd.)
 Saumur (2ème éd.)
 Tours (3ème éd.)

au 1/50 000 Amboise
 Blois
 Chinon
 Langeais
 Loches
 Saumur
 Tours

Renseignements Code Minier

Renseignements oraux

- Archives départementales d'Indre-et-Loire.
- Atelier d'Urbanisme de Tours.
- Service des mines, subdivision de Tours.

TABLE DES ANNEXES

- Annexe n° 1 : Lexique des mots clefs et des codes. Consignes de rédaction des bordereaux.
- Annexe n° 2 : Tableau récapitulatif des mouvements de terrain recensés en Touraine.
- Annexe n° 3 : Inventaire provisoire des principales zones d'exploitation souterraine en Touraine (Indre-et-Loire, Loir -et-Cher, Maine-et-Loire)
- Annexe n° 4 : Carte des risques liés aux mouvements du sol et du sous-sol en Indre-et-Loire.
- Annexe n° 5 : Carte géologique simplifiée de la région étudiée (échelle 1/320 000).

ANNEXE N° 1

LEXIQUES DES MOTS-CLES ET DES CODES

1 - LEXIQUES DES MOTS-CLES

- Nature des terrains
- Morphologie
- Type de mouvement
- Facteurs naturels
- Facteurs humains
- Importance du mouvement
- Dégats matériels
 - Substantifs
 - Adjectifs
- Annexe

2 - REPERTOIRE DES CODES

- Numéro d'identification
- Confidentialité
- Département et commune
- Précision sur les coordonnées
- Précision sur la date
- Victimes
- Origine de l'information
- Instructeur du dossier

CONSIGNES DE REDACTION DES BORDEREAUX

NATURE DES TERRAINS

ALLUVION	Formation meuble résultant d'un transport fluvial
ALTERATION	Matériaux résultant de l'altération superficielle des roches sédimentaires.
ANHYDRITE	
ARDOISE	Schiste à pâte fine susceptible de se cliver en feuillets de quelques millimètres.
ARENE	Formation résultant de l'ameublissement par un mécanisme quelconque d'une roche métamorphique ou éruptive
ARGILE	Roche composée principalement de minéraux argileux, de consistance variable.
ARGILE-A-BLOCAUX	Brèche sédimentaire, glaciaire.
ARGILITE	Argile indurée dont la consistance ne varie pas.
BRECHE	Conglomérat à éléments anguleux
CALCAIRE	
CARGNEULE	Roche carbonatée à structure squelettique résultant de la dissolution de certains éléments.
COLLUVION	Dépôt de pente - formation meuble ayant subi un transport autre que fluvial.
CONE	Cône de déjection
CRAIE	
DEPOT	Accumulation naturelle de matériaux meubles, pulvérulents ou cohérents (à n'utiliser qu'en l'absence du nom exact).
EBOULIS	Formation constituée d'éléments anguleux, hétérométriques, non cimentés, accumulés sous le seul effet de la gravité.
EVAPORITE	
FLYSCH	
GRES	Arénite consolidée à grains de quartz prédominants.
GYPSE	
INCONNU	
LAVE	Roche effusive
LIMON	
LOESS	Dépôt éolien.
MARNE	Roche sédimentaire composée en proportion sensiblement égale d'argile et de carbonate de calcium.

MOLASSE	Grès à ciment calcaire ou calcaire argileux à éléments hétérogènes ni usés ni classés.
MORAINE	
POUDINGUE	Conglomérat à éléments arrondis.
PROJECTION	Dépôt meuble et pulvérulent d'origine volcanique.
REMBLAIS	Formation remaniée résultant de l'action de l'homme. remblais routiers, remblais de voie ferrée...
ROCHE	Formation rocheuse indéterminée. A n'utiliser qu'en l'absence de détermination plus précise.
ROCHE-ERUPTIVE	
ROCHE-METAMORPHIQUE	
ROCHE-SEDIMENTAIRE	
SABLE	Arénite non consolidée.
SCHISTE	Roche présentant un métamorphisme peu important.
SILT	Roche détritique meuble dont la fraction granulométrique silteuse est dominante (lutite).
TERRE	Terre végétale.
SUPERF	Formation superficielle indéterminée. A n'utiliser qu'en l'absence de terme plus précis.

MORPHOLOGIE

INCONNU

FALAISE

Pente supérieure à 75° (370 %)

PENTE-FORTE

370 % > pente > 45 %

PENTE-MOYENNE

45 % > pente > 10 %

PENTE-FAIBLE

10 % > pente > 0 %

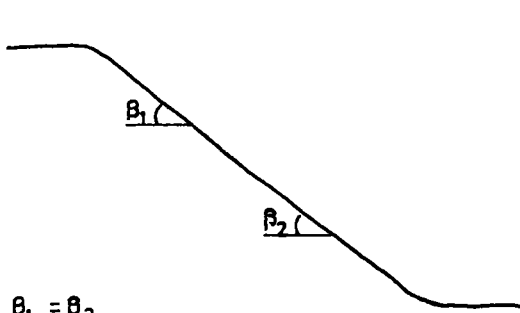
PENTE-NULLE

PENTE-REGULIERE

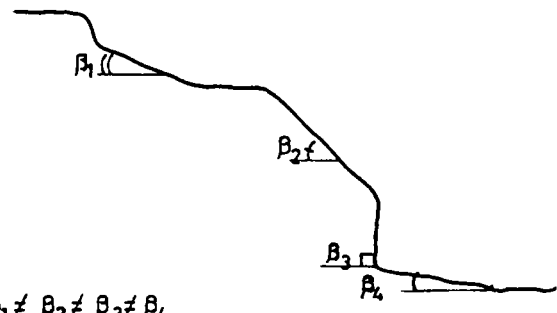
Versant à inclinaison constante

PENTE-IRREGULIERE

Versant à inclinaison non constante



PENTE-REGULIERE



PENTE-IRREGULIERE

ANCIENNEMENT-GLISSEE

SOLIFLUEE

NORD

Versant exposé Nord

EST

Versant exposé Est

SUD

Versant exposé Sud

OUEST

Versant exposé Ouest

BASE

Les matériaux mis en mouvement proviennent de la base du versant.

MILIEU

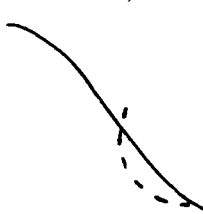
Les matériaux mis en mouvement proviennent du milieu du versant.

SOMMET

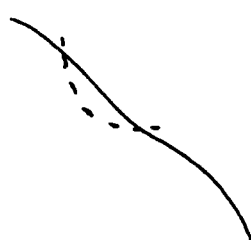
Les matériaux mis en mouvement proviennent du haut du versant.

TOTALITE

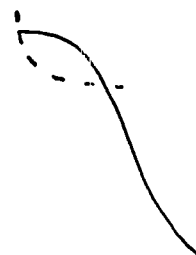
Le mouvement intéresse la totalité du versant.



BASE



MILIEU



SOMMET



TOTALITE

TYPE DE MOUVEMENT

AFFAISSEMENT	Abaissement, sans rupture en surface, de la surface topographique. Mouvement dû à la présence de vides souterrains.
COULEE	Mouvement plus ou moins rapide, plus ou moins continu, affectant des matériaux argileux détrempés. Mouvement sans surface de rupture, s'apparentant au transport en milieu aqueux, qui résulte de la présence d'une quantité d'eau trop importante dans le matériau.
ECROULEMENT	Chute, plus ou moins libre, de masses rocheuses le long de parois très raides.
EFFONDREMENT	Abaissement, accompagné d'une rupture, de la surface topographique. Mouvement résultant de l'existence de vides souterrains. Fontis, effondrement généralisé d'une carrière...
GLISSEMENT	Mouvement superficiel ou profond, plus ou moins rapide, de matériaux meubles ou rocheux, sur des versants dont la pente peut être faible. Glissements rotationnels ou translationnels de matériaux meubles, glissements de bancs rocheux, solifluxion, reptation des sols, glissements de débris.
INDETERMINE	Mouvement de terrain qui ne peut être attribué à un type précis en raison d'un document imprécis ou déficient (description insuffisante, impossibilité d'effectuer des recoupements...)
LAVE	Mise en mouvement de matériaux divers : boue, blocs, débris végétaux..., accumulés dans le lit d'un torrent, dans un thalweg..., à la suite du ravinement du sol par une pluie violente.

FACTEURS NATURELS

DEGEL	Fusion de la glace, fonte des neiges, libération d'eau conduisant à une augmentation de la teneur en eau du matériau.
ETAT-FRACTUR	Existence de fissures, de fractures, dont l'arrangement favorise la mise en mouvement du terrain. Peut être employé pour signaler l'existence de fissures de retrait dans une masse argileuse.
INCONNU	
INFILTRATION	Infiltration d'eau dans le matériau conduisant à une augmentation de la teneur en eau, voire à la saturation, ou à des sous-pressions.
INONDATION	
POCHE-EAU	Vidange brutale d'une accumulation d'eau naturelle : rupture d'un barrage naturel, vidange d'une accumulation d'eau sous glaciaire.
PRECIPITATION	Mouvement dans lequel les eaux de pluie jouent un rôle (mécanique, physico-chimique)
PRESSION	Mise en charge d'un réseau karstique.
REMONTEE-NAP	Remontée, naturelle, de la surface libre ou de la surface piézométrique de l'eau souterraine, induisant des sous-pressions dans le terrain.
RENARD	Phénomène de renard ; érosion souterraine régressive, entraînement des particules fines du sol ou cisaillement du sol sous l'action d'un gradient de pression.
SAPE	Suppression d'une butée de pied par un cours d'eau, la mer...
SATURATION	Caractérise un sol saturé ; ne peut être employé qu'avec un autre terme du lexique (SATURATION/PRECIPITATION par exemple)
SEISME	
VIDE-NAT	Existence de cavités souterraines naturelles : Karst, cavités fossiles en bordure de vallée résultant d'une érosion passée...

FACTEURS HUMAINS

CARRIERE	Exploitation à ciel ouvert abandonnée.
CARRIERE-SOUT	Carrière, artisanale ou non, mine abandonnée.
DEBOISEMENT	Coupe claire, suppression directe ou indirecte du couvert végétal.
DRAINAGE	Réseau de drainage abandonné, interruption du drainage.
EXPLOITATION	Carrière, mine, en exploitation ; cavité en cours de creusement.
FUITE	Fuite d'une canalisation d'eau, d'un égout... présence de puisard.
FOUDROYAGE	Travaux souterrains consistant à supprimer des éléments participant à la stabilité d'un vide souterrain.
INCONNU	
IRRIGATION	Apport d'eau dans un terrain.
MODIFICATION-ECOUL	Modification des écoulements naturels, qu'ils soient souterrains ou aériens.
POMPAGE	Prélèvement d'eau inconsidéré dans un aquifère induisant une dissolution de couches gypseuses le développement de phénomènes de renard...
SURCHARGE	Chargement d'une tête de glissement, du toit d'une carrière souterraine...
TERRASSEMENT	Excavation à ciel ouvert inconsidérées, suppression d'une butée naturelle.
VIDES	Vides souterrains autres que des carrières ou des exploitations minières : souterrain, habitation troglodyte...
IMPORTANCE DU MOUVEMENT (Dans un contexte régional)	
GRAND	Mouvement de grande ampleur pour la région considérée.
PETIT	Mouvement de faible ampleur pour la région considérée.
NORMAL	Mouvement d'ampleur conforme à la moyenne des mouvements de la région considérée.

DEGATS MATERIELS

SUBSTANTIFS

ATELIER	Bâtiment à usage industriel, en général faisant l'objet d'une occupation temporaire.
AUCUN	
BARRAGE	Barrage <i>sensu stricto</i> , digue, écluse...
BATIMENT	Construction à usage autre qu'industriel ou d'habitation : remise, grange, mais également sanatorium, hôpital, gare...
BETAIL	Bovins, porcins, ovins, chevalins.
BOIS	Petite étendue de terrain plantée d'arbres autres que fruitiers.
CANAL	Canal et par extension rivière, torrent..
CANALISATION	Drain, conduite forcée, adduction d'eau de gaz etc.
CHAMP	Terrain cultivé (céréales, agrumes), prairie artificielle
ECOLE	
FORET	Grande étendue de terrain plantée d'arbres autres que fruitiers
HABITATION	Habitat individuel : villa, pavillon...
IMMEUBLE	Habitat collectif
INCONNU	
JARDIN	
MUR	Ne désigne que des clôtures, des murs de soutènement
PATURAGE	
PONT	
ROUTE	Route, autoroute, voie de communication terrestre autre que ferrée et fluviale.
TUNNEL	
VERGER	
VIGNE	
VOIE-FER	Voie ferrée, privée ou publique

ADJECTIFS

COMBLE
DEPLACE
DETRUIT
ENDOMMAGE
INUTILISABLE
MORT
OBSTRUE

ANNEXE

AVANCEMENT	Observations sondeurs : récupération, vitesse, évolution du niveau d'eau, diamètres successifs de creusement. En spéléologie : notes de progression en cavité naturelle.
CHIM-ROCHE	Analyse chimique faite en laboratoire.
CLIMATOLOGIE	Données climatologiques brutes
COUPE-DETAIL	Coupe géologique d'origine et/ou détaillée.
COUPE-INDUS	Coupe d'exploitation d'une carrière, d'une mine avec indication des niveaux exploités.
COUPE-TECH	Coupe technique d'un ouvrage.
DIAGRAPHIE	Mesures d'accoustiques dans un ouvrage, diagraphie électrique dans un ouvrage souterrain, diagraphie sismique dans un ouvrage, méthodes sismiques d'investigation.
DOC-GEOL	Cartes géologiques (extraits, minutes), profils géologiques interprétatifs, études géologiques interprétatives (géomorphologiques, pédologiques, stratigraphiques, structurales, formations superficielles)
DOC-SOND	Campagne de sondages ou de forages, résultats interprétés
DOSSIER-CARTO	Ensemble des documents établis lors du levé géologique
FICHE-NIVELL	Fiche de nivellement
MINERALO	Etudes minéralogiques
NEANT	
OBSERV-ROCHE	Analyses et mesures chimiques ou physiques faites <i>in situ</i> , autres que celles de perméabilités ; exemples : densité, dureté, porosité... Mesures faites en laboratoire.
PETRO	Etude pétrographique.
PHOTO	Documents photographiques.
PLAN-EXPLOIT	Plan des travaux d'exploitation ou d'adduction et par extension, plans et coupes de cavités naturelles
PLAN-SITUAT	Plan d'implantation de l'ouvrage ou des ouvrages concernés par le dossier.
RAP-OFFIC	Avis, rapport, du géologue officiel.
STRUCTURE	Renseignements structuraux (azimut de l'horizontale des couches, pendage, etc.).

NUMERO D'IDENTIFICATION

CONFIDENTIALITE

- C Documents confidentiels
- D Documents du domaine public

DEPARTEMENT ET COMMUNE

Ils sont codés par leur numéro INSEE

PRECISION SUR LES COORDONNEES

Repérage dans le plan : (X et Y)

- E Mouvements situé sur la commune, coordonnées moyennes du mouvement mesurées sur carte
- I Mouvement non situé sur la commune, coordonnées indéterminées les coordonnées mentionnées sont celles de la mairie (fichier géomatic)

Repérage en altitude : (repérage facultatif)

- E P D Estimation d'après le plan directeur
- E N G Estimation d'après le nivellement général
- R N G Raccordement au nivellement général

PRECISION SUR LA DATE

- G E O L Mouvement d'âge géologique (Würm...)
- A V J C Mouvement historique antérieur à l'ère chrétienne
- A P J C Mouvement postérieur à l'ère chrétienne

VICTIMES

Lorsque le nombre des victimes est inconnu la lettre N apparaît à la suite des termes MORTS et BLESSES si on ne sait pas s'il y a des victimes c'est la lettre Q qui apparaît.

INSTRUCTEUR DU DOSSIER

- A Géologue ou technicien B.R.G.M. compétent
- B Autre personnel
- C Universitaire
- D Etudiant

ORIGINE DE L'INFORMATION

AD-M	Archives départementales, série M/Sinistres
AD-L	Archives départementales, versements de l'administration révolutionnaire.
AD-C	Archives départementales, versements de l'administration de l'ancien régime.
AD-Z	Archives départementales, versements des sous-préfectures.
AD-S MINES	Archives départementales, versements du Service des Mines
AD-S P-ET-C	Archives départementales, versements des Ponts et Chaussées.
AD-U	Archives départementales, fonds justice.
AD-O	Archives départementales, fonds communaux.
AD-30	Archives départementales, fonds communaux, série traitant des chemins vicinaux.
SARDE	Archives départementales, fond sarde (contenant des documents élaborés avant le rattachement de la Savoie à la France)
AN-F14	Archives nationales, versements des Ponts et Chaussées.
AN-F15	Archives nationales, demandes de secours
COMMUN	Archives communales.
P-ET-C	Document provenant des Ponts et Chaussées (CETE, LRPC, LCPC,)
MINES	Documents provenant du Service des Mines.
CETGREF	Documents provenant du centre d'études techniques du GREF
DDA	Document provenant d'une direction départementales de l'agriculture.
DDE	Document provenant d'une direction départementale de l'équipement.
BRGM	Document élaboré par le BRGM
BET	Document élaboré par un bureau d'études techniques
BC	Document provenant d'un bureau de contrôle
ASSUR	Document provenant d'une compagnie d'assurance
PUBLICA'ION	Revue, ouvrages, thèses, mémoires...
PRESSE	Renseignement provenant de la presse écrite ou parlée.
OBSERV-TERRAIN	Document élaboré à la suite d'observations de terrains

CONSIGNES DE REDACTION DES BORDEREAUX

Les consignes suivantes doivent être respectées lors de la rédaction des bordereaux. Leur inobservation risque d'entraîner des erreurs lors de la perforation ou au cours des opérations ultérieures.

1 - LIGNE 1

Cette ligne doit obligatoirement être remplie.

Numéro d'identification, 6 positions de 22 à 25 et 27-28. Confidentialité, 1 position (47) occupée par une lettre

2 - LIGNES 2 A 6 PARTIE GAUCHE DU BORDEREAU

Ligne 2 : département - nom en toutes lettres
- positions 37 à 39 obligatoirement occupées
par des chiffres (n° INSEE)

Ligne 3 : commune - nom en toute lettre
- positions 37 à 39 obligatoirement occupées
par des chiffres (n° INSEE)

Ligne 4 et 5 : lieu dit: rubrique libre pouvant rester inoccupée

Ligne 6 : date - positions 14 à 21 occupées obligatoirement
(chiffres)
- positions 27 à 29 peut rester inoccupées
- positions 32 à 35 occupées obligatoirement
(lettres)

3 - LIGNES 2 A 6 PARTIE DROITE DU BORDEREAU

Lignes 2 et 3 : coordonnées planes (X et Y)

- Si les coordonnées ne sont pas connues, les positions 43 à 49 restent inoccupées mais la lettre I apparaît obligatoirement sur la ligne 6 en 49ème position. Les coordonnées de la mairie de la commune sur laquelle est survenu le mouvement seront rentrées en mémoire et apparaîtront sur toute fiche restituée.

- Si les coordonnées sont connues, elles figurent dans les positions 43 à 49. Elles sont exprimées avec deux décimales. La lettre E apparaît en position 49 sur la ligne 6.

Ligne 4 et interligne 4-5 : coordonnées d'altitude (Z)

- La mention de l'altitude est facultative, si elle est mentionnée, les positions 47 à 49 de l'interligne 4-5 sont occupées par un code :

E P D Estimation d'après le plan directeur
 E N G Estimation d'après le nivellement général
 R N G Raccordement au nivellement général

Ligne 6 Zone de projection LAMBERT, en chiffre, en position 46.
 Précision sur les coordonnées LAMBERT, position 49, (cf. anté).

	□
_____ 0,3,7	X 0 4 8 0 , 6 0
_____ 2,0,3	Y 0 2 6 8 , 1 2
_____	Z - - - - , - -

_____	Z O N E [2] [E]

coordonnées connues

	□
_____ 0,4,5	X - - - - , - -
_____ 1,4,4	Y - - - - , - -
_____	Z - - - - , - -

_____	Z O N E [] [I]

mouvement non situé sur la commune
 les coordonnées de la mairie seront portées par BSS

4 - LIGNES 7 ET 8

Nature des terrains : exprimée à l'aide de mots-clés. Les terrains participant au mouvement sont énumérés de haut en bas, le dernier terme indique le terrain n'ayant pas bougé (substratum). La rubrique comporte donc au moins deux termes (INCONNU INCONNU).

5 - LIGNES 9 ET 10

Morphologie : elle est exprimée à l'aide de mots-clés, la rubrique contient au moins un terme (INCONNU).

6 - LIGNE 11

Type de mouvement : il est exprimé à l'aide de mots-clés. Il figure au moins un terme dans cette rubrique (INDETERMINE) lorsqu'il s'agit d'un mouvement composé les mouvements sont énumérés dans l'ordre chronologique d'apparition, chaque terme étant séparé du précédent par un espacement.

7 - LIGNES 12 ET 13

Ils sont exprimés par des mots-clés, aucun ordre ne régit leur emploi.

13 - LIGNE 27

Victimes : La figure de la page suivante donne des exemples de la façon dont doit être remplie cette rubrique et dont elle sera restituée. Si le nombre de victimes est connu il apparaît dans les positions 21 à 24 (morts) et 34 à 37 (blessés) les positions 31 et 46 restent alors inoccupées. Si le nombre de victimes est inconnu (morts et/ou blessés) les positions 21 à 24 et 34 à 37 restent inoccupées, les termes MORTS et BLESSES sont barrés. S'il y a des victimes mais que leur nombre est inconnu la lettre N apparaît en 31 et/ou en 46ème position. S'il y a des doutes sur l'existence de victimes, la lettre Q apparaît en 31 et/ou 46ème position.

14 - LIGNES 28 ET 29

Autres fiches : c'est un renvoi à des fiches (par leur numéro d'identification) ayant un rapport avec le mouvement (antécédent, mouvement affectant plusieurs communes, mouvement similaire...). Cette rubrique peut rester non remplie.

15 - LIGNES 30 ET 31

Origine de l'information : c'est le lieu où ont été trouvés les documents. Cette origine est exprimée à l'aide d'un code alphabétique ou alphanumérique. La rubrique est obligatoirement occupée.

16 - LIGNES 32 A 34

Références : il s'agit d'une rubrique libre, elle est restituable.

17 - LIGNES 35 A 37

Annexe : cette rubrique faisant appel à des mots-clés est destinée à compenser la perte de précision qui s'effectue lors de la mise en fiche. Elle donne des renseignements sur le contenu des documents qui ont servi à établir le bordereau. Elle contient au moins un terme (NEANT).

18 - LIGNE 38

Dossier instruit par : le nom de l'instructeur peut occuper les positions 21 à 34, les positions 36 à 43 contiennent la date de l'instruction, la position 47 est occupée par un code (lettre) qui indique l'établissement auquel appartient l'instructeur du dossier, sa qualification...

REDACTION DES BORDEREAUX

- | | | | | | | |
|----|-----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------------------|-------------------------------------------|
| 1/ | V I C T I M E S | [0.0.0.0] | M O R T S [] | [0.0.1.3] | B L E S S E S [] | Nombre de victimes connu |
| 2/ | V I C T I M E S | [] [] [] [] | M O R T S [N] | [] [] [] [] | B L E S S E S [N] | Existence de victimes mais nombre inconnu |
| 3/ | V I C T I M E S | [] [] [] [] | M O R T S [Q] | [] [] [] [] | B L E S S E S [Q] | L'existence de victimes est incertaine |

RESTITUTION

- | | | | | | |
|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------------|
| 2 | V I C T I M E S | [] [] [] [] | M O R T S [N] | [] [] [] [] | B L E S S E S [N] |
| 3 | V I C T I M E S | [] [] [] [] | M O R T S [Q] | [] [] [] [] | B L E S S E S [Q] |

19 - LIGNE 39

Numéro B.S.S. : cette rubrique ne concerne pas le département géotechnique.

Nous rappelons que les mots-clés ont une orthographe figée, qu'un mot-clé ne contient pas de blanc (REMONTEE-NAP est un mot-clé, par contre REMONTEE NAP n'en est pas un), ni d'apostrophe.

Ces mots-clés sont répertoriés dans des lexiques.

ANNEXE N° 2

TABLEAU RECAPITULATIF DES MOUVEMENTS DE TERRAIN
RECENSES EN TOURAINE
(période 1741-1975)

Code terrains concernés (colonne 11)

R	Remblais, terrains remaniés par l'homme
A	Altération, éluvions (ATs = altération du Turonien sup.)
He	falun d'Anjou
Aq	Aquitaniens, calcaire, lacustres (groupe de Beaucé)
Eo	Calcaires lacustres de Touraine
S	Sénonien
	Sa faciès argilo-siliceux
	Sb craie de Blois
	Sv craie de Villedieu
T	Turonien
	Ts Turonien supérieur : tuffeau jaune
	Tm Turonien moyen : craie micacée
	Ti Turonien inférieur : craie argileuse
C	Cénomaniens
	Cs Cénomaniens sup. : marnes à Ostracées
	Ci Cénomaniens inf. : sables et gaizes

Code source d'information (colonne 18)

- 1 archives départementales
 - C administration provinciale de l'ancien régime
 - M série M/sinistres
 - S série S/Mines
 - Car série S/Mines, carrières
- 2 archives nationales
 - F/14 versement Ponts et Chaussées
 - F/15 secours
- 3 presse régionale
- 4 publications scientifiques
- 5 archives du Service des Mines, subdivision de Tours
- 6 archives communales.

Département d'Indre et Loire (37)

1 COMMUNE	2 LIEU-DIT	3 ANNEE	4 MOIS	5-8 type				9 mvt. traité à temps	10 site sous-miné	11 terrain concerné	12-16 dégats					17 OBSERVATIONS	18 SOURCE D'INFORMATION	19 N° DE CLASSEMENT B.R.G.M.
				5 écroulement	6 effondrement	7 glissement	8 "désordres en cave"				12 nbre. de victimes	13 immobiliers	14 infrastructures	15 agricoles	16 autres dégâts			
Amboise	Château	1824			X				Tm							I. Car	536/01	
	?	1879	2	X				X	?		X				écroulement	I. Car	536/02	
	St Denis Hors	1879				X			Sa	2					rupture d'un mur sous une pression de boue	I. Car	614/01	
	Rue V. Hugo	1888	1	X			X		T						ouverture de fissures	I. Car	536/03	
	St Denis Hors	1930	4			X			Sa		X				2 000m ³ Facteurs météorologiques prépondérants.	I M	614/02	
	Rue V. Hugo	1943	10			X			AT		X					5	536/15	
	Rue V. Hugo	1943		X			X		Tm							5	536/04	
	Rue V. Hugo	1947		X				X	Tm		X				écroulement	5	536/05	
	Rue V. Hugo	1949	7	X				X	Tm		X				chute d'un bloc	5	536/08	
	Rue du Rocher	1949	10		X		X	X	Ts							5	536/06	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	Rue V. Hugo	1949	10	X				X	X	Tm							5	536/07
	Rue du Rocher	1951	1	X					X	Ts		X				écroulement de 675 m ³ . 1 blessé	5	536/09
	Rue V. Hugo	1953	7			X				ATs			X				5	536/10
	Rue V. Hugo	1958	10	X				X	X	ATs							5	536/11
	Route de Bléré	1960	3			X				R			X			rupture d'un mur	5	536/13
	"Belle Roche"	1966	2		X				X	Ts						ancienne carrière souterraine	5	536/12
Amboise	Rue St Denis	1975	8	X	X			X/5	X	Tm		X	X				5	536/14
Auzouer	Manuf. Protex	1966	12			X				?		X					5	1160/01
Azay-Le-Rideau	?	1855	11	X						?						écroulement s.s.	I. M	537/03
	Carrière Mequelines	1879	1		X				X	Sv						carrière en ex- ploitation ; sur- face affectée lha	I. Car	537/01
	Carrière Mequelines	1964	1	X	X				X	Sv		X					5	537/02
Balesmes	?	1930	12		X					?							3	1445/01
Barrou	Bordure de la Creuse					X				Cs		X					4 2F/14	510/01
Beaulieu	?	1840				X				?					X		I. Car	641/01
	St Pierre	1842	4		X				X	Tm						carrière en exploitation	I. Car	641/03

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	?	1846					X			?					X		I. Car	641/02
	St Pierre	1879	2		X				X	Tm							I. Car	641/05
	"Haut Guignard"	1879	5				X			Tm							I. Car	641/04
Beaumont en Veron	Rue Cinq Père	1741			X				X	Tm							I. C 723	550/01
	Les Granderies	1968	2	X					X	T						écroulement	5	550/02
Benais	?	1930	11			X	X			?							3	531/01
	Grandmont	1947			X			X	X	Ts							5	531/02
Bourgueil	Marcé	1947	2				X			Ts							5	1164/01
Bueil en Touraine	Cimetière de Bueil	1931				X				Sa			X				1 M	529/01
Céré-la-Ronde	Le Four au Noir	1972	1	X						?						chute d'une plaque de roche	5	1165/01
Chançay	?	1846	4	X						?		X				écroulement	I.M	539/03
	?	1880	1	X						?						écroulement	I. Car	539/02
	?	1910	11			X				?							3	539/01
	?	1943	7			X			X	?							5	539/04
	?	1958	5	X					X	?		X				écroulement de 300 m ³	5	539/05
	?	1968	12				X			?	1					lors de travaux d'agrandissement	5	539/06

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Château Renault	74, Rue de la République	1930	11			X				Sa			X				3	1558/01
Cheillé	Vallée de Cheillé	1910	1			X				Ts		X					3	1444/01
	Chemin des Vallées	1930	4							?			X				3	1444/02
Chinon	?	1798		X					X	?	1	X				écroulement	2 F /15	532/06
	Porte de la Barre	1823	3	X					X	T		X				chute d'un bloc	1	532/07
	Porte de Chalette	1827	4				X			T	2					chute d'un bloc du ciel de la cave	I. Car	532/08
	Rocher de la Casemate	1859	11	X					X	T			X			écroulement	2 F /14	532/09
	Rue du Puits	1873			X				X	Ts			X				I. Car	532/03
	à proximité du Château	1875	12				X			T	1					chute du toit	I. Car	532/04
	?	1883	4			X			X	?		X					I. Car	532/01
	Caves Vaslins	1921	8	X	X				X	Tm		X	X			effondrement généralisé	3 - 1	532/02
	"Caves peintes"	1924					X			Tm						ouverture de fissures	I M	532/05
	au dessus du collège	1951	3	X				X		T						ouverture de fissures	5	532/10
	Rue Jeanne d'Arc	1953	19	X	X				X	Tm			X				5	532/11

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	Rue du Puits des Bancs	1961	10		X				X	Ts		X					5	532/16
	Côteau Ste Radegonde	1966	3	X					X	Ts		X				écroulement	5	532/12
	Château	1967	5	X						Ts						chute d'un bloc de 20 m ³ (vent)	5	532/13
	Côteau St Martin	1971	4	X				X	X	Ts		X				début d'écroulement	5	532/14
	Rue du Puits des Bancs	1974			X			X	X	R		X					5	532/15
Cinçais	?	1966	4	X					X	?						écroulement de l'entrée d'une cave	5	1150/01
Cinq Mars la Pile	La Farinière	1931	5	X					X	S	2	X				écroulement de 20 000 m ³ . facteurs météorologiques certains	3	359/01
	?	1944	12		X				X	?							5	359/02
	La Roche	1947	1	X					X	Ts						quelques dizaines de m ³	5	359/03
	Rue des Caves	1961	1		X	X				R			X				5	359/04
	?	1966	1	X						?							5	359/05
Cravant	?	1861	2		X					?						carrière en exploitation	I. Car	551/01
	?	1966	2				X			?						chute de bloc	5	551/02

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Crissay	Bois Audais	1888	-		X					Tm						carrière en exploitation; affaissement de 1888 à 1889	I. Car	667/01
La Croix en Touraine	"La Gaillardière"	1966	2	X					X	S						écroulement	5	515/01
Drachée	Hameau des coteaux	1886	12	X					X	T						écroulement	I. Car	508/01
	?	1931		X						?		X				écroulement	I M	508/02
Epeigné le Bois	?	1930					X			?							I M	509/01
Fondettes	Pont de la Motte	1824	5				X			S	1				X		I..Car	679/01
	Traversée des Roches	1887	3			X				Sa		X				150 m ³	I. Car	679/02
	Pont de la Motte	1966	2			X				Sa							5	679/03
	"Les Basses Roches"	1967	11			X				Sa			X				5	679/04
	"Les Basses Roches"	1968	1			X				Sa							5	679/05
Faye la vineuse	Rue de la Prison	1910	2		X					Ti							3	1148/02
		1975	1		X				X	Ti	1	X					5	1148/01
Le Grand Presigny	?	1951	10	X					X	?						écroulements	5	1155/01
La Guerche	Le Moulin					X				Cs		X				cf. Barrou 510/01	2 ⁴ F/14	632/01
Joué les Tours	Déviation du	1967				X				Eo			X				4	1341/01

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Langeais	?	1879	2				X			?						à la suite des travaux	I. Car	533/02
	Rue A. de Bretagne	1924	4			X				R		X					I M	533/01
	Rue A. de Bretagne	1930	11	X					X	Ts		X				5 000 m ³	I M+3	533/03
	Ruelle St Sauveur	1964	2		X		X	X ₆		R						fissuration	5	533/04
Larçay	Belles Caves	1970	11		X			X	X	Ts						champignonnière en exploitation	5	1151/01
Lerné	?	1841	12	X						?		X				chute d'un bloc de 15 m ³	I M	493/01
Limeray	"La Fourchette"	1943	5		X				X	Ts							5	1149/01
Loches	Rue des Roches	1879	3		X				X	T		X					I. Car	639/05
	Faubourg St Jacques	1880	5		X				X	T		X					I. Car	639/08
	Rue de Brie	1883	1	X	X				X	T		X			X		I. Car	639/07
	Rue Roche Appert	1888	4		X				X	T		X				ancienne carrière souterraine	I. Car	639/06
	Rue des Roches	1890	1		X				X	T						carrière souterraine en exploitation	I. Car	639/04
	Rue St Jacques	1897	4		X				X	T		X				ancienne exploitation souterraine	I. Car	639/16
	Rue du Château	1910	1		X				X	T		X					3	639/15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Loches	La Chauvellerie	1930	11			X				R			X				3	639/01
	Rue des Roches	1930	12	X						T							3	639/02
	La Chauvellerie	1930	12		X				X	T		X					3	639/03
	Fontaine du Vivier	1955	1	X						T						début d'écroulement; 10 m ³	5	639/10
	Rue du Rossignolet	1958	8	X						T		X				chute d'un bloc de 100 kg	5	639/11
	Rue de Vignemont	1966 à 71	—		X					T							5	639/12
	Rue du Rocard	1971					X			T							5	639/13
	Rue du Rocard	1972	1	X	X					T			X				5	639/14
	Rue de la Chauvellerie	1974	1	X				X	X	T						début d'écroulement	5	639/09
Lussault	?	1812		X						?	2						I. Car	535/02
	?	1815		X						?			X			écroulement	I. Car	535/03
	?	1857	4	X						?						écroulement	I M	535/04
	?	1879	2		X				X	?							I. Car	535/01
	Route de Tours	1964	8/9	X					X	Ts						chute de blocs	5	535/05
	Les Huraudières	1971		X	X			X		Ts							5	535/06
	Les caves noires	1972	2	X					X	T						chute de pierres	5	535/07
	Auberge de la Jument Noire	1972	4 ?		X					Tm							5	535/08

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Lussault	R.N.751	1973	7			X				Ts							5	535/09
Luynes	Rue de Langeais	1863	5	X					X	Ts		X				écroulement	I M	504/01
	?	1883	3		X					T							I. Car	504/02
	?	1930	8	X					X	?						chute de blocs	I M	504/03
	"Roc Samson"	1943		X				X	X	?						ouverture de fissures	5	504/04
	Rue de la République	1956	2	X						?						écroulement	5	504/05
	Pont de Grenouille	1958	2	X					X	Ts	1					écroulement plusieurs dizaines de m ³	5	504/06
	Côteau St Venant	1963	6		X		X	X/6		Ts							5	504/07
Monnaie	?	1869	3		X				X	?							3	1717/01
Montlouis	Bas Rocher	1830	3	X					X	Ts		X	X			écroulement	I. Car	542/01
	Bas Rocher	1844	1	X						Ts		X					I M	542/02
	RN 751	1845	10	X					X	Ts						écroulement de 500 m ³	I M	542/03
	Route de Bondésir	1930	7			X				ATs						à la suite d'un orage	3	542/04
	?	1943	4		X			X		?						fontis très évolué	5	542/05
	Bas Rocher	1945	3	X					X	Ts						écroulement	5	542/06

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Montlouis	Routes de St Martin le Beau	1964	3/4	X					X	Ts						chute de blocs	5	542/07
	Bas Rocher	1964	3	X	X				X	Ts							5	542/08
Mosnes	Côteau de la Touche	1943				X				A			X			phénomène chronique	5	1162/01
Nazelles-Négron	Rocher de la Garenne	1830	1	X					X	Ts		X				écroulement	I M	543/01
	?	1841		X						?						chute d'un bloc	I M	543/02
	?	1843	3			X				?		X					I M	543/03
	Cadastre; Parcelle 1277, section B	1966	1			X				AT		X	X			à la suite de la rupture d'un mur	5	543/04
	?	1970	2	X					X	?						100 m ³	5	543/05
	Rue A. Vincendeau	1972	8				X			Ts	l					lorsde travaux	5	543/06
Noizay	Route de Chançay	1962	5	X						T			X			écroulement	5	1170/01
	c.v. de Rochère	1975	5		X					Tm			X				5	1170/02
Panzoult	La Chauvinière	1841	11	X					X	T		X				écroulement	I M	492/01
Perrusson	Le Grand Carnier	1972	1		X				X	Ts							5	1166/01
Le Petit Presigny		1931	5			X				?						ouragan castastrophique en Indre et Loire en mai 1931	3	691/01
Poce Sur Cisse	?	1910	2	X						?		X					3	1443/01

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Ports sur Vienne	Vieux Ports	1880	8	X					X	Ti	25	X	X			carrière en exploitation	3	396/01
	La Dulauderie	1886		X					X	Ti						carrière en exploitation	I. Car	396/02
Preuilly sur Claise	?	1931	5		X					?						facteurs météorologiques prépondérants	3	690/01
Reignac sur Indre	Batilly	1972	1		X				X	Eo						effondrement d'un souterrain	5	1169/01
Rigny-Ussé	?	1930	11							T			X				3	530/01
La Roche-Clermault	?	1861	6				X			?					X		I M	505/02
	La couloise	1879	2	X	X				X	T		X				à la suite de l'écroulement d'une cave	I M	505/01
Rochecorbon	St Georges	1780	3				X			Ts					X		IC 22	552/01
	Closerie de Beau-regard	1798		X					X	Ts						écroulement	I M	552/02
	?	1810	1	X					X	?							I M	552/06
	La Lanterne	1819		X					X	Ts	14	X				écroulement	I. Car	552/07
	La Lanterne	1820	1	X					X	Ts	11	X				écroulement	I M	552/08
	St Georges	1846	3	X	X				X	Ts		X	X	X			I M	552/04
	Vaufoin (?)	1846	3				X			?					X		I M	552/03
	La Lanterne	1873	2	X					X	Ts		X				chute d'un bloc	I. Car	552/05

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Rochecorbon	La bonne Dame	1885	4	X					X	Ts						écroulement ; 5 000 m ³	I. Car	552/09
	?	1929		X					X	?					X	à la suite de l'écroulement d'une cave	I M	552/10
	?	1930	4			X				?		X				facteurs météorologiques prépondérants	I M	552/14
	?	1931	5							?		X					I M	552/15
	"Les Forts"	1933	1	X				X	X	Ts						travaux confortatifs considérables	5	552/16
	Rue des Basses Rivières	1933	1	X					X	Ts	3	X				30 000 m ³	3	552/11
	Vauvert	1941	8	X				X	X	Ts						blocs menaçants	5	552/12
	"Les Forts"	1941	10	X				X		Ts						bloc menaçant de 70 m ³	5	552/13
	La Lanterne	1944	11		X					Ts							5	552/17
	Belle Roche	1946	7			X		X		Ts							5	552/21
	"Belle Roche"	1946	7	X				X		Ts						bloc menaçant d'un m ³	5	552/20
	Rue des Clouets	1946	7	X						T		X					5	552/19
	Rue des Clouets	1946		X						T		X					5	552/18
	Chemin de St Roch	1947	4	X						T						bloc de 150 kg	5	552/22
	Hauts Clouets	1948	1			X				ATs							5	552/23

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	Petite Bourdaisières	1953	9			X				T							5	552/24
	Rue des Clouets	1954	1		X		X	X/6		T							5	552/25
	Ouest de la Lanterne	1954	12	X					X	Ts						chute de blocs	5	552/26
	La Lanterne	1954	12	X						Ts	X					chute de blocs	5	552/27
	Rue des Clouets	1957	5				X			T							5	552/28
	Rue des Basses Rivières	1958	12			X				AT							5	552/31
	Rue des Basses Rivières	1961	1	X						Ts						chute d'un bloc	5	552/32
	La Lanterne	1963	10				X			Ts							5	552/29
	Rue des Basses Rivières	1964	1				X			Ts							5	552/30
	La Lanterne	1965	12	X						Ts	X					à la suite de la rupture d'un mur	5	552/33
	La Butte	1966	12	X						Ts	X					pan de roche en surplomb	5	552/34
	Rue St Roch	1969	11	X						T	X					bloc de 600 kg	5	552/35
Savonnières	Rue Chatonet	1970	2			X				T							5	1147/01
Semblançay	"La Barrière"	1943	7		X			X		Sv							5	1178/01
	Ecole communale	1973	9		X					Sv	X					anciennes carrières à 4 ou 5 m de la surface	5	1178/02

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Seuilly sur Loire	Beauvoiserie	1842	1	X					X		2					écroulement	I M	544/01
St Avertin	St Michel	1878	3	X					X	Ts		X				carrière en exploitation	I. Car	666/01
	?	1943	6	X				X	X	?						ouverture de fissures	5	666/02
	Rue de Grandmont	1946					X			Ts						la cave est située sous une route	5	666/03
	L'Hermitage	1966	1	X						Ts		X				chute d'un bloc	5	666/04
St Cyr sur Loire	Rue du Portillon	1963	9			X				A		X					5	1146/01
St Germain sur Vienne	Côteau de la Chaussée	1842	3	X						T						écroulement	I M	545/01
	Vallée de la Crotte	1879	3				X			T					X		I. Car	545/02
St Germain - St Jean	Route de Senevières	1930	12			X				?			X				3	1446/01
	?	1971	7		X				X	?		X				fontis de 9 m ²	5	1167/01
Ste Hippolyte	Le Ballon	1968	2		X				X	S							5	1161/01
Ste Maure	?	1875					X			?							IC 22	548/01
St Ouen les Vignes	La Foucaudière	1967			X				X	Aq							5	1159/01
	La Fosse au Prêtres	1970	2		X				X	Aq							5	1159/02

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
St Paterne	La Blonière	1882	12	X						Ts		X				écroulement	3	1272/01
St Patrice	?	1840					X			?							I M	547/03
	?	1859	1	X						?		X				écroulement	I M	547/02
Thizay	?	1910	3	X					X	?		X				chute d'un bloc 1 blessé	3	1442/01
Tours**	?	1779	4	X						?		X					IC 22	549/01
	Chemin de Marmont	1881	6	X					X	T						bloc de 1 m ³	I. Car	640/01
	Ecole normale	1912	6		X				X	T							5	549/02
	Marmoutier	1942	11	X					X	Ts		X				100 m ³	5	1157/01
	Rue de l'Hermitage	1953			X			X	X	Ts							5	640/02
	Rue de l'Hermitage	1955	10	X				X		Ts						menace de chute de bloc	5	640/03
	Ecole normale	1956	2		X				X	T							5	640/04
	Rue du Cheval Blanc	1958	1			X				Ts		X					5	549/03
	Rue de l'Hermitage	1963	4			X				Ts		X					5	640/05
	Rue du Losserand	1966	2	X						T		X				écroulement. Rôle prépondérant des précipitations	5	549/04
	Av. de la Tranchée	1970	4	X						?						chute de pierres	5	549/05

** La commune de Tours groupe les agglomérations de Ste Radegonde et de St Symphorien.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Tours	Rue de Roche- corbon	1972	11	X						Ts						chute de blocs	5	549/06
	Rue de l'Hermi- tage	1968 1975	—	X						Ts						décompression du côleau	5	549/07
Veretz	Chemin de la mairie	1881	1		X		X	X ₆	X	S							I. Car	668/01
	?	1943				X				?							5	668/03
	Château	1946	2			X				S							5	668/02
Vernou sur Brenne	La Therrière	1930	4			X			X	AT	2	X				facteurs météorologiques prépondérants	3	495/01
	La Reveillerie	1947	2	X					X	T						chute de blocs	5	495/02
	La Poultière	1958	4			X			X	ATs							5	495/03
	La Reveillerie	1958	5	X					X	T						écroulement	5	495/04
	Bois Soulage	1961	1			X				ATm						facteurs météorologiques prépondérants	5	495/05
	Route de Vouvray	1962	1	X						T						écroulement de 300 m ³	5	495/06
	Bois Soulage	1968	3			X				ATm	X			X		300 m ³	5	495/07
	Bois Soulage	1970	2			X				ATm						5 m ³	5	495/08
	Rue Jean Jaurès	1972	1			X				?						plusieurs cen- taine de m ³	5	495/09

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Villaines les Rochers	?	1873	3	X					X	?		X				écroulement	I M	506/01
	?	1873	5	X					X	?						chute d'un bloc l blessé	I M	506/02
	?	1928		X						?					X	écroulement	I M	506/04
	?	1931	5			X				?		X				facteurs météorologiques prépondérants	I M	506/05
	Côteau de la Garenne	1967	1			X				T Sa						plusieurs dizaines de m ³	5	506/03
Villedomer	Grande vallée	1968	1	X					X	S Ts					X	100 T de matériaux	5	1158/01
Vouvray	?	1824	9				X			?	1						2 F 14	1145/01
	Montcontour	1937	5			X				ATs			X				I M	1145/02
	Peu Morier	1949	12	X				X	X	Ts						ouverture de fissures	5	1145/03
	Bonne Dame	1961	3			X				R							5	1145/05
	Cimetière	1961			X		X	X/6		Ts					X		5	1145/04
	Presbytère	1962	2	X				X		Ts						blocs menaçants	5	1145/07
	Rue Gambetta	1970	1	X						T						chute de blocs	5	1145/06

Département du Loir. et Cher (41)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Bourré		1827	11		X				X	Tm						carrière exploi- tée sur deux niveaux	2F 14. 8323	655/01
Chateaufvieux	Les Caves	1857	1	X					X							600 m ³	1 8S14	1723/02
	Les Caves	1866	2	X					X		3						1 8S15	1723/01
Chaumont sur Loire		1846	4						X	?							1 8S13	1722/01
Les Essarts		1833	4		X				X	T			X				1 8S20	1720/01
Fortan		1842	12		X				X	S			X			marnière abandonnée	1 8S20	1719/01
Mazangé		1833	8				X		S		1					lors de travaux chute d'un bloc	1 8S11	1718/02
		1835	12				X		S		1					chute d'un bloc lors de travaux	1 8S20	1718/01
Montoire	La Pointe	1841	12	X					X	S						15 000 m ³	1 8S13	1172/02
	La Pointe	1913	12	X					X	S						1 000 m ³	1 8S16	1172/03
	Rue des Rochettes	1968	3				X		S		1					habitation troglodyte	5	1172/01
Montrichard	?	1896	2				X		T							bloc de 150 m ³	1 8S16	665/02
	?	1975	7				X		T		1					champignonnière lors de travaux	3	665/01

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Naveil	Hameau de Montrieux	1969	7				X			S	2					chute de 15 t de matériau	5	1171/01
St Aignan		1818	7	X					X	T	2		X			marnière abandonnée	2F 14	656/01
	Vitray	1900	12		X				X	T				X		fontis de 380 m ²	1 8S16	656/02
St Quentin les Troo	Tertre du Roi	1927	7	X					X	?						1 000 m ³	1 8S16	1724/01
Troo	Rue du Milieu	1833	3	X					X	T							1 8S11	1175/02
	Rue du Milieu	1833	3	X					X	T			X				1 8S20	1175/03
	Rue Haute	1941			X				X	T		X					5	1175/01
Vendôme	Rue St Lubin	1833	1	X					X	S							1 8S11	406/06
	Rue St Bienheureé	1833	3	X					X	S	3	X					1 8S11	406/07
	?	1844	6	X						?							1 8S13	406/12
	Rue de la Grève	1846	4	X						S							1 8S13	406/11
	Fg St Bienheureé	1863		X						SS							1 8S20	406/09
	Rue de la Grève	1868	11	X						S						800 m ³	1 8S20	406/05
	Fg St Bienheureé	1871	4	X						S							1 8S20	406/08
	Les Coulis	1877	4		X				X	?						carrière en exploitation	1 8S20	406/04

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Vendôme	Rocher de la Capitainerie	1887	8	X						S		X					1 8520	406/10
	Rue de la Grève	1910	11	X					X	S		X		X		125 000 m ³	I M + 3	406/01
	Place du Chateau	1931	5	X						S						chute d'un bloc de 40 t. facteurs météorologiques prépondérants	3	406/03
Villedieu		1840	1	X					X	?						1 400 m ³	1 8512	1721/01

Département du Maine et Loire (49)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Blou	CV N° 3	1873	-		X				X	Ts						phénomène chronique par temps de pluie	1 136S16	1701/02
	La Huetterie	1878	7		X				X	Ts				X			1 136S16	1701/01
Chenehutte les Tuffeaux		1896	2		X				X	Tm			X			carrière en exploitation	1 136S26	1700/01
Fontevrault	Les Rochers	1869	1				X		X	Tm						6 blessés	3	1702/01
Montsoreau	La Maumenière	1891	2	X						Tm		X				début d'écroulement	1 136S26	1698/01
Parnay	Côteau de la Loire	1879	2	X					X	T		X				600 m ³	1 136S29	1697/01
	Côteaux de Parnay	1886	3				X			T						début d'écroulement travaux de purge	1 136S26	1697/02
Saumur	Côteau du Bois Doré	1857	1	X					X	T							6	682/01
	Côteau charrier	1869	1	X					X	T							6	682/02
	Côteau charrier	1901	10	X					X	T		X				100 m ³	1/60M1 6 + 3	682/03
	55, rue Fenêt	1905	2	X						T						chute de blocs	6	682/07
	57 à 61 rue Fenêt	1907	10	X						T							1/60M1 6 + 3	682/04
	Quartier Fenêt	1910	2			X			X	T						glissement du recouvrement du tuffeau	1/60M1	682/05

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Saumur	Grande rue	1926	2	X						T							6	682/06
Sonzay	?	1890	1	X						?		X				chute d'un bloc de 20 m ³	1 136S28	1699/01
Turquant	Hameau du Fondis	1879		X					X	T							3	638/02
	Hameau du Fondis	1887	6	X					X	T	1	X				5 000 m ³	1/M 1/136S26 3	638/01
	La Vignolle	1889	9	X					X	T			X			330 m ³	1 136S28	638/04

1
11
1

Département de la Sarthe (72)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Chateau du Loir	"Le Bosquet" rue Berthier	1930	11			X				AT						100 m	3	631/01
Montabon	Les Minardières	1919	3				X			T							¹ SVt642/703	680/01
St Jean de la Motte	CD 54	1966	10			X				AT						20 000 m	4	1332/01
Vouvray sur Loir		1961	2	X					X	T						3 000 m	3/2	593/01
		1962	5	X					X	T		X				2 000 m	3/4	593/02
		1965	?	X					X	T							3	593/03
	Coemont	1912	3	X					X	T						80 m	¹ SVt642/703	593/04

ANNEXE N° 3

INVENTAIRE PROVISoire DES PRINCIPALES ZONES
D'EXPLOITATION SOUTERRAINE EN TOURAINE
(Indre-et-Loire, Loir-et-Cher, Maine-et-Loire)

N°	COMMUNE	DEPT.	NOM - LIEU-DIT	NIVEAU EXPLOITE	REMARQUES
1	Trèves Cunault	49	Cave Neuve La Barauderie Cave Mariot La Perrière Charlemagne Moreau	Turonien moyen " " " "	
2	Chênehutte les Tuffeaux	49	La Mimerolle La Cave Maudite Les Maillets Le Perrot St-Jean Combres	Turonien moyen " " " " "	3 carrières
3	St Hilaire-St Florent	49	Le Pré La Callibatrie	Turonien moyen "	
4	Distré	49	Menette	Turonien moyen	
5	St Cyr en Bourg	49	Saumoussay	Turonien moyen	
6	Douces	49		(Falun d'Anjou) Helvetien	une quarantaine de carrières

7	Le Puy Notre Dame	49		Turonien moyen	
8	Parnay	49		Turonien moyen	Plusieurs carrières
9	Montsoreau	49	La Memonière Bazille Rochenard	Turonien moyen " "	
10	Turquant	49	La Vignole Bronssay	Turonien moyen "	
11	Fontevrault	49		Turonien moyen	
12	Candes	37	Coteau dominant le bourg	Turonien moyen et supérieur	Au moins 7 carrières
13	Beaumont en Véron	37	Le Pain Perdu Roche Honneur Gresille	Turonien moyen " "	
14	Seuilly s/Loire	37	La Chabois	Turonien moyen	
15	La Roche Clermault	37	Coteau de Reuffé	Turonien moyen	Au moins 2 carrières
16	Ligré	37	Les Planchers Le Quellay Villeneuve	Turonien moyen " Turonien inférieur	

17	Panzoult	37	Les Sellundières	Turonien moyen ?	
18	Tavant	37	Le Pecheyrolle	Turonien moyen	
19	Brizay	37	La Commanderie	Turonien moyen	
20	La Tour St Gelin	37	Les Landes	Turonien moyen	
21	Razines	37	Les Caves	Turonien	
22	Faye la Vineuse	37		Turonien inférieur	
23	Parçay sur Vienne	37	La Verronnière Les Caves Sauvet	Turonien moyen "	
24	Crouzilles	37	Caves Gourmond Caves Beaufiles Villiers Chateau de Pavier La Chauvellerie	Turonien moyen ? " " Turonien inférieur "	
25	Crissay s/Manse	37	Le Puits aux Boeufs Chateau de Crissay Bois Audaie	Turonien moyen " "	
26	Neuil	37	La Milsaudière La Morissacé	Turonien moyen "	

27	Trogues	37	Station	Turonien inférieur	
28	Rilly	37	Gryère	Turonien inférieur	
29	Maille	37	La Roche	Turonien	
30	Ports s/ Vienne	37	Vieux Ports	Turonien inférieur	2 carrières au moins
31	Antogny	37		Turonien inférieur	
32	Ste Maure de Touraine	37	Les Migotteries	Turonien supérieur	
33	Draché	37	Aux Boeufs La Clémencerie	Turonien moyen "	
34	Sepmes	37	La Taille de la Soulée	Turonien moyen ?	
35	Bournan	37	L'Ouverdière	Turonien supérieur	
36	Civray s/Esve	37	Village du Bois	Turonien moyen	
37	Cussay	37	La Ménardière	Turonien moyen ?	Au moins 2 exploi- tations

38	Abilly	37	Aux Roches	Turonien supérieur	
39	Betz le Chateau	37	Au Chateau	Sénonien : craie de Villedieu	
40	Grand Pressigny	37	Les Roches Station	Turonien moyen ? Turonien supérieur	
41	La Celle Guenand	37	Ravin de la Crapaude La Psaudière Moulin Robert	Turonien supérieur Turonien supérieur Turonien moyen	
42	Petit Pressigny	37	Bel Air Aux Cuves Cuves de gaillon	Turonien supérieur " "	
43	Chaumussey	37	Colinet	Turonien moyen ?	
44	Preuilly s/Claise	37		Turonien moyen ?	
45	Bossay s/Claise	37	Chantraine	Turonien moyen ?	
46	Yzeures	37	La Forge	Turonien inférieur	

47	Bourgueil	37	Caves de Marçay	Turonien supérieur	
48	Gizeux	37	La Faussadières La Chaux Brières	Turonien supérieur ? "	
49	Restigné	37	Caves St-Martin	Turonien supérieur et moyen	
50	Huismes	37	Coteau de l'Indre	Turonien supérieur ou moyen	Au moins 3 carrières
51	St Patrice	37	Aux Forges	Turonien moyen	Au moins 3 carrières
52	Rigny Ussé	37		Turonien	
53	Azay le Rideau	37	Les Mequelines	Sénonien : craie de villedieu	
54	Langeais	37	La Mulotière Chemin des Vallées Bel Etre	Sénonien ? Sénonien ? Turonien supérieur	
55	Cinq Mars la Pile	37	Grillemond Bourg de Cinq Mars	Sénonien	

56	Savonnières	37		Sénonien et Turonien supérieurs	
57	Tours Ste Radegonde	37	Coteau de la Loire	Turonien supérieur	
58	Roche carbon	37	Vaufoinard Vauvert Rue des Basses Rivières Beauregard St Georges La Croix Mariottes <i>Les Pauls</i>	Turonien moyen Turonien supérieur " " " "	
59	Vouvray	37	Vallée Coquette Peu Morier Vallée de Nouy <i>Montcontour</i>	Turonien supérieur " "	
60	Larçay	37	Belle Cave	Turonien supérieur	
61	Veretz	37	Chateau	Sénonien	
62	Vernou s/Brenne	37	Poupine La Barre Val César	Turonien supérieur " "	
63	Chançay	37		Turonien	
64	Reugny	37	La Cote La Baudillère	Turonien supérieur "	

65	Noizay	37	Anzan	Turonien supérieur	
66	Monnaie	37			
67	Nouzilly	37	La Sirotière	Turonien supérieur	
68	Civray de Touraine	37	Vaux	Sénonien : craie de Villedieu	
69	Montrichard	41	Amérillons Dame Marie	Turonien moyen "	
70	Bourré	41	La Ricardière Vallagon Les Célards Le Rigodon Cave Neuve Les Roches Le Rochet Les Vallées Les Verettes	Turonien moyen " " " " " " "	2 étages Situé sous la cave neuve 2 étages 2 étages 3 étages
71	Monthou s/Cher	41	Vineuil Les Ménages La Bougetterie La Palonnerie Le Menais La Salle La Robinerie La Rolanderie Le Lierre La Rue	Turonien moyen " " " " " " " "	sous la carrière de la Rue 4 étages

72	Noyers s/Cher	41	Belleroche l'Hermitage La Demoiselle Le Cerf Ricouane	Turonien moyen " " " "	2 carrières
73	Saint-Aignan	41	Vitré La Daubinerie La Rochette Pot-Vin	Turonien moyen " " "	
74	Seigy	41		Turonien moyen	
75	Chateaufieux	41		Turonien moyen	3 carrières
76	Montrésor	37	La Boutanderie Sous la Garenne Les Vallées	Turonien supérieur ? " "	
77	Chemillé s/Indrois	37	Les Roches	Turonien supérieur ?	
78	Beaulieu	37	Guigné La Madeleine	Turonien moyen "	2 carrières
79	Loches	37	Le Rocard Quintefort Bourdillet La Fontaine	Turonien moyen " " "	2 carrières

79 (suite)	Loches	37	Bardine La Croix Bry St-Jacques Mariaude Mauvières	Turonien moyen " " " "	3 carrières 7 carrières sur 2 étages
80	Vendôme	41	Les Coulis La Chaise	Turonien moyen "	3 carrières au moins
81	Villiers s/Loir	41	St-André	Sénonien	4 étages de carrières
81 bis	Naveil	41	Montrieux	Sénonien	
82	Fortan	41	limite Fortan Savigny	Sénonien	marnière
83	Montoire	41	R.G du Cher, cote des roches	Sénonien	plusieurs exploitations sur plusieurs étages
84	Les Roches	41		Sénonien	plusieurs exploitations sur plusieurs étages
85	Troo	41	Bourg de Troo	Turonien supérieur	3 étages de carrières
86	St Paterne Racan	37	Vallée de la Roche Carème Prenant La Glacière Les Crachouses	Turonien supérieur " " "	2 exploitations 2 exploitations

86 (suite)	S t Paterne Racan	37	l'Hermitage Roche Pichon Vallée des Besnard La Clarté Dieu Le Fief l'Abbé Le Haut Bourg	Turonien supérieur Sénonien : craie de villedieu Turonien supérieur " "	6 exploitations 2 exploitations
87	Montigné	49	Les Rairies	Bajocien	plusieurs exploitations
88	Marcilly s/Vienne	37	Les Ourrilaut	Turonien inférieur	
89	St-Avertin	37	Ecorcheveau	Turonien supérieur	
90	Montlouis s/Loire	37	Le Bas Rocher	Turonien supérieur	plusieurs exploitations
91	Amboise	37	Belle Roche	Turonien supérieur et moyen	
92	Blou	49	Bordure du CV n°3	Turonien supérieur	3 étages de carrières

ANNEXE N° 4

ANNEXE 4

EXPRESSION CARTOGRAPHIQUE DE L'ETUDE REGIONALE EFFECTUEE EN TOURAINE

L'étude menée en Touraine nous a permis d'acquérir un certain nombre de données sur les mouvements de terrains et leurs facteurs, leur répartition dans l'espace et dans le temps, ainsi que sur le comportement des terrains.

Ces résultats, regroupés pour la plupart dans des tableaux ou sur des cartes, sont autant d'éléments permettant de faire des prévisions en matière de mouvements de terrain. Il était souhaitable de synthétiser ces résultats sur un document unique.

L'instrument le mieux adapté à cette synthèse est la carte, qui permet de visualiser rapidement dans l'espace un ensemble de données brutes ou interprétées.

Cette carte, qui est un document d'alerte, doit attirer l'attention sur un certain nombre d'éléments qui peuvent mettre en cause la sauvegarde des biens et des personnes.

CHOIX D'UNE ECHELLE ET D'UN FOND DE CARTE

L'étude qui a été menée couvre un vaste territoire, par ailleurs les moyens mis en oeuvre - inventaire bibliographique, étude documentaire géologique et géotechnique, reconnaissance rapide de terrain - ne peuvent donner lieu à un document à grande ou moyenne échelle.

Cette carte ne pouvant représenter ponctuellement les faits mis en évidence, nous avons décidé d'assimiler les zones exposées à des risques liés aux mouvements du sol et du sous-sol au territoire communal.

Nous avons reporté sur un fond de carte au 1/360 000 où sont figurées les limites administratives (limites d'arrondissements, de cantons et de communes) la synthèse des différentes composantes du risque.

REPRESENTATION DU RISQUE - PARAMETRES FIGURES

Le risque est défini comme la probabilité d'apparition dans l'espace de tel ou tel mouvement. L'espace est ramené ici au territoire communal.

Les communes particulièrement exposées à des mouvements de terrains apparaissent en grisé sur la carte.

Les critères retenus sont :

- l'existence de conditions naturelles permanentes (falaise, fracturation, lithologie...) défavorables à la stabilité des terrains.
- l'existence de vides souterrains, naturels ou artificiels.
- le fait que des mouvements de terrains se soient déjà produits dans la commune.

En dehors de la mise en relief des communes particulièrement menacées, nous avons fait figurer des éléments caractérisant le risque, il s'agit :

- de la nature des mouvements survenus dans un passé plus ou moins proche, avec indication du nombre et/ou de la fréquence relative de tel mouvement par rapport aux autres.
- de la présence de carrières souterraines
- de la présence d'importantes cavités dues à une dissolution de certains niveaux carbonatés.

FIABILITE DE LA CARTE

L'inventaire des mouvements est un inventaire par défaut de même que celui des carrières souterraines.

L'étendue du territoire étudié ne permettait pas une reconnaissance exhaustive de tous les secteurs de risque.

Enfin, le zonage des communes ne prend en compte que les secteurs où prédominent les facteurs permanents naturels de mouvement. Ainsi la commune de Vernou-sur-Brenne, où de telles conditions sont nombreuses, est figurée en grisé ; tandis que la commune de Bueil-en-Touaine ne l'est pas, bien qu'un glissement s'y soit déjà produit, mais ce mouvement s'est produit à la faveur de conditions météorologiques exceptionnelles.

Il est donc possible que des secteurs de risque aient échappé à l'investigation, la carte présentée est une approche par défaut de la réalité.

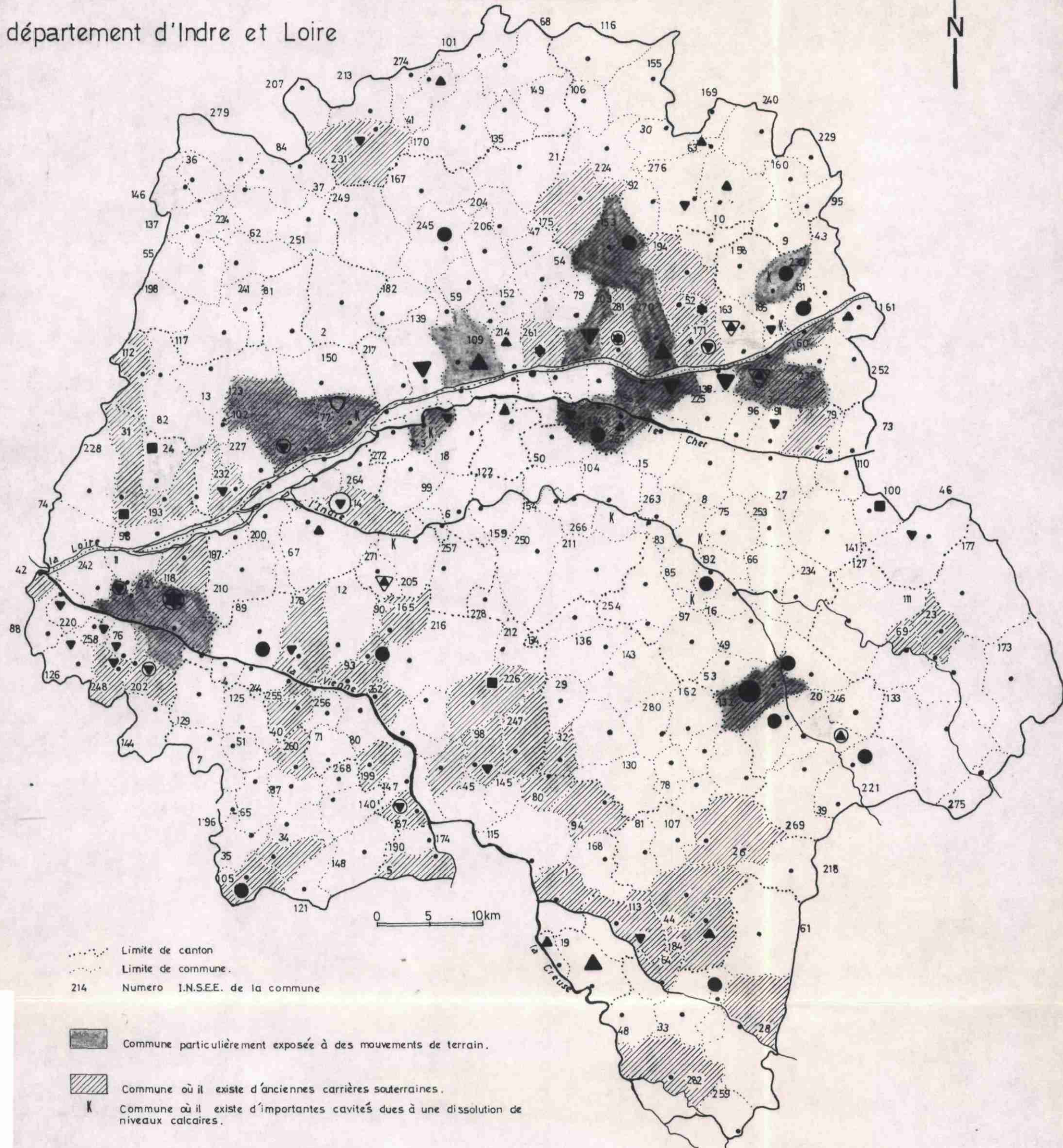
CONCLUSIONS

Nous présentons, pour le département d'Indre-et-Loire, une carte de synthèse où sont figurés les traits les plus importants en ce qui concerne les risques d'apparition de mouvements de terrains. Sur cette carte, les communes particulièrement exposées apparaissent en grisé.

Ce document d'alerte, s'appuyant à dessein sur l'organisation administrative du département, attire l'attention sur certains secteurs où l'existence de risques liés à des mouvements du sol et du sous-sol gagnerait à être prise très tôt en considération dans les projets d'aménagement et d'urbanisme.

CARTE DES COMMUNES EXPOSEES A DES MOUVEMENTS DE TERRAIN

département d'Indre et Loire



..... Limite de canton
 - - - - - Limite de commune.
 214 Numero I.N.S.E.E. de la commune

- Commune particulièrement exposée à des mouvements de terrain.
- Commune où il existe d'anciennes carrières souterraines.
- K** Commune où il existe d'importantes cavités dues à une dissolution de niveaux calcaires.

MOUVEMENTS RECENSES.

mouvements	type prédominant m ^{vt} nombreux	autres types m ^{vt} peu nombreux
écroulements	▽	▼
effondrements	○	●
glissements	△	▲
"désordres en caves"	□	■

LISTE DES COMMUNES D'INDRE-ET-LOIRE
CLASSEES PAR N° I.N.S.E.E. CROISSANTS

001	Abilly	032	Bournan
002	Ambillou	033	Boussay
003	Amboise	034	Braslou
004	Anché	035	Braye-sous-Faye
005	Antogny	036	Braye-sur-Maulne
006	Artannes-sur-Indre	037	Brèches
007	Assay	038	Bréhémont
008	Athée-sur-Cher	039	Bridoré
009	Autrèche	040	Brizay
010	Auzou-de-Touraine	041	Bueil-en-Touraine
011	Avoine	042	Candes-Saint-Martin
012	Avon-les-Roches	043	Cangey
013	Avrillé-les-Ponceaux	044	Celle-Guénand (la)
015	Azay-sur-Indre	045	Celle-Saint-Avant (la)
016	Azay-sur-Cher	046	Céré-la-Ronde
017	Azay-le-Rideau	047	Cérelles
018	Ballan-Miré	048	Chambon
019	Barrou	049	Chambourg-sur-Indre
020	Beaulieu-lès-Loches	050	Chambray-lès-Tours
021	Beaumont-la-Ronce	051	Champigny-sur-Veude
022	Beaumont-en-Véron	052	Chançay
023	Beaumont-Village	053	Chanceaux-près-Loches
024	Benais	054	Chanceaux-sur-Choisille
025	Berthenay	055	Channay-sur-Lathan
026	Betz-le-Château	056	Chapelle-aux-Naux (la)
027	Bléré	057	Chapelle-Blanche-Saint-Martin (la)
028	Bossay-sur-Claise	058	Chapelle-sur-Loire (la)
029	Bossée	059	Charentilly
030	Boulay	060	Chargé
031	Bourgueil	061	Charnizay

062	Chateau-la-Vallière	099	Druye
063	Chateau-Renault	100	Epeigné-les-Bois
064	Chaveignes	101	Epeigné-sur-Dême
065	Chaumussay	102	Essards (les)
066	Chédigny	103	Esves-le-Moutier
067	Cheillé	104	Esvres
068	Chemillé-sur-Dême	105	Faye-la-Vineuse
069	Chemillé-sur-Indrois	106	Ferrière (la)
070	Chenonceaux	107	Ferrière-Larçon
071	Chezelles	108	Ferrière-sur-Beaulieu
072	Chinon	109	Fondettes
073	Chisseaux	110	Francueil
074	Chouzé-sur-Loire	111	Genillé
075	Cigogné	112	Gizeux
076	Cinçais	113	Grand-Pressigny (le)
077	Cinq-Mars-la-Pile	114	Guerche (la)
078	Ciran	115	Descartes
079	Civray-de-Touraine	116	Hermite (les)
080	Civray-sur-Esves	117	Hommes
081	Cléré-les-Pins	118	Huïsmes
082	Continvoir	119	Iles-Bouchard (l')
083	Cormery	120	Ingrandes-de-Touraine
084	Couesmes	121	Jaulnay
085	Courçay	122	Joué-lès-Tours
086	Courcelles-de-Touraine	123	Langeais
087	Courcoué	124	Larçay
088	Couzières	125	Lémeré
089	Cravant-les-Côteaux	126	Lerné
090	Crissay-sur-Manse	127	Liège
091	Croix-en-Touraine (la)	128	Lignièrès-de-Touraine
092	Crotelles	129	Ligré
093	Crouzilles	130	Ligueil
094	Cussay	131	Limeray
095	Dame-Marie-lès-Bois	132	Loches
096	Dierre	133	Loché-sur-Indrois
097	Dolus-le-Sec	134	Louans
098	Draché	135	Louestault
		136	Louroux (le)

137	Lubl�	176	Noyant-de-Touraine
138	Lussault-sur-Loire	177	Orbigny
139	Luynes	178	Panzoult
140	Luz�	179	Parçay-Meslay
141	Luzill�	180	Parçay-sur-Vienne
142	Maillé	181	Paulmy
143	Manthelan	182	Pernay
144	Marçay	183	Perrusson
145	Marc�-sur-Esves	184	Petit-Pressigny (le)
146	Marcilly-sur-Maulne	185	Poc�-sur-Cisse
147	Marcilly-sur-Vienne	186	Pont-de-Ruan
148	Marigny-Marmande	187	Ports
149	Marray	188	Fouzay
150	Mazières-de-Touraine	189	Preuilly-sur-Claise
151	Membrolle-sur-Choisille (la)	190	Pussigny
152	Mettray	191	Razines
153	Monnaie	192	Reignac-sur-Indre
154	Montbazon	193	Restign�
155	Monthodon	194	Reugny
156	Montlouis-sur-Loire	195	Riche (la)
157	Montrésor	196	Richelieu
158	Montreuil-en-Touraine	197	Rigny-Ussé
159	Monts	198	Rillé
160	Morand	199	Rilly-sur-Vienne
161	Mosnes	200	Rivarennas
162	Mouzay	201	Rivière
163	Nazelles-N�gron	202	Roche-Clermault (la)
165	Neuil	203	Rochecorbon
166	Neuillé-le-Lierre	204	Rouzi�res-de-Touraine
167	Neuillé-Pont-Pierre	205	Saché
168	Neuilly-le-Brignon	206	St-Antoine-du-Rocher
169	Neuville	207	St-Aubin-le-D�peint
170	Neuvy-le-Roi	208	St-Avertin
171	Noizay	209	St-Bault
172	Notre-Dame-d'Où	210	St-Benoît-la-Forêt
173	Nouans-l�s-Fontaines	211	St-Branches
174	Nou�tre	212	Ste-Catherine-de-Fierbois
175	Nouzilly	213	St-Christophe-sur-le-Nais

214	St-Cyr-sur-Loire	251	Souvigné
216	St-Epain	252	Souvigny-de-Touraine
217	St-Etienne-de-Chigny	253	Sublaines
218	St-Flavier	254	Tauxigny
219	St-Genouph	255	Tavant
220	St-Germain-sur-Vienne	256	Theneuil
221	St-Hippolyte	257	Thilouze
222	St-Jean-St-Germain	258	Thizay
223	St-Laurent-de-Lin	259	Tournon-St-Pierre
224	St-Laurent-en-Gâtine	260	Tour-St-Gelin (la)
225	St-Martin-le-Beau	261	Tours
226	Ste-Maure-de-Touraine	262	Trogues
227	St-Michel-sur-Loire	263	Truyes
228	St-Nicolas-de-Bourgueil	264	Vallères
229	St-Nicolas-des-Motets	265	Vareennes
230	St-Ouen-les-Vignes	266	Veigné
231	St-Paterne-Racan	267	Veretz
232	St-Patrice	268	Verneuil-le-Château
233	St-Pierre-des-Corps	269	Verneuil-sur-Indre
23	St-Quentin-sur-Indrois	270	Vernou-sur-Brenne
236	Ste-Règle	271	Villaines-les-Rochers
237	St-Roch	272	Villandry
238	St-Senoch	273	Ville-aux-Dames (la)
239	St-Symphorien-les-Ponceaux	274	Villebourg
240	Saunay	275	Villedomain
241	Savigné-sur-Lathan	276	Villedômer
242	Savigny-en-Véron	277	Villeloin-Coulangé
243	Savonnières	278	Villeperdue
244	Sazilly	279	Villiers-au-Bouin
245	Semblançay	280	Vou
246	Sennevières	281	Vouvray
247	Sepmes	282	Yzeures-sur-Creuse
248	Seuilly		
249	Sonzay		
250	Sorigny		

CARTE GEOLOGIQUE SIMPLIFIEE DE LA REGION ETUDIEE

ANNEXE 5

