

MINISTERE DE L'EQUIPEMENT ET DU LOGEMENT
DIRECTION DEPARTEMENTALE
DES ALPES MARITIMES

**LABORATOIRE
DE NICE**

22474

Commune de BEAULIEU-SUR-MER

- PLAN d'OCCUPATION des SOLS -

ETUDE GEOLOGIQUE et GEOTECHNIQUE

REFERENCE : G. 74.355

Demandeur : EQUIPEMENT et LOGEMENT
Arrondissement GAM. 1
40, rue Clément Roassal - N I C E -
M. IMBERT - Ingénieur des P. et CH.

Date de la demande : Janvier 1974

A la demande de la D.D.E. GAM. 1, nous avons effectué l'étude géologique et géotechnique de la commune de BEAULIEU-SUR-MER, afin de déterminer, d'une part, les zones où existent des risques naturels, d'autre part, la répartition des sols en fonction de leurs caractéristiques géotechniques.

A cette fin, nous avons réalisé une cartographie basée sur les différentes données que nous avons pu rassembler. Celle-ci a été effectuée à l'échelle du 1/2000° ce qui permet une bonne précision au niveau de la commune mais pas à celui de la parcelle.

I - GEOLOGIE -

1) Cadre général -

Il s'agit de terrains autochtones à parautochtones situés en bordure sud de l'Arc de Nice.

Le substratum de la commune est constitué par des formations crétacées et nummulitiques dominées, au Nord, par une importante falaise jurassique. En fait, les affleurements sont rares et localisés uniquement sur le littoral et dans la zone occidentale de la commune ; ailleurs, le substratum est totalement masqué par des formations quaternaires et l'agglomération berlugane elle-même.

2) Stratigraphie -

Les faciès représentés sur la commune sont, des plus anciens aux plus récents :

2.1 - Jurassique supérieur - Crétacé inférieur - (n₁ - j₉)

Ces formations calcaréo-dolomitiques constituent la partie frontale de la falaise qui domine la ville de BEAULIEU-SUR-MER, au NORD, et n'affleurent sur la commune que dans son angle Nord-Est, sur une portion très limitée.

2.2 - Crétacé moyen : Cénomaniens (C₂)

Le Cénomaniens n'affleure pas dans les limites communales mais il a été recoupé par les sondages Q.8.21₂ et Q.8 21₄ sous une importante couverture ébouluse.

Par analogie avec les affleurements observables sur les communes voisines et d'après les résultats des sondages précédemment cités, nous pouvons penser qu'il s'agit d'une faible épaisseur de marnes noires, glauconieuses à la base et renfermant des miches calcaires.

.../...

Le prolongement de ce faciès vers le Nord-Est n'est pas certain et seuls des sondages soigneusement implantés pourraient permettre d'en préciser les contours.

2.3 - Crétacé supérieur : Turonien (C₃) -

Il est représenté par des calcaires massifs bien stratifiés, en bancs mal réglés, alternant avec des lits plus marneux et pouvant renfermer des horizons très glauconieux et des lumachelles de petites huitres.

Cette formation, visible dans le vallon de la MURTA et sur le littoral de la PETITE AFRIQUE, atteint une puissance de 100 à 200 m.

2.4 - Crétacé supérieur : Sénonien - (C₄₋₇) -

Il s'agit d'une alternance de marnes sableuses, calcaires sableux et marno-calcaires gris à bruns, souvent finement chargés en glauconie et pouvant renfermer des huitres, des exogyres et des échinides.

Leur puissance est d'environ 200 m et on peut les observer facilement le long de la pente abrupte qui, du cimetière au Pont St Jean, ceinture l'agglomération.

2.5 - Eocène moyen - (e₅) -

Il est constitué de calcaires plus ou moins gréseux ou marneux, alternant avec des marnes souvent sableuses et peut débiter par des faciès grossiers à dragées de quartz.

Il est toujours très chargé en nummulites qui représentent le seul critère valable pour séparer ce faciès du précédent.

2.6 - Eocène supérieur - (e₆₋₇) -

La pointe de PIERRE-FORMIGUE est constituée de calcaires et calcaires marneux grisâtres, un peu sableux, attribués à l'Eocène supérieur; ils affleurent sur le littoral et renferment des débris de mollusques et des traces de spongiaires nombreuses.

2.7 - Pliocène - (p) -

Il est représenté par une ancienne plage marine supportant la chapelle de la Madone Noire et affleurant jusqu'à la cote 150, en majeure partie sur la commune de VILLEFRANCHE-SUR-MER.

Il s'agit d'une alternance de marnes blanches et de tufs calcaires, peu inclinée sur l'horizontale et dont la puissance est probablement faible.

2.8 - Alluvions - (a) -

L'agglomération principale de BEAULIEU-SUR-MER occupe une position basse et repose sur des alluvions récentes.

Il s'agit d'argiles brunes, graveleuses, reposant sur des argiles beiges à grises, très compactes et reconnues, au Sud, par les sondages et fouilles du C.E.S., au centre, par les fouilles Q.8.22 et Q.8.23. Ces argiles ont également été reconnues dans une fouille d'immeuble située plus au Nord, entre l'hôtel FRISIA et la voie ferrée.

Elles sont plus ou moins recouvertes d'éboulis, en particulier à proximité des affleurements du substratum, ce qui empêche de les limiter avec précision.

Vers l'Est, le substratum réapparaît à la Pointe PIERRE-FERMIGUE, ce qui laisse à penser que les épaisseurs maximales d'argiles se distribuent, de part et d'autre de cette pointe, selon d'anciennes cuvettes d'érosion correspondant aux deux thalwegs topographiques de la MADONE NOIRE et de la MURTA.

L'épaisseur de ces argiles est probablement importante dans les axes d'écoulement des deux thalwegs; elle est, de toute façon, supérieure ou égale à 10 m au Sud de la cuvette méridionale (C.E.S.); nous leur attribuerons un âge plio-quadernaire en raison de l'absence de datation précise.

2.9 - Formations de pentes - (E et t) -

Les faciès sont variés mais n'ont pu être séparés cartographiquement en raison de la progressivité des transitions et de l'occupation des sols.

Il faut pourtant distinguer :

- les éboulis plus ou moins consolidés qui, au Nord de la commune constituent des talus fortement inclinés au pied de la falaise jurassique; ces éboulis sont constitués d'éléments calcaires emballés dans une matrice plus ou moins abondante.

Ces formations sont souvent stratifiées, avec un pendage pratiquement parallèle à la pente actuelle et la granularité des éléments varie alors d'un lit à l'autre de manière plus ou moins cyclique, probablement en relation avec les variations climatiques. La dimension des éléments est très variable et l'on observe même des blocs de plusieurs m³.

La matrice, principalement argilo-sableuse, de teinte beige ou brune, est plus ou moins abondante; elle peut même être totalement absente et les éléments sont parfois cimentés par concrétionnements.

Cet ensemble est souvent surmonté par des éboulis vifs ou pierriers, alimentés par les falaises qui les dominent directement.

De bonnes coupes de ces séries sont fournies par les tranchées du Bd Gordon Bennet.

- les dépôts éluviaux empatant fréquemment les pentes crétacées et nummulitiques de la bordure occidentale de la commune; il s'agit d'éléments calcaires ou marneux, emballés dans les produits d'altération du substratum et plus ou moins glissés sur les pentes, en paquets souvent importants.

- A la limite et dans la zone de SOPHIE, ces formations de pentes sont mixtes et dans la frange supérieure plus ou moins glissée du substratum crétacé sont emballés des éléments variés du Jurassique et du Crétacé de provenance plus ou moins lointaine.

- les formations détritiques, quel que soit leur type, contiennent toujours des niveaux de tuf calcaire blanc correspondant aux résidus d'anciennes circulations d'eaux; sur les pentes crétacées du Sud-Ouest de la commune, ils recouvrent parfois de grandes surfaces sur plusieurs mètres d'épaisseur et ils ont alors été reportés sur la carte (t).

2.10 - Terrains anthropiques -

Il s'agit d'accumulations artificielles localisées : remblais pour constructions urbaines, talus de voies ferrées, plages artificielles, remblayages côtiers et installations portuaires.

3) Tectonique -

La commune de BEAULIEU-SUR-MER correspond à l'amorce Nord-Ouest d'un vaste synclinal axé sensiblement sur la ligne Chapelle de la MADONE - Hôtel METROPOLE; le CAP FERRAT représente le flanc occidental de ce synclinal dont la majeure partie forme la rade de BEAULIEU.

Les couches sont toujours fortement inclinées vers l'axe synclinal et elles sont même légèrement rebroussées sur le rebord externe.

La rareté des affleurements ne permet pas de pousser plus loin cette étude tectonique, mais il est probable que cet ensemble est découpé par une série de failles, ainsi que le laissent penser les décrochements observables sur la falaise qui domine la commune.

II - GEOMORPHOLOGIE -

La structure géologique et les caractéristiques des terrains que nous venons de décrire déterminent au moins 4 types géomorphologiques :

- la partie basse de la ville, correspondant à la majeure partie de l'agglomération, repose sur des argiles et montre une topographie très douce et souvent plane.
- le talus de la limite occidentale de la commune, essentiellement constitué de terrasses de cultures florales, est fortement incliné vers l'agglomération; il correspond au rebord abrupt du substratum crétacé et nummulitique plus ou moins empâté par des formations éluviales.
- la zone ébouleuse qui domine, au Nord, la ville de BEAULIEU, montre une pente assez constante de 25° environ vers le SUD-SUD-EST (cf. carte clinométrique).
- enfin, la puissante falaise jurassique qui domine la commune au Nord et atteint la mer au CAP ROUX, montre des abrupts importants qui alimentent l'éboulis sous-jacent.

III - DONNEES HYDROLOGIQUES -

La lithologie permet d'envisager des comportements hydrauliques variés pour les différents faciès représentés sur la commune :

- les calcaires du Jurassique et du Turonien sont perméables en grand, c'est à dire susceptibles, de par une importante fissuration, de pouvoir guider de grandes quantités d'eaux souterraines à travers des chenaux progressivement élargis par la dissolution jusqu'à l'obtention de véritables réseaux ayant une forte capacité d'absorption.
- les faciès marno-calcaires crétacés et nummulitiques forment un ensemble considéré comme imperméable en raison de leur forte proportion en marnes; ils peuvent pourtant, dans le détail, guider des circulations mineures, à la faveur de certaines fractures (source marine de la Pointe BARRATIER issue du nummulitique).
- les argiles plio-quadernaires de la zone basse sont imperméables et on peut leur associer les marnes du Cénomani qui ont été rencontrées en sondage sous le quartier SOPHIE.

- les formations de pentes, enfin, présentent des caractéristiques fort variables, en fonction de la disposition des éléments, de la nature et de l'importance de la matrice et d'un éventuel concrétionnement; elles peuvent présenter une perméabilité en petit lorsque la porosité interne est importante ou une perméabilité en réseaux discontinus dans les zones très cimentées chimiquement; leur base est probablement aquifère lorsqu'elles reposent sur un substratum crétacé.

La structure générale de la commune correspond au rebord d'un vaste synclinal qui conditionne un drainage général vers la mer, drainage pouvant s'effectuer au sein des formations aquifères jurassiques et turoniennes et à la base des formations superficielles (éboulis et alluvions récentes) sur un substratum imperméable (cf. schéma ci-joint).

En fait, cette structure hydrogéologique est probablement compliquée par la présence de failles pouvant constituer des axes de drainage préférentiels.

Les différentes considérations évoquées ci-dessus se traduisent, sur le terrain, par :

- la présence de 4 puits destinés à recueillir l'eau contenue à la base des éboulis : ces puits, tous situés sur la commune de VILLEFRANCHE, ont rencontré la surface libre de l'eau à des profondeurs variant de 3,20 m à 13,30 m.

- la présence de nombreux puits sur la zone basse de BEAULIEU, anciennement utilisés pour la consommation journalière et l'irrigation : 27 de ces puits ont été retrouvés et la cote du plan d'eau horizontal a été mesurée en Octobre 1974 lorsque cela était encore possible (15 puits obstrués ou dallés); ces mesures ont permis de dresser une carte piézométrique de la nappe contenue à la base des alluvions, carte qui reste pourtant imprécise, surtout dans la cuvette Nord, en raison du nombre insuffisant d'informations; malgré tout, il semble que le drainage s'effectue suivant les axes des 2 thalwegs de la MADONE NOIRE et de la MURTA et que la pente d'écoulement soit variable.

- la disparition, à la faveur des joints de stratification du Turonien redressés à la verticale, du filet d'eau qui circule dans le vallon de la MURTA, à la limite de la commune.

- l'apparition successive, lors des périodes de glissement du quartier SOPHIE, de deux sources, probablement axées sur un décrochement visible en bordure de LOU BAOU, au-dessus de la Moyenne Corniche. Ainsi que l'avait montré une analyse chimique, ces eaux, fortement chargées en sulfates, proviennent assurément d'une zone triasique située à la base du chevauchement de la CONDAMINE et leur acheminement semble dû à ce décrochement collecteur qui n'est sûrement pas le seul à traverser la commune.

IV - CARACTERISTIQUES GEOTECHNIQUES des DIFFERENTS TERRAINS -

Les caractéristiques géotechniques des terrains représentés sur le territoire de BEAULIEU varient considérablement et ne suffisent pas à elles seules à déterminer les zones d'aptitude aux fondations. Il existe, en effet, d'autres critères (pente, hydrogéologie) qui sont tout aussi déterminants.

- Jurassique supérieur - Crétacé inférieur -

Ces formations possèdent d'excellentes caractéristiques mais, à cause de celles-ci, elles dominent, en falaises, les pentes Nord-Est de la ville et créent des conditions d'insécurité vis à vis des chutes de blocs.

- Cénomaniens -

Il n'affleure nulle part sur la commune mais ses qualités médiocres sont une des causes déterminant les glissements d'éboulis qui lui sont sus-jacents.

- Crétacé supérieur - Turonien -

Ses qualités géotechniques sont bonnes au niveau de la matrice. Dans l'ensemble, cependant, compte-tenu de sa stratification, il est sujet à des glissements banc sur banc.

Sa portance est bonne, l'affleurement très limité de ces terrains sur la commune empêche toute utilisation.

Son réemploi ne poserait aucun problème.

Sa décharge en mer étant possible, le rejet d'effluent est à écarter compte-tenu de la grande perméabilité en grand de ce matériau.

- Eocène moyen -

Très peu différent lithologiquement du Crétacé supérieur, on peut lui appliquer les mêmes conclusions.

- Eocène supérieur -

Les caractéristiques de ces terrains sont également bonnes.

Très peu de terrassements sont envisageables compte-tenu du contexte géographique.

Ceux-ci nécessiteraient l'explosif et les talus pourraient admettre des pentes de 5/1 sauf dans le cas où la stratification imposerait des pentes plus faibles.

Son réemploi ne pose aucun problème.

Sa décharge en mer est possible.

- Pliocène -

Très limité, il a des caractéristiques géotechniques assez bonnes mais le contexte morphologique est prépondérant pour la détermination de l'aptitude aux fondations.

- Alluvions -

Les caractéristiques de ces terrains sont assez faibles. On ne peut y concevoir que des fondations travaillant à 1 ou 2 bars.

Les terrassements s'y font aisément avec des engins mécaniques mais la stabilité des fouilles est conditionnée par la présence de la nappe que nous avons schématiquement représentée sur carte.

Toute fouille très importante nécessite, à notre avis, une étude géotechnique.

Leur réemploi est à déconseiller et leur rejet en mer à proscrire.

Compte-tenu de l'urbanisation de la zone où ils affleurent, il n'est pas nécessaire d'envisager de rejet d'effluent dans ces terrains ce qui serait préjudiciable au maintien des qualités de la nappe phréatique.

- Formations de pentes -

On a vu, dans le chapitre GEOLOGIE, que le faciès des éboulis est très varié. Il est donc très difficile de les cataloguer du point de vue géotechnique, par la même, de définir leur aptitude aux fondations, d'autant que celles-ci dépendent également de la nature du substratum, de la pente, de l'hydrogéologie.

En ce qui concerne la portance, leur comportement peut être catalogué de moyen.

Les terrassements y sont réalisables, avec des engins mécaniques de faible puissance, avec essentiellement pétardages de gros blocs.

La stabilité des talus de déblais est très variable :

- subverticale dans le faciès Nord-Est,
- 2/3 au Sud-Ouest avec risque de déclenchement de glissement important.

Le réemploi de ces matériaux est possible.

Leur rejet en mer devra être contrôlé.

Leur capacité d'absorption est relativement bonne; toutefois en raison des risques de glissement, il est déconseillé d'y rejeter des effluents.

- STABILITE -

Le problème de la stabilité se pose sur toutes les pentes Nord Est de la commune, des désordres importants s'étant produits au cours des années au quartier SOPHIE.

Une longue analyse de ces mouvements a été faite par G. CORROY* à laquelle nous renvoyons le lecteur.

Les mouvements du quartier SOPHIE sont déterminés par des causes structurales (présence d'une importante masse déboilis sur un substratum crétacé), clinographiques (la pente est d'environ 50 %), et hydrogéologiques (présence d'un compartiment faillé en amont du glissement déterminant une circulation qui alimente les éboulis). Or il n'est pas possible de déterminer, en chaque point, la nature du substratum ainsi que les conditions hydrologiques. Il s'ensuit que la prévision des glissements est très difficile.

V - ANALYSE et UTILISATION de la CARTE SYNTHETIQUE -

La carte synthétique de BEAULIEU a été établie en tenant compte des différents critères qui déterminent l'aptitude aux fondations.

Dans la zone Nord Est, celle-ci est essentiellement liée aux problèmes de stabilité de pente et de chutes de blocs.

Le quartier de SOPHIE, où des mouvements de sol se sont déjà produits, a été cartographié en zone sensible (1). Les conditions de glissements y sont évidemment réunies et elle doit être classée actuellement non oedificandi.

Nous signalons toutefois qu'un traitement approfondi pourrait lui redonner un état constructible pour des bâtiments légers. Ce traitement serait, sans doute, (s'il était possible) très coûteux.

.../...

* - La loupe de glissement du quartier "SOPHIE", commune de BEAULIEU et VILLEFRANCHE-SUR-MER, par Jean BERGEAUD, Charles CADIERE, Georges CORROY, Marcel VEDRINE - Travaux de laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de l'Université d'Aix-Marseille - 1957 - Tome 6 -

Hormis le quartier de SOPHIE, le reste de ce versant a été cartographié en zone 2. Des glissements y sont possibles mais nous ne pouvons appréhender les critères de stabilité sans études ponctuelles approfondies.

Toute construction, dans cette zone, nécessite donc une étude géologique.

La partie Nord Est, accolée à la falaise calcaire peut recevoir des blocs se détachant de celle-ci. Le figuré de la zone 1 (sensible) a été, pour cette raison, surimposé à celui de la zone 2, le niveau de risque, du point de vue glissement, étant le même que sur le reste du versant.

Cette zone mérite donc une attention particulière; des constructions n'y seront possibles qu'après vérifications de la sécurité aux glissements et une adaptation vis à vis des éboulements.

Toute la partie centrale de l'agglomération a été cartographiée en zone 3. Les conditions topographiques sont telles qu'aucun mouvement n'est possible; mais la présence d'un remplissage alluvial important, de caractéristiques mécaniques faibles, fait placer cette zone en aptitude aux fondations faible à moyenne.

Si pour des bâtiments légers aucun problème sérieux ne peut se poser, pour des constructions importantes, il conviendrait d'effectuer, ponctuellement, une étude géotechnique.

Enfin, la présence d'une nappe à faible profondeur est une gêne pour des terrassements importants (sous-sol, parking souterrain etc...).

Un autre secteur de la commune berlugane a été cartographié en zone 3. Il s'agit des pentes Sud-Ouest constituées de terrain crétacé ou éocène, plus ou moins recouvert d'éboulis.

Si les caractéristiques mécaniques de ces formations sont bonnes, les conditions topographiques sévères imposent quelques précautions.

Enfin, le reste de la commune a été cartographié en zone 5 (aptitude aux fondations moyenne à bonne).

VI - CONCLUSIONS -

La commune de BEAULIEU se caractérise par deux aires nettement distinctes :

- la partie basse constituant le centre de l'agglomération où règnent des dépôts quaternaires alluviaux et où les conditions urbanistiques sont très acceptables.

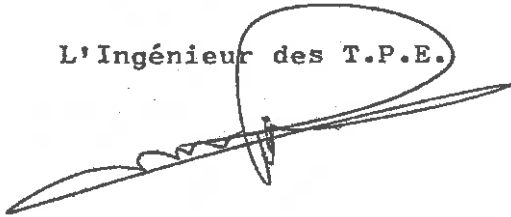
Toutefois, les immeubles de grande hauteur et les fouilles importantes y sont de réalisation difficile et nécessitent des études géotechniques.

- Cernant cette zone, le reste du territoire grimpe en amphithéâtre vers VILLEFRANCHE. La construction y est beaucoup moins favorable et doit même être interdite dans certains secteurs. Or, c'est actuellement le domaine d'extension naturel de l'agglomération. Celle-ci devrait se faire, à notre avis, vers le Sud Ouest où les conditions géotechniques sont plus favorables.

Nice, le 12 novembre 1974

SECTION GEOLOGIE

L'Ingénieur des T.P.E.



P. PAGE



J.P. MENEROUD

- Etude réalisée avec la participation de C. MANGAN -
