

REUNION

NOTE SUR LA PROTECTION DU BOURG DE CILAOS
ET DE SES THERMES CONTRE L'EROSION

p a r

G. DOMERGUE

1957

Guy DOBERGUE
47 bis rue du Lycée Périer
MARSEILLE 8ème

Marseille le 7/11/1957

à

Monsieur RODIER
Hydrologie Outre-Mer
1, rue Léon Cladel
PARIS 2ème

OBJET : REUNION, Note sur la protection du Bourg de CHAOS et de ses
Therms contre l'érosion.

Cher Monsieur,

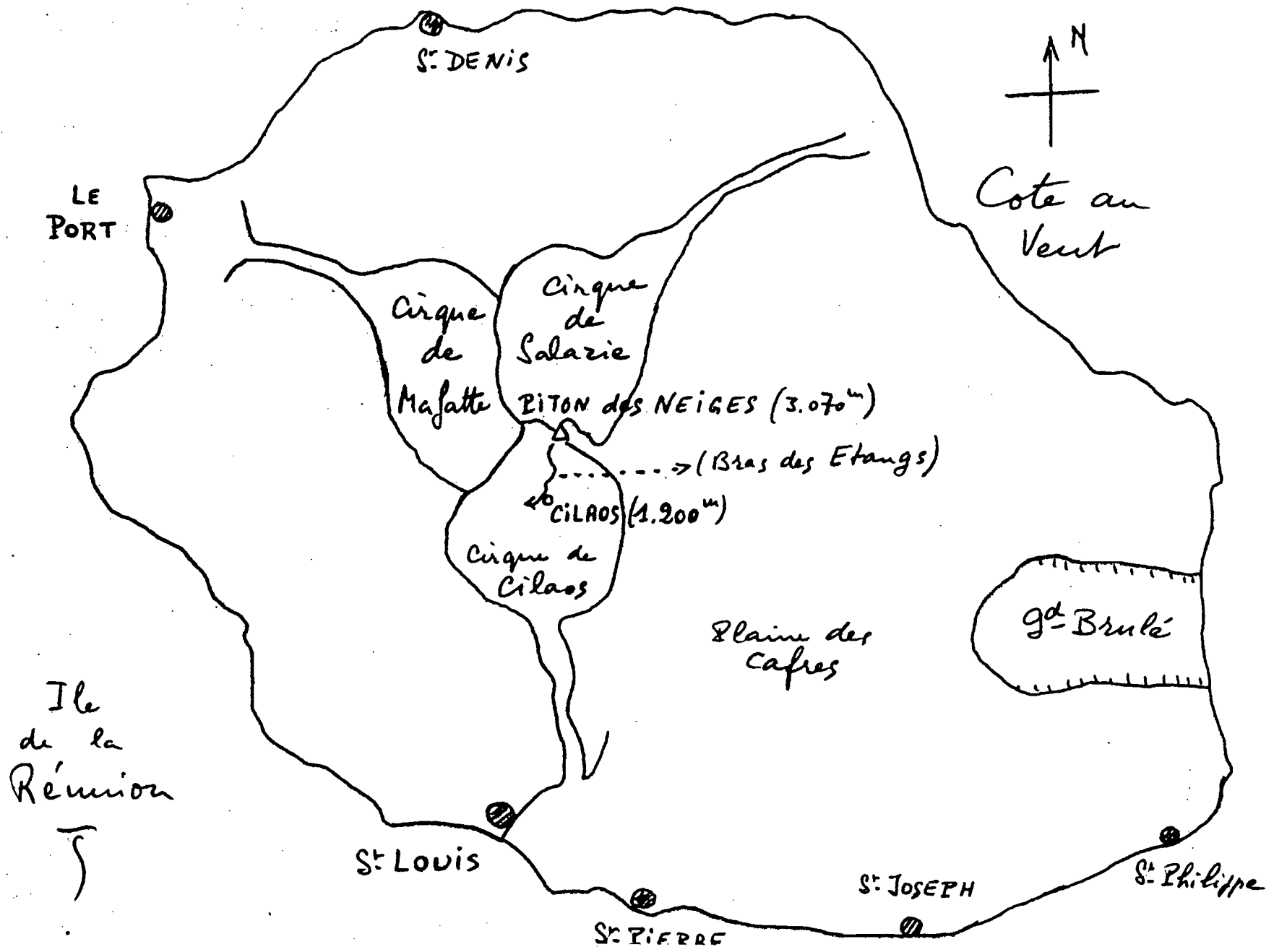
Veillez trouver ci-joint le texte d'une note sur
CHAOS.

Il s'agit d'une étude effectuée sur la demande de
Monsieur le Conservateur des Eaux et Forêts.

Le sujet traité est à la fois hydrologique et hydro-
géologique, plus quelques propositions pour l'hydrodynamique
du Génie Civil.

J'avais lu les éléments essentiels de cette note
aux Eaux et Forêts avant de quitter la REUNION, mais je l'ai
complètement revue et augmentée depuis.

Par rapport à ce qui a déjà été avancé sur cette
question, mes propositions sont strictement personnelles et
viendront s'ajouter aux propositions des Eaux et Forêts et des
autres services intéressés.



LE
PORT

St. DENIS

N
Cote au
Vent

Cirque
de
Mafatte

Cirque
de
Salazie

PITON des NEIGES (3.070^m)

(Bras des Etangs)

CILAOS (1.200^m)

Cirque de
Cilaos

Plaine des
Cafres

Gd. Brulé

Ile
de la
Réunion

St. LOUIS

St. PIERRE

St. JOSEPH

St. Philippe

NOTE sur la PROTECTION du BOURG de CILAOS
et de ses THERMES, CONTRE l'EROSION

Le titre souligne l'importance des forces naturelles dont il faut réduire les effets destructeurs sur des sites bien définis.

La puissance de l'érosion permanente, irréversible, évoque immédiatement des travaux importants, un entretien coûteux.

Cependant, si les travaux à entreprendre sont bien à placer à l'échelle du phénomène naturel, l'effort financier par contre, est à mettre au niveau de la valeur des objets à protéger.

Il s'agit de conserver une station thermale et de préserver un centre climatique, touristique et artisanal.

Nous n'avons pas à discuter les bases administratives et financières du problème. Nous admettons, par hypothèse, qu'il faut conserver les thermes et préserver le Bourg de CILAOS.

Pour réduire le phénomène d'érosion, il faut agir sur la circulation de son principal agent de destruction l'EAU.

Nous distinguerons :

- 1°/ Les eaux de circulation superficielle
- 2°/ Les eaux de circulation souterraine

Pour les eaux superficielles, il s'agira de :

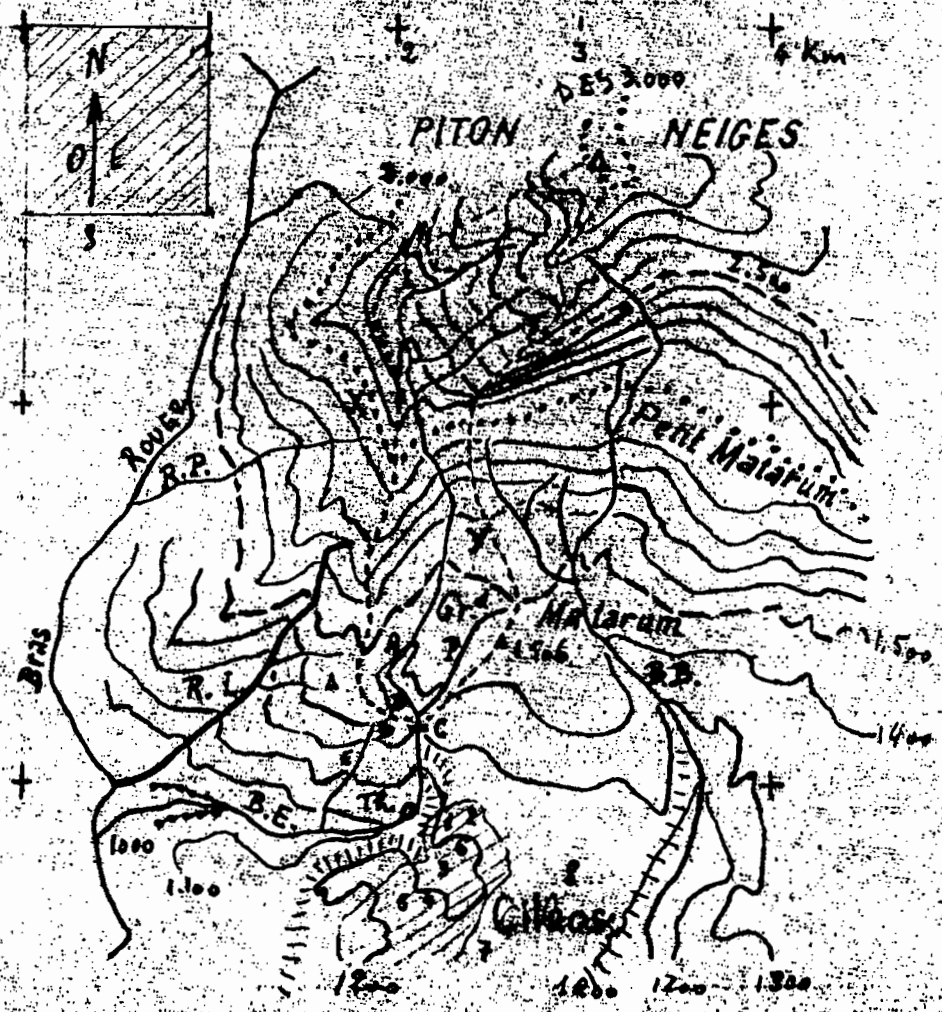
- a)- supprimer l'action mécanique d'entraînement des matériaux,
- b)- réduire l'infiltration depuis la surface vers le sous-sol.

- R.P : Ravine Tissat
- R.L : Laffriere
- B.E : Bras des Etangs
- E : St Charles
- B.B. : Bras de Boujoir
- P : Prudent
- X : Derivation ^{ouest} sur R.P.
- Y : Estuaire B.B.
- ABD : Deriv. du Bras de Etan en amont du Barrin Rd
- Th : thermes
- C : Cascades

- 1 : Eglise Sominaine Collège
- 2 : 9^e Hotel
- 3 : Ecole DTT
- 4 : Mairie
- 5 : Gendarmerie; Eau et Forêt
- 6 : Mare du Trou Pilon
- 7 : Trois Mares
- 8 : Mare à Jocas
- 9 : Tranchée des Mares

Entre 1 et Th : Ravine du Sominaine et Tunnel captage de sources

Echelle 1:40.000



I - DERIVATION du BRAS des ETANGS en amont du BASSIN BLEU -

Le projet consiste à dériver les eaux du Bras des ETANGS en amont des Thermes et de CILAOS pour les rejeter en aval.

Il est en cours d'études.

Remarquons que le bassin versant correspondant s'allonge entre CILAOS et le PITON des NEIGES, et n'offre, dans le plan horizontal, qu'une faible surface d'environ cent soixante hectares (1,6 km²). Mais il s'étage entre mille deux cent et trois mille mètres, de sorte que son bassin réel d'alimentation est nettement plus élevé. Dès la cote 1.600, c'est-à-dire vers les hauts du "Grand Matarum, il est inaccessible à un chantier normal.

Remarquons également que la Ravine du BRAS des ETANGS se rapproche deux fois de la limite Ouest de son Bassin Versant et une fois de sa limite Est, soit trois solutions possibles pour son évacuation.

1°/ Dérivation au Petit Matarum en X vers l'Ouest. Solution inacceptable, le chantier étant inaccessible. De plus, il resterait la moitié aval du Bassin à dériver.

2°/ Dérivation en haut du Grand Matarum en Y vers l'Est et la ravine du Bras de BENJOIN. Cette solution est également inacceptable.

a) - Barrage et canal de dérivation dans un terrain meuble et perméable.

b) - Canal de l'ordre de cinq cent mètres de long.

c) - Infiltrations d'eau dans les plateaux du Grand Matarum et de CILAOS.

3°/ Dérivation en bas du Grand Matarum vers l'Ouest et les ravines qui aboutissent en aval des Thermes.

Cette dernière solution se décompose en trois possibilités :

b) - Galerie directe vers la ravine Vieux Charles : trois cent mètres au moins, solution très onéreuse.

c) - Canal de dérivation sur deux cent mètres environ dans la rive droite, relativement en pente douce, entre le Bassin Bleu et les Cascades.

Galerie d'une centaine de mètres pour traverser la ligne de partage des eaux et pour éviter une zone en pleine érosion en aval des Cascades.

Canal et galerie seront fondés sur les puissantes coulées basaltiques visibles au Bassin Bleu, aux Cascades et au sommet de la ravine Vieux Charles.

C'est cette dernière solution, comportant un Canal et une Galerie que nous proposons comme étant la moins onéreuse et la plus efficace. Elle correspond à la dénomination : "Dérivation du Bras des Etangs, en amont du Bassin Bleu".

DEBIT MAXIMUM probable des crues cycloniques à évacuer.

Avec les conditions topographiques et géologiques le débit maximum probable est le paramètre essentiel pour déterminer les dimensions et le coût de l'ouvrage.

Dans l'état actuel des observations et des mesures, la valeur de ce débit est aléatoire. Son observation directe supposerait l'installation d'une station de jaugeages avec un "blockhaus" habitable pendant la durée d'un cyclone.

Cependant, il est possible de mettre en évidence le débit maximum le plus probable et ses valeurs maximum et minimum possibles.

;Considérons en effet les éléments suivants :

1°/ Détermination du débit maximum par l'intensité pluviométrique maximum probable :

Bassin Versant : 1,6 km² Intensité : 100 mm à l'heure

$$\frac{1.6 \cdot 10^6 \text{ m}^2 \times 0.10 \text{ m}}{3.600 \text{ sec}} = 45 \text{ m}^3/\text{sec}$$

En admettant une intensité de 100 mm/h et un coefficient d'écoulement de 100 % le débit maximum serait le suivant le bassin étant très petit, le régime permanent est vite atteint en période de cyclone.

Remarquons que la valeur 1,6 pour le B.V. correspond à la valeur en projection horizontale. Or, le terrain réel présente "grosse mode" une pente de 100 %, c'est-à-dire qu'il se distribue en moyenne, selon la diagonale d'un carré. Si la pluie, chassée par le vent, tombe à 45°, c'est-à-dire perpendiculairement, au Bassin Versant réel, notre résultat ci-dessus est à multiplier par $\sqrt{2}$, soit :

$$45 \text{ m}^3/\text{sec} \times \sqrt{2} = 64 \text{ m}^3/\text{sec}$$

En fait, compte tenu de la pente haute du bassin mais bien arrosé, nous obtenons probablement des pointes de crue de 40 à 50 m³/sec.

Les observations pluviométriques quotidiennes du Service de CILAOS sont très précieuses, mais ne datent que de 1952

Par groupe de deux jours, les maxima observés sont :

1953 : 16 et 17 Janvier : 181 mm
1954 : 12 et 13 Janvier : 343 mm
1955 : 1er et 2 Mars : 1262 mm (le 28 Février : 555 mm)
1956 : rien à signaler
1957 : 4 et 5 Avril : 532 mm

Compte-tenu de la crue de 6 m³/sec observée le 4 Avril 1957 et de la cote atteinte par celle de 1955, on peut estimer à une dizaine de m³/sec au plus, le débit maximum en 1955.

Les précipitations maxima observables dans l'île de Réunion sont de l'ordre de un à deux mètres en vingt quatre heures et sont comparables aux "records" observés dans le monde.

CILAOS (1200 m) se trouve non seulement dans la zone centrale de pluviométrie maximum du fait de l'orographie, mais également dans la tranche d'altitude de pluviométrie maximum en 800 et 1400 mètres. On signale en particulier à CILAOS :

le 17.3.52 : 1870 mm en 24 heures
le 28.2.55 : 145 mm en 2 heures/

Il est donc possible d'admettre une intensité pluvio

Ces réserves étant faites, pour une section de 20 m² environ, nous trouvons :

$$H = 4,47 \text{ mètres}$$
$$Q = 60 \text{ m}^3/\text{sec environ}$$

Nous pouvons utiliser une autre formule pour un déversoir à large seuil de forme rectangulaire, à nappe déversante libre, sans dépollement amont et à surfacage lisse:

$$Q \text{ m}^3/\text{sec} = 0,576 \times 2/3 B (2g)^{1/2} \times \left(H + \frac{V_0^2}{2g} \right)^{3/2}$$

B : largeur du seuil, dix mètres dans notre cas

H : profondeur de la lame d'eau sur le seuil : deux mètres

V₀: Vitesse initiale moyenne, estimée précédemment à 3 m/sec environ, ce qui est un ordre de grandeur admissible.

Mis à part le fait que la nappe déversante ne sera pas être "libre" même en crue, la formule donne :

$$Q = 65 \text{ m}^3/\text{sec}.$$

5 - Considérons enfin les débits spécifiques des Hauts Bassin Versant de l'île de la Réunion, d'après l'étude de Monsieur TOUCHEBEUF, Ingénieur Hydrologue.

Le débit spécifique maximum probable serait de 40 sec/km². Le Bassin Versant étant de : 1,6 km² au minimum, le débit de crue correspondant est de :

$$40 \text{ m}^3/\text{sec} \times \text{km}^2 \times 1,6 \text{ km}^2 = 64 \text{ m}^3/\text{sec}.$$

Au maximum (cf page 4) le résultat serait à multiplier par 2^{1/2}; 90 m³/sec.

En résumé, les diverses méthodes examinées donner pour le débit maximum de la crue de 1948, correspondant d'ail au plus fort débit admissible :

- Intensité pluviométrique : 40 à 50 m³/sec;
- Formule de STRICKLER : 60 à 80 "
- Tarage extrapolé : 42 m³/sec, 65 à 70 m³/sec

Formule déversoir triangulaire : 60 m³/sec
" " rectangulaire: 65 "
Débit spécifique et B.V. : 64 " à 90 m³/sec.

Dans l'état actuel des observations et des mesures, la valeur la plus probable pour la forte crue de 1948 est :

60 m³/sec. ± 20 m³/sec.

Il est difficile d'affirmer que cette valeur correspond à celle de la crue centenaire mais elle correspond aux plus grands cyclones connus, en particulier celui de 1948. Elle doit donc être de cet ordre.

Nous pouvons considérer qu'une dérivation équipée pour évacuer 50 à 60 m³/sec, couvrirait très correctement les risques de crues cycloniques pour cent ans au moins.

D'ailleurs, il serait illusoire de prévoir un équipement pour des crues de fréquence plus rare, car le "déluge" que l'on admettrait ainsi implicitement, serait tel, que la partie protégée serait infime par rapport à l'ensemble des destructions qui seraient alors observées dans l'île. Et les investissements supplémentaires auraient été effectués en pure perte.

Nous pouvons même admettre 40 à 50 m³/sec dans cette dérivation, en laissant une dizaine de m³/sec suivre leur cours normal par les Cascades et les Thermes.

Par ailleurs, compte-tenu du fait que le canal et la Galerie auraient une pente croissante, de 7 à 12 % par exemple, c'est à dire de l'ordre des pentes observées en torrent naturel, et compte-tenu du revêtement soigneusement "surfacé", on aurait à section égale, une capacité de débit beaucoup plus élevée.

Si on admet donc 20 à 25 m² de section en torrent, il est très probable que le canal et la galerie pourront avoir une section réduite à une quinzaine de m² au plus.

III - DRAINAGE ET EVACUATION DES MARES DE CILAOS

Déjà exécuté en grande partie avec la TRANCHEE des MARES, qui causa d'ailleurs par débordement et érosion une catastrophe en 1876. Le premier village de CILAOS se trouvait en effet à l'emplacement des Thermes actuels et en aval le long du Bras des Etangs. Le chemin d'accès remontait d'ailleurs le torrent.

Pour mettre le plateau forestier de CILAOS en valeur le premier soin des pionniers fut d'en drainer les marécages. Mais la tranchée d'évacuation la plus courte aboutissait au bord de la falaise qui domine les Thermes. Comme tout le terrain est friable, l'idée des constructeurs était d'entamer la tranchée en laissant à l'érosion naturelle le soin de faire le reste. Au cours de la saison des pluies le résultat dépassa toutes leurs espérances car un pan entier de la falaise s'éboula sur le village des Thermes, en une catastrophe analogue à celle de 1948 qui résultait d'un éboulement de la même rive gauche mais plus en amont.

Actuellement, les mares colmatées ne sont pas dangereuses par elles-mêmes. Elles se réduisent non par infiltration mais par évaporation.

Ce sont les débordements des mares qui s'infiltrent dans le plateau et qu'il faut évacuer en élargissant et en creusant les canaux déjà existants. Il faut maîtriser la circulation de cette eau jusqu'à ce qu'elle ne soit plus nuisible par le revêtement étanche des canaux, en particulier dans la tranchée des mares pour éviter tout nouvel affouillement des pentes.

Il serait nécessaire de drainer complètement le "Trois Pilon" c'est-à-dire la mare située le plus près du bord qui est à protéger contre l'érosion.

Ces travaux sont d'autant plus rentables qu'une utilisation immédiate des mares est prévue : piscine, terrains de jeux.....

IV - CAPTAGE DES SOURCES DU SEMINAIRE ET DU GRAND MATHARON

Depuis l'emplacement du barrage de prise, il faut examiner le terrain rive gauche et capter toutes les sources pour les évacuer, ainsi que cela a été fait sous le Séminaire par une galerie horizontale de vingt cinq mètres de profondeur environ. Mais il faut évacuer ces sources dans des thalweg maçonnés, pour éviter de nouvelles infiltrations dans les talus.

Il faut rechercher les sources à plusieurs niveaux d'altitude de façon à drainer les points les plus chargés d'eau. Il est cependant probable qu'il n'est pas nécessaire de creuser profondément ; il s'agit plutôt d'assécher une épaisseur de falaise sur toute sa hauteur de l'ordre de cent mètres, par une série de petites galeries d'une vingtaine de mètres plutôt que de pousser trop loin une seule galerie. Chaque source et chaque thalweg sera un cas particulier à résoudre séparément.

V - DRAINS DES PENTES

Les amorces de ravines sont à traiter ainsi qu'il en a été fait pour la ravine du Séminaire. Non seulement le profil en long du thalweg est maçonné en canal d'évacuation à très forte pente, mais il est complété latéralement par de petits murs formant des terrasses successives permettant un reboisement très efficace.

Ces murs de soutènement des terrasses forment cependant des barrages pour les eaux de ruissellement et les conduisent partiellement à l'infiltration. Il faudrait les compléter par un drain débitant dans le canal du thalweg.

Cela ne serait pas plus cher et les pentes seraient drainées en surface, au lieu de favoriser, même partiellement, une infiltration nocive.

VI - GABIONNAGES

L'éboulement d'une pente en amont immédiat des Thermes et l'eau de la crue de 1948, ont constitué une coulée de roches et de boues qui a envahi les Thermes et submergé les sources thermales.

Pour retenir le talus très friable qui demeure à la base de l'éboulement, il conviendrait de longer la rive gauche, le long du pied du talus, par une digue de gabions.

Cette digue pourrait :

- soit être continue le long du talus selon la pente du lit qui dépasse 20%
- soit formée par une suite d'épis, décalés et non liés entre eux, mais prolongeant la pente du tal

La meilleure solution étant de combiner ensemble les deux dispositifs de soutènement et d'épis.

VII - REBOISEMENT

Pour mémoire. Cependant il faudrait rechercher pour l'ensemble des bassins versants dont il faut dériver ou canaliser les eaux, la formation d'un tapis végétal offrant la rétention maximum des eaux pluviales afin de régulariser le débit sources et des cours d'eau, et, en particulier, de réduire les pointes de crues. Du point de vue de l'érosion, les berges et thalweg devraient être spécialement équipés en végétaux "antérosion" à racines profondes et à tiges courtes. Eviter sur un trois dizaines de mètres la présence des très grands arbres le long des berges du bras des Etangs en amont de la dérivation

CONCLUSION

En attendant la dérivation éventuelle du Bras des Etangs dans la ravine St Charles, toutes les autres solutions sont à poursuivre sur le terrain, d'autant plus qu'elles ont déjà très heureusement commencées. Ce qu'il faut surtout éviter c'est de laisser se charger d'eau tout le rempart de CILAOS côté des Thermes.

Le 6 Novembre 1957

L'Ingénieur Hydrologue
chargé de mission

Guy DOMERGUE.

