

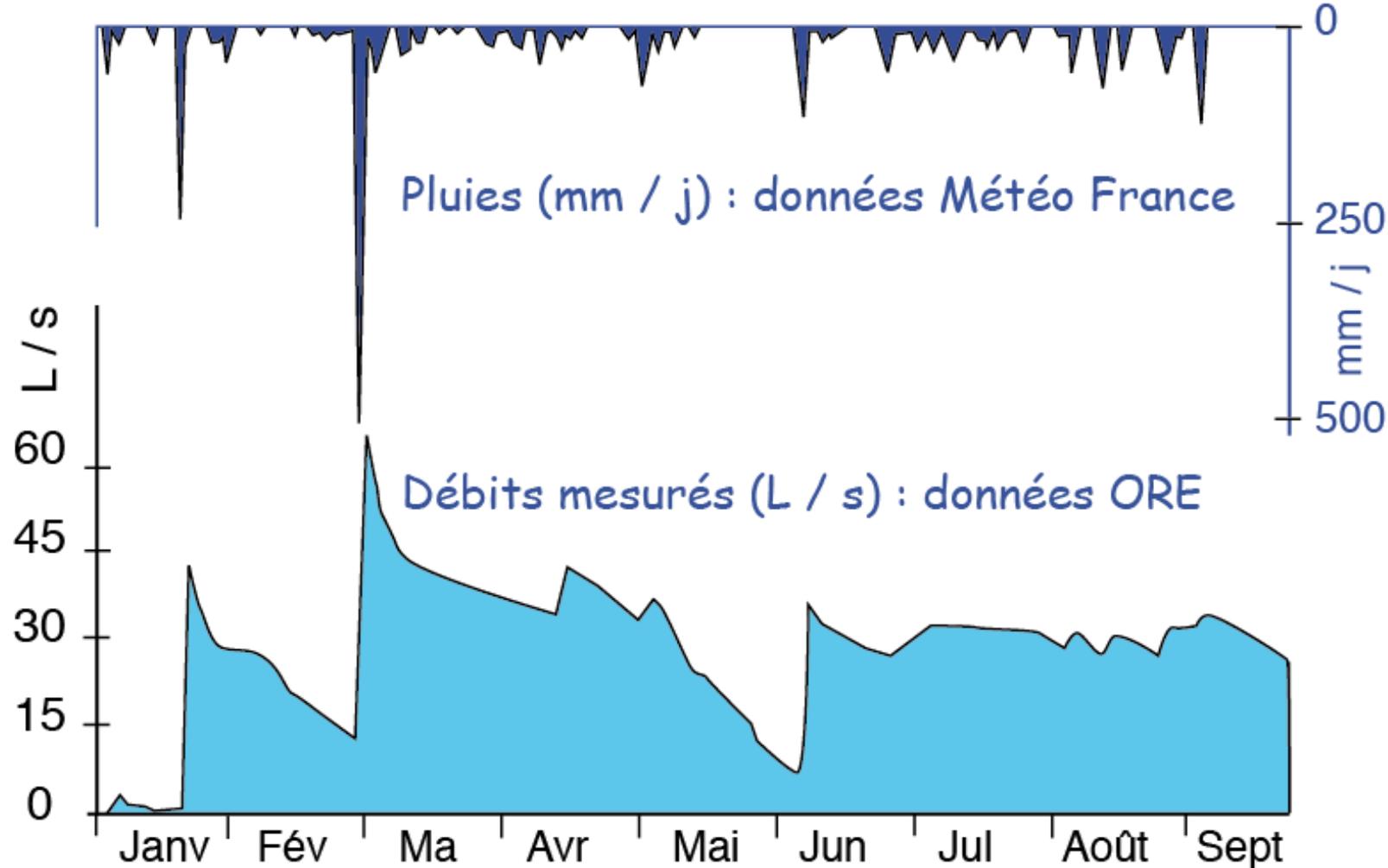
L'eau et la géologie dans le Sud « sauvage »





PhM

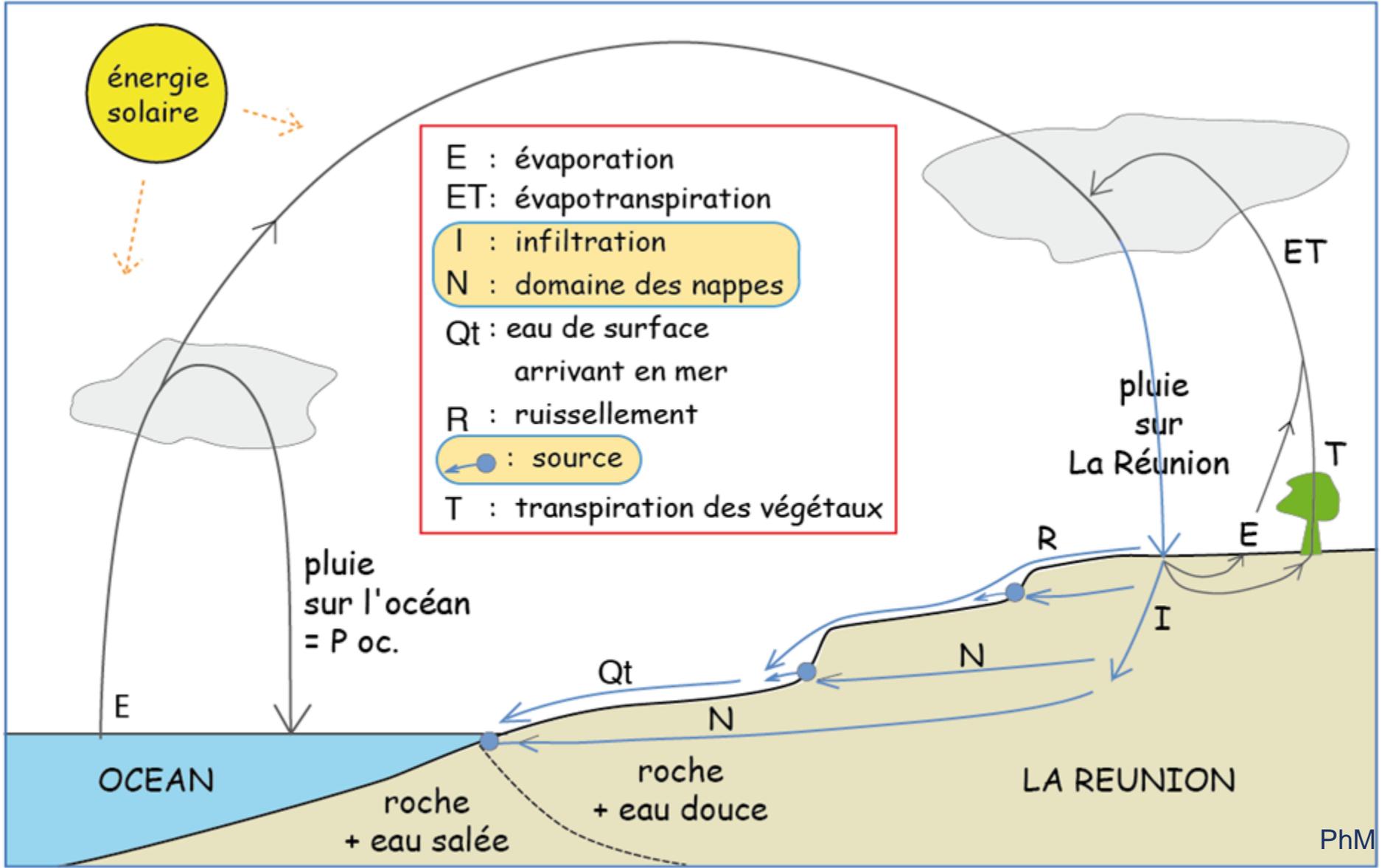
Tout le monde sait que **la pluie** est l'origine de l'eau des rivières et des sources. Cependant, les cheminements de l'eau souterraine sont difficiles à suivre.



Débit d'une source et pluviométrie (source Gabriel à la Plaine des Grègues)

La **source Gabriel** est repérée par « G » sur la diapo n° 33.

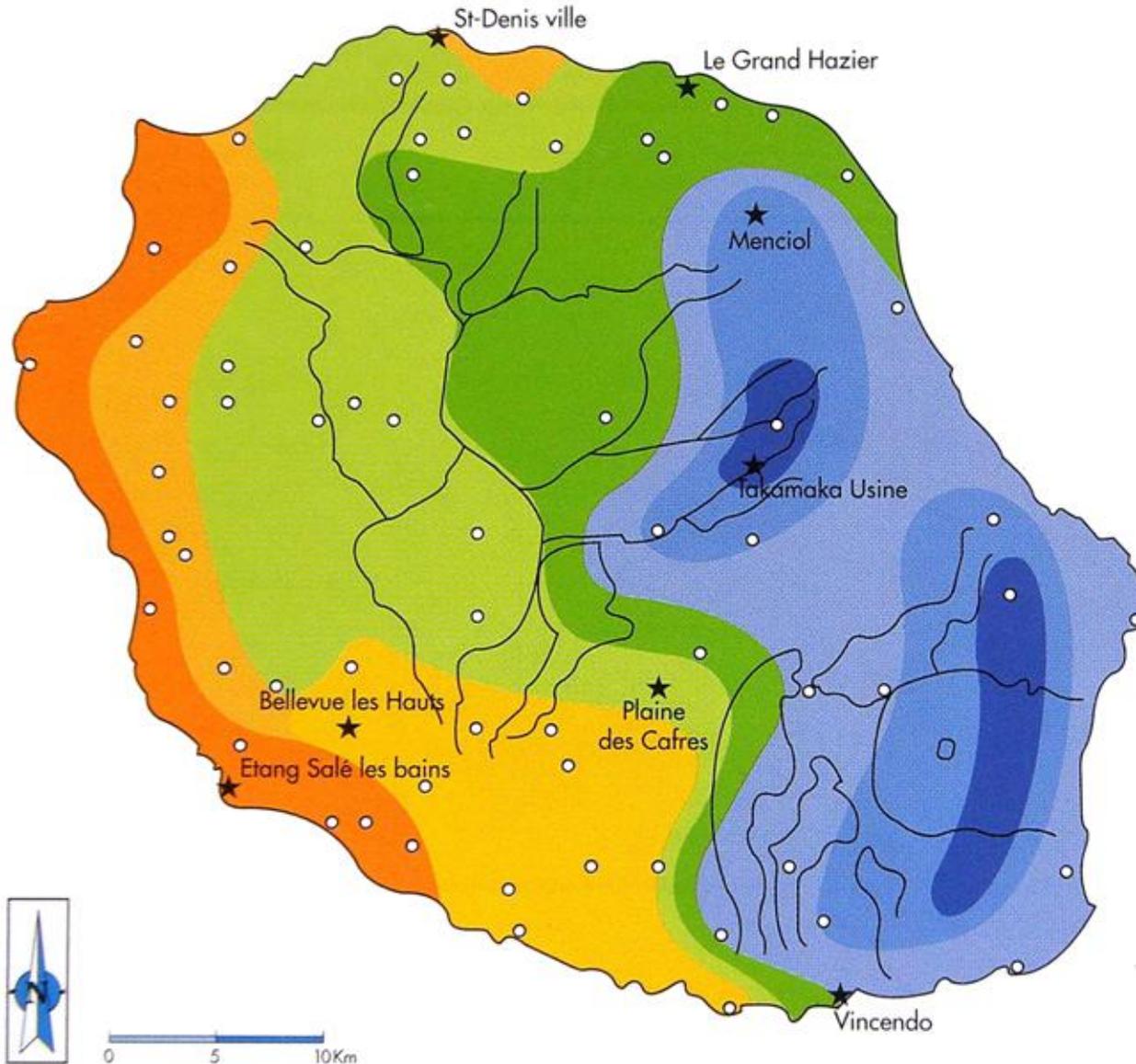
Son débit réagit en quelques heures aux pluies arrosant la Plaine des Grègues ; ce fait montre que l'eau de cette source provient bien de la pluie, comme celle de toutes les sources.



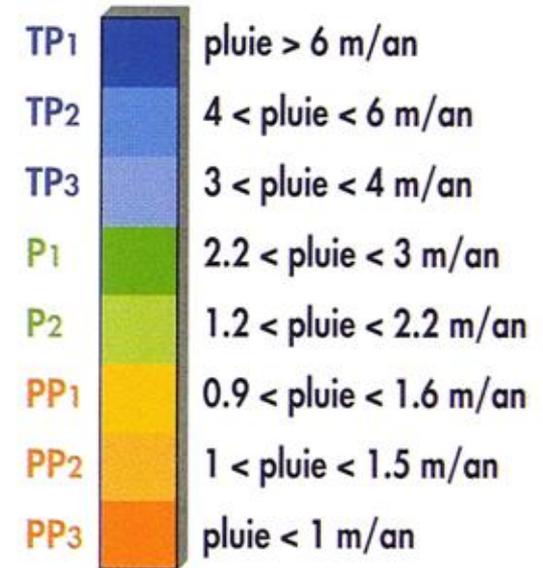
Le cycle naturel de l'eau : esquisse

Cette coupe montre **les devenirs de l'eau de pluie** tombée sur le département. Dans le détail, nous verrons les difficultés à quantifier les écoulements et à déterminer les trajets souterrains.

1- Pluie, ruissellement, évapotranspiration et infiltration : des relations compliquées

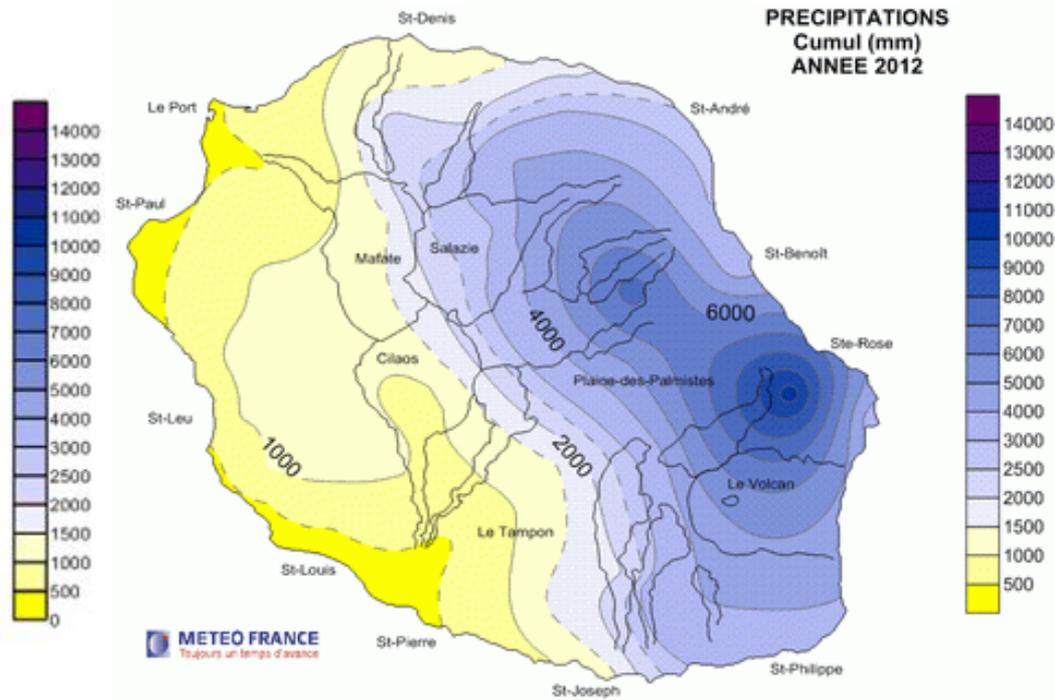
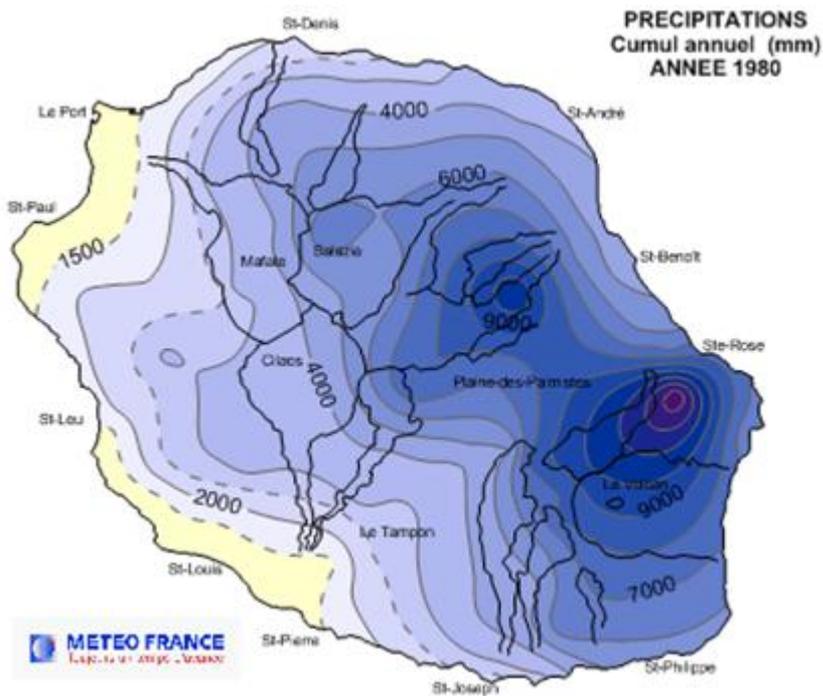


Zonage de la Pluviométrie en mètre(s)/an



★ Station de référence

○ Autre Station



Ces cartes ne prennent pas en compte les mêmes pluviomètres que la précédente, d'où les différences sur la commune de St-Philippe.

L'année 1980 a été particulièrement pluvieuse à cause de la dépression Hyacinthe ; à l'opposé, 2012 a été sèche. **La pluviométrie** diminue rapidement quand on passe de Vincenzo à Manapany ; les grandes vallées arrêtent beaucoup de nuages.

Dans le « Sud sauvage », nous sommes assez arrosés mais parfois l'eau manque au robinet ; comment est-ce possible ?



PhM



Net



Net

Une partie de l'eau ne s'infiltré pas, elle s'évapore en surface (E) ou bien elle est récupérée par les végétaux. Ceux-ci la renvoient dans l'atmosphère par évaporation au niveau des feuilles (= la transpiration = T).

La mesure de l'évaporation possible se fait dans un bac mais, comme ce récipient est différent du sol, il faut calculer E par des formules prenant en compte l'état de surface du sol, la pluviométrie, la température, l'humidité de l'air.....

La transpiration végétale est mise en évidence par l'expérience présentée ci-contre. Attention de ne pas placer la plante en plein soleil car le sac fait serre ! Là aussi, des formules permettent d'en avoir une bonne idée.

L'évapotranspiration (ET) est donc estimée sur une zone, en fonction du couvert végétal, des données météo...



héliographe
mesure
l'ensoleillement

girouette
mesure
la direction
du vent

anémomètre
mesure la vitesse du vent

pyranomètre
mesure
l'éclairement
global

pluviomètre à lecture directe +

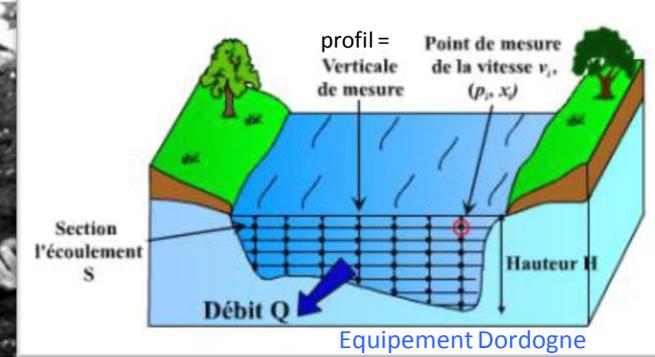
mesure la hauteur
de pluie tombée
entre 2 visites

pluviomètre enregistreur

abri météorologique +

contient
les instruments
qui craignent
le soleil et/ou la pluie :
- thermomètres,
- baromètre,
- hygromètre ...

Les données mesurées par les stations dispersées sur La Réunion sont télétransmises à **Météo-France** pour être traitées.

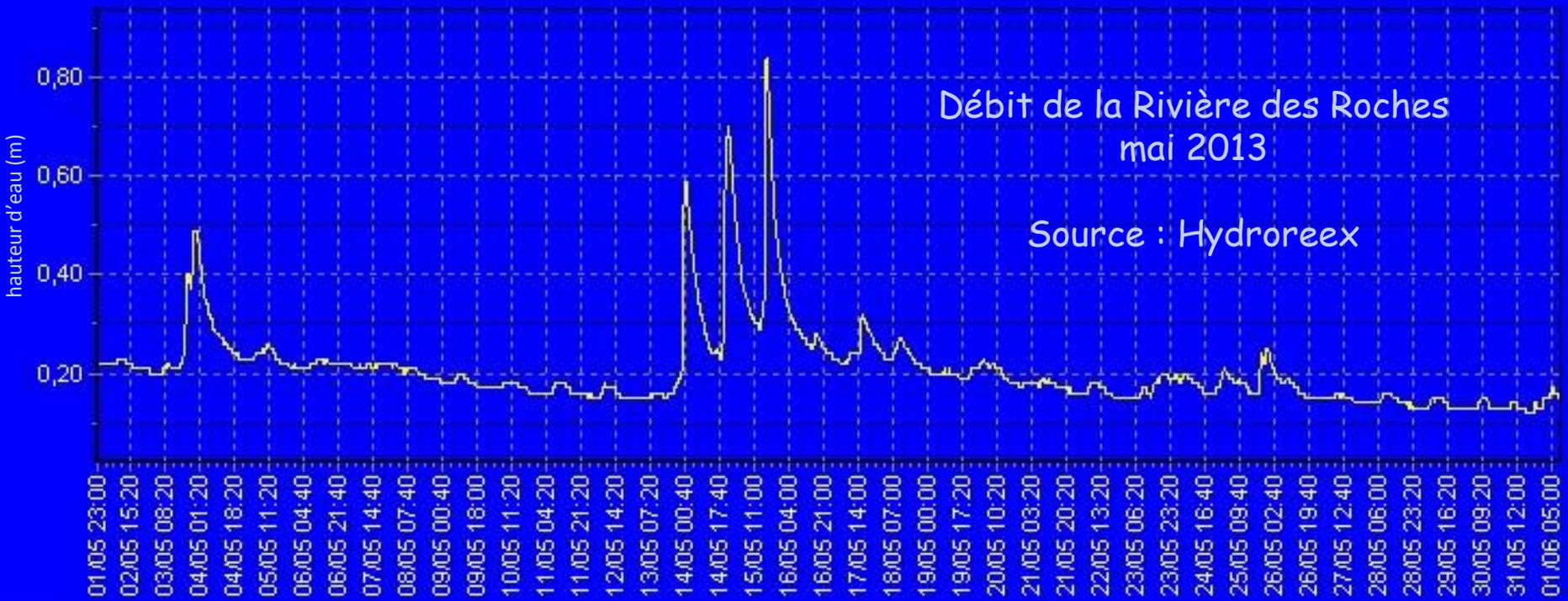


PhM

Il est possible de **mesurer le débit d'une rivière** avec la technique « du moulinet ». La vitesse de l'eau est relevée à différentes profondeurs sur plusieurs profils, repérés sur le double décimètre passant devant les techniciens de l'ORE. L'intégration de ces vitesses sur une section de la rivière permet de calculer son débit, c'est-à-dire le volume d'eau passant en une seconde sous le double décimètre.

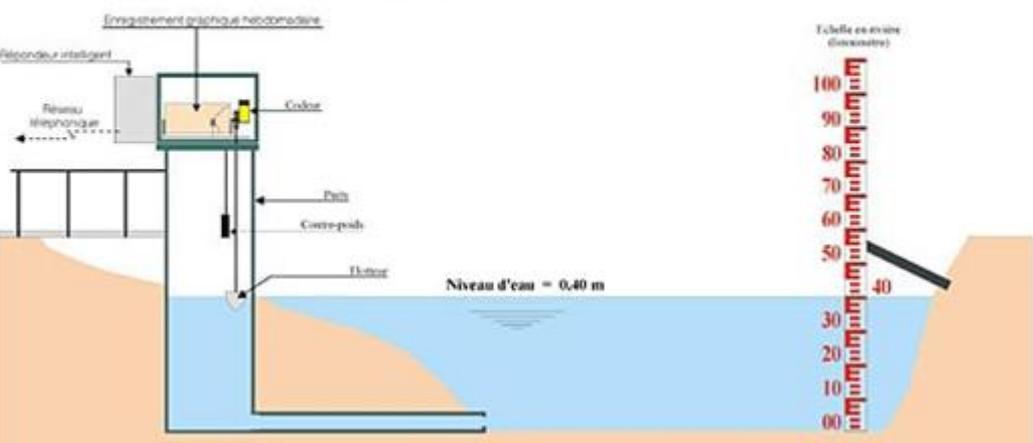
Plusieurs mesures dans l'année, avec des débits différents, rendent possible la liaison entre le débit et la hauteur d'eau lue sur une « **échelle limnimétrique** », fixée sur une paroi solide (photo de droite).





D.G.2 VOIES HYDRAULIQUES. I.G.21-O.212
 SERVICES ETUDES HYDROLOGIQUES
 N° 28177 807

SCHEMA DE PRINCIPE D'UNE INSTALLATION LIMNIGRAPHIQUE



Pour mesurer le débit d'une rivière en continu, on utilise un **limnigraphe enregistreur**. Il peut envoyer ses données (par radio ou par téléphone) à un centre, comme Hydrex, qui traitera les résultats.

Cela permet de visualiser le débit en direct et d'alerter une ville en aval et la prévenir qu'une vague de crue arrive.

Les données accumulées serviront pour un travail futur d'endiguement, de pont ...

A La Réunion, la mesure du débit des crues n'est pas évidente. Par exemple, il peut passer de 1 à 300 m³/s, voire 1100 m³/s (crue centennale) pour la Rivière des Remparts.

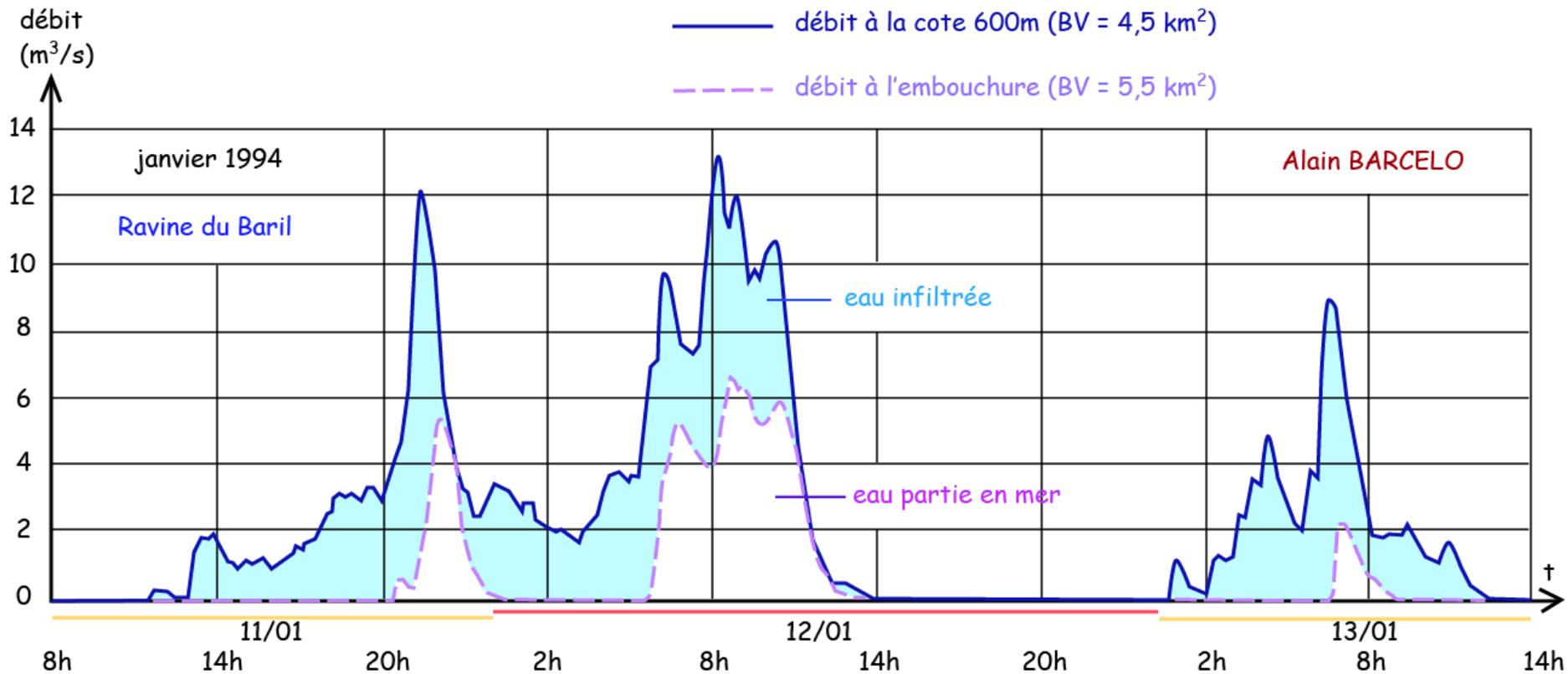
La forme du lit est modifiée par l'érosion ou le dépôt d'alluvions, il faut alors recalibrer les échelles limnimétriques.



PhM



PhM



L'infiltration $I = P - (ET + R)$. On peut en avoir une idée sur la Ravine du Baril où le débit a été mesuré à différentes altitudes. On constate qu'une grande partie de l'eau disparaît entre 600m et l'océan : elle s'est infiltrée.

A La Réunion, le ruissellement (les ravines coulent) et l'infiltration se font **pendant les fortes pluies**. Les « farines » et les pluies courtes sont récupérées par les végétaux ; elles n'alimentent pas les nappes d'eau souterraine.



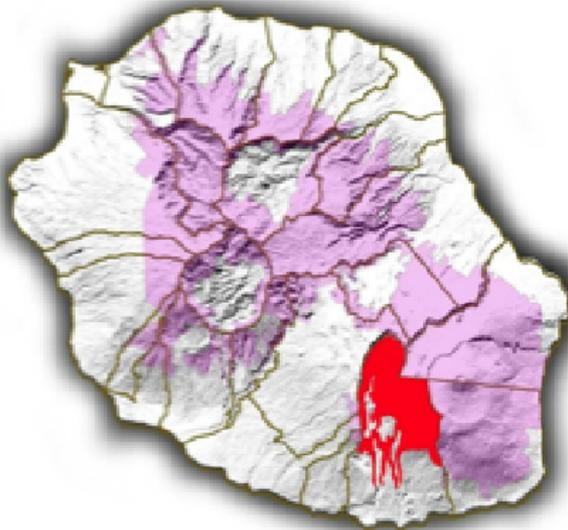
PhM



Pour mesurer le débit des sources, on utilise aussi des limnigraphes enregistreurs. Le débit de la source Gabriel a été présenté plus haut.

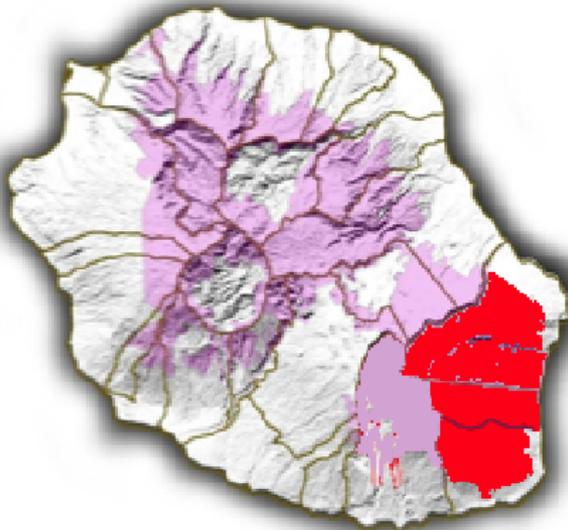
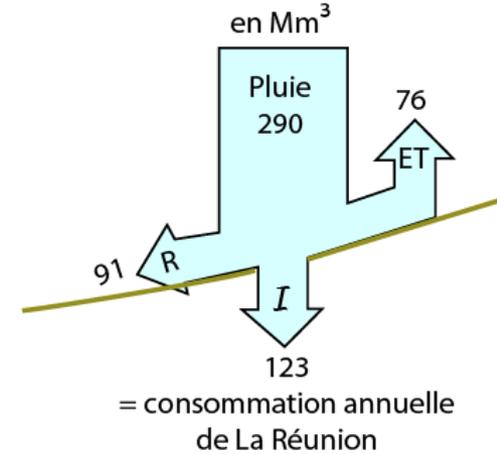
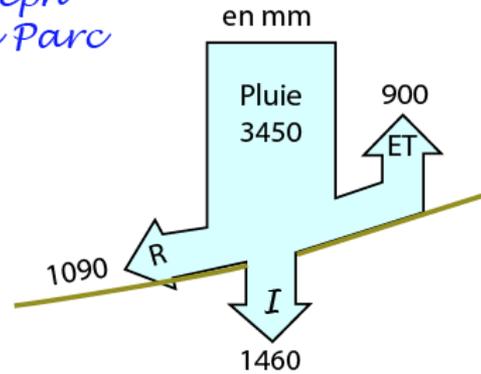
L'eau qui passe par-dessus la tôle découpée en V (= la surverse) est restituée à la Ravine Grègue.

Ce captage a été amélioré par galerie en 1974 et abandonné depuis car son eau est souvent polluée.

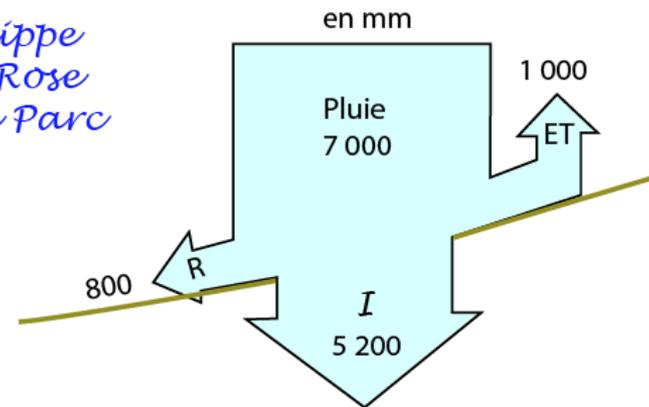


*Saint-Joseph
en cœur de Parc*

*Fr BOCQUEE
Parc*



*Saint-Philippe
et Sainte-Rose
en cœur de Parc*



Grâce aux mesures de P, R et ET, il est possible d'établir des **bilans** hydrologiques.
Dans les hauts de Saint-Joseph, R, ET et I sont semblables ; par contre, sur les communes de l'est, l'infiltration domine.



PhM.



PhM

L'infiltration dépend de la surface. Un sol résultant de l'altération de laves anciennes (ci-contre) est quasi-imperméable.

Il en est de même pour des surfaces recouvertes de cendres volcaniques, qui laissent difficilement passer l'eau (ci-dessus à Tan-Rouge).

Dans le fond des ravines, cette argile a été érodée et l'eau peut s'infiltrer quand elle y coule : ruissellement et infiltration sont liés dans l'île.



PhM



PhM

Les surfaces jeunes, constituées par des coulées de lave en gratons ou pahoehoe sont très perméables. Les cœurs de ces coulées (photo ci-contre) sont fissurés et laissent passer l'eau verticalement.

L'Enclos est tellement perméable qu'aucune ravine n'a pu s'y creuser (la ravine Criais vient des hauts de Saint-Philippe et se jette dans l'Enclos à basse altitude)



PhM



Le sous-sol

Le sol argileux est épais (10m et +) dans les endroits qui n'ont pas connu le volcanisme depuis 300 000 ans.

Si les laves sont plus récentes et le climat plus sec, comme ici vers Colimaçons, le sol est moins épais et laisse passer l'eau.

PhM

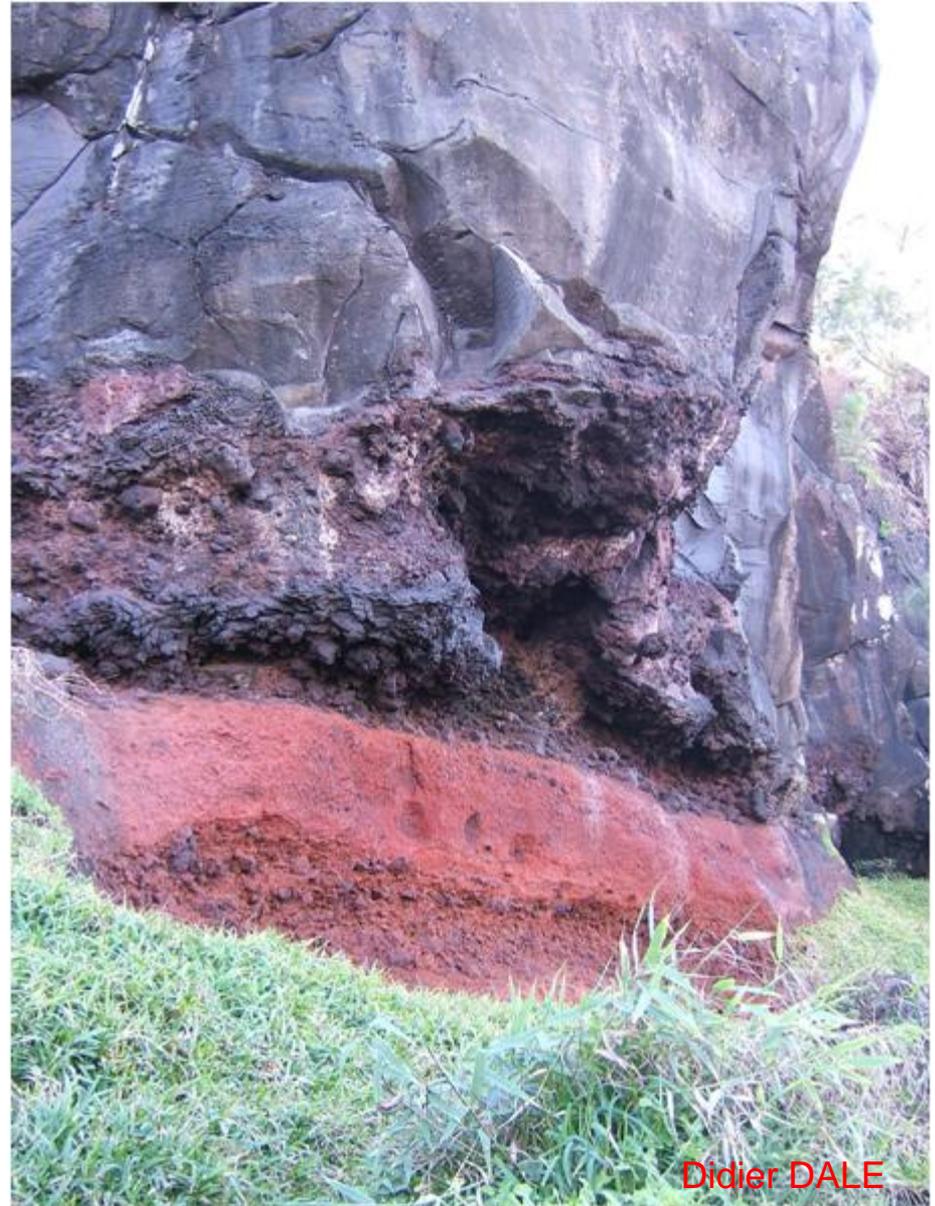
Sous tous les sols, les coulées de lave ne sont pas altérées. On observe des couches massives mais fissurées (les cœurs de coulées) et d'autres en morceaux avec de nombreux vides (les gratons...). Ces roches sont perméables et peuvent contenir de l'eau : elles sont « **aquifères** ».

L'eau descend à travers ces laves jusqu'à ce qu'elle rencontre une couche imperméable ; à quoi ressemble celle-ci ?



PhM

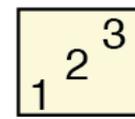
Un ancien sol est recouvert par une coulée du Piton de l'Entonnoir. Celle-ci a cuit l'argile et l'a transformée en brique rouge. Ce « **paléosol** » est imperméable. (Contournante de St-Joseph, au niveau de la ravine Carosse)



Didier DALE

Une coulée d'un volcan disparu surmonte des projections fines du Piton Babet. Celles-ci, tassées par la lave, sont devenues quasi-imperméables. Les gratons, à la base de la coulée, constituent un bon aquifère.

**Source Gabriel (Plaine des Grègues) :
coupe géologique
avant le percement de la galerie**



coulées de lave



roches dont les trous
sont pleins d'eau
= aquifère saturé



couche de roche
imperméable

ouest

647m
(sommet
du rempart)

Ravine Grègues

source (618m)

bassin
(607m)

éboulis

PhM

3

2

1

gratons

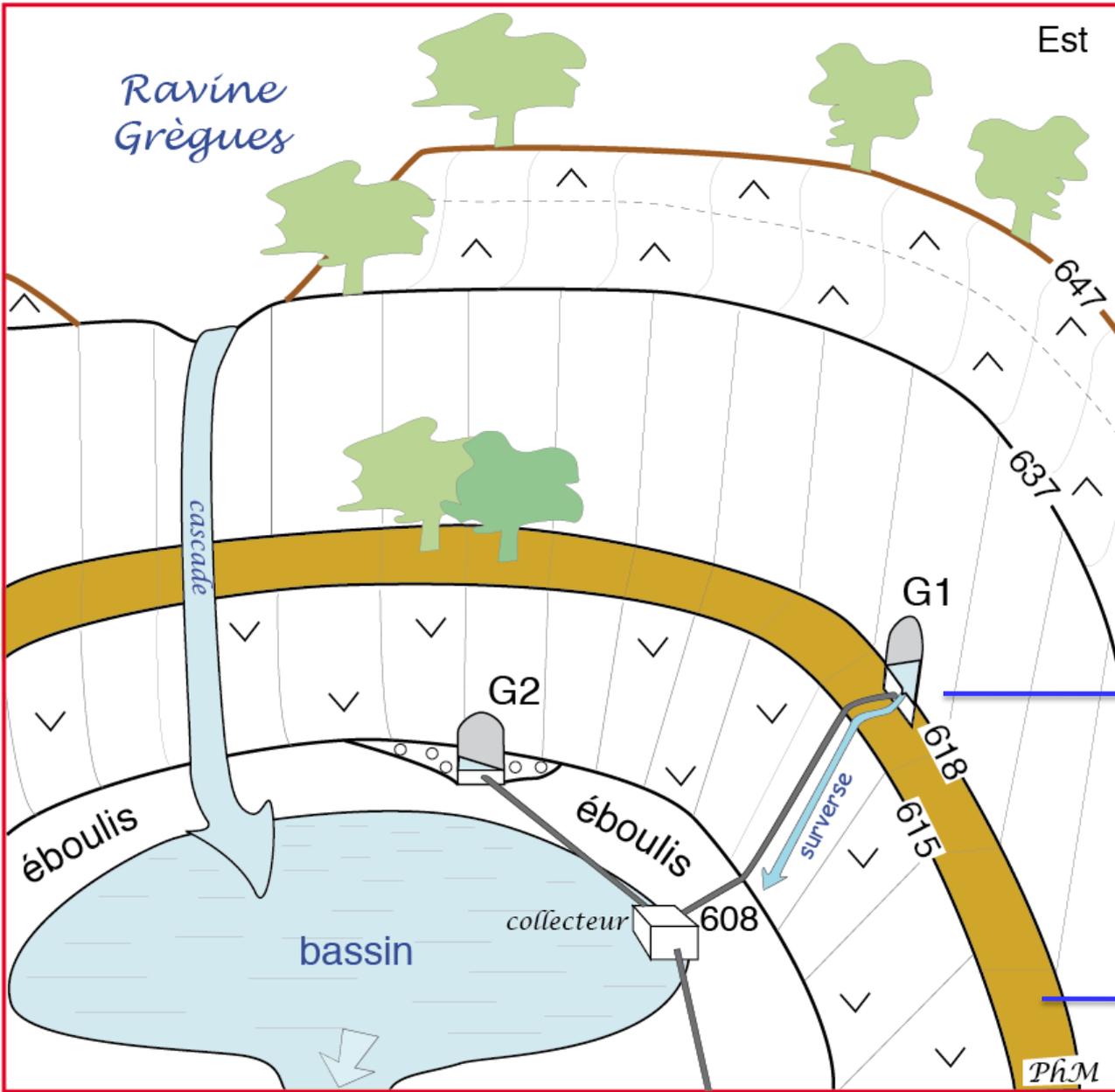
fissures

gratons
+ eau



L'imperméable de la source Gabriel est une couche argileuse marron (photo) épaisse de 3m. Il s'agit de **cendres** projetées par un volcan hydromagmatique (voir le diaporama « Le volcanisme explosif à La Réunion »), elles ont recouvert la Plaine des Grègues il y a environ 80 000 ans.

L'eau souterraine circule au-dessus, dans une couche de gratons.



Croquis des Sources Gabriel captées par galeries (Plaine des Grègues)

- coulée de vallée aa (basalte à olivine)
- coulée de vallée aa (basalte aphyrique)
- cendres volcaniques argilisées
- alluvions anciennes
- 608 cote (altitude)



Pour protéger le captage et l'améliorer, une **galerie drainante** a été percée en 1974 par la Section Hydrogéologie de la DDA (Fred K/Bidy patron). Une autre galerie a été creusée au-dessus d'alluvions déposées par une ancienne ravine Grègues (G2) mais cet ouvrage était souvent détérioré par les crues



Les couches de cendres volcaniques sont de faible extension et ne guident que de petites nappes d'eau souterraine.

Dans les grandes vallées ou les cirques, des écroulements en masse de falaises produisent des **coulées boueuses** qui nappent le fond.

La photo ci-contre montre une coulée boueuse dans le Bras Dimitile, érodée depuis sa mise en place, par la Rivière des Remparts.

PhM

Cette coupe de coulée boueuse (Ilet Banane Maronne dans la Rivière des Remparts) permet de voir qu'elle est constituée d'éléments très hétérogènes en taille (du bloc métrique à l'argile).

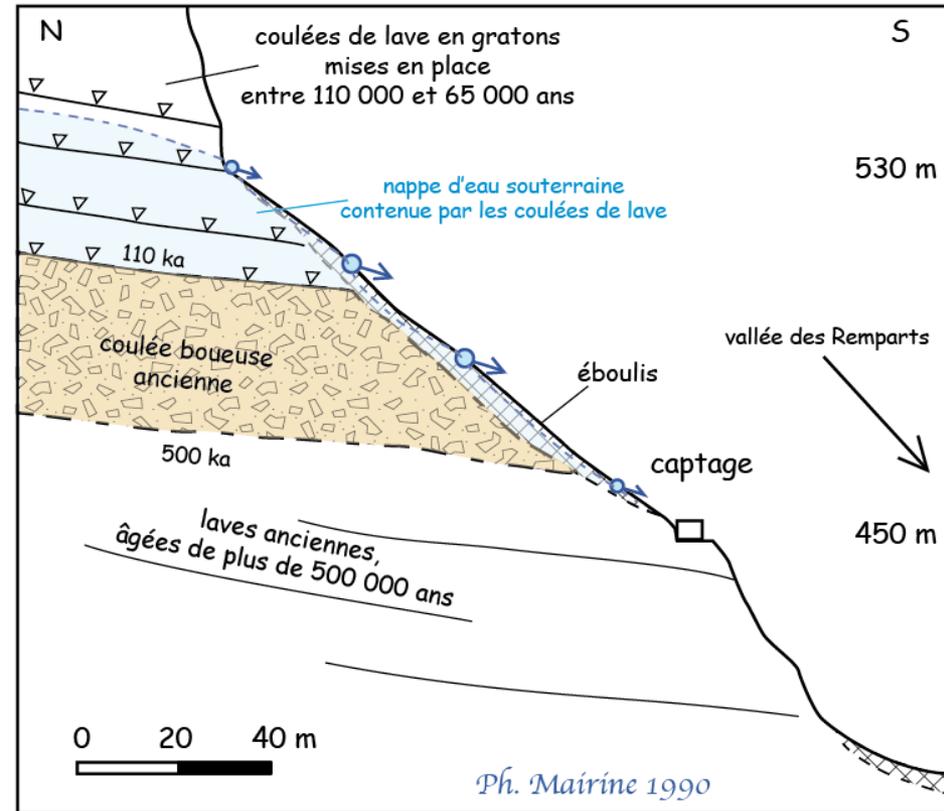
Les espaces libres sont rares, ce qui fait que ces formations sont beaucoup moins perméables que les coulées de lave.



PhM

LA SOURCE CASALA 1229.6X.0005

Coupe interprétative



Quand une grande vallée est remplie par des coulées de lave (reprise de l'activité volcanique dans le secteur), l'eau qui s'infiltré dans ces coulées descend jusqu'au fond de l'ancienne vallée où elle rencontre des coulées boueuses imperméables. Celles-ci guideront l'eau vers l'aval.

Si l'érosion recrée le tout, l'eau ressort à l'air libre (source) au niveau de l'ancien lit de l'ancienne rivière. C'est le cas de la source Casala dans la Riv. des Remparts.



Les **alluvions anciennes** ont eu le temps de s'altérer (leur couleur est passée du gris au marron-rouille). L'argilisation les a rendues moins perméables et plus solides.

Quand ces roches sédimentaires sont recouvertes par des coulées de lave, elles se comportent comme un « mur » imperméable.

Cette photo a été prise sur la contournante de Saint Joseph, entre la Rivière des Remparts et le rond-point de Jean-Petit.

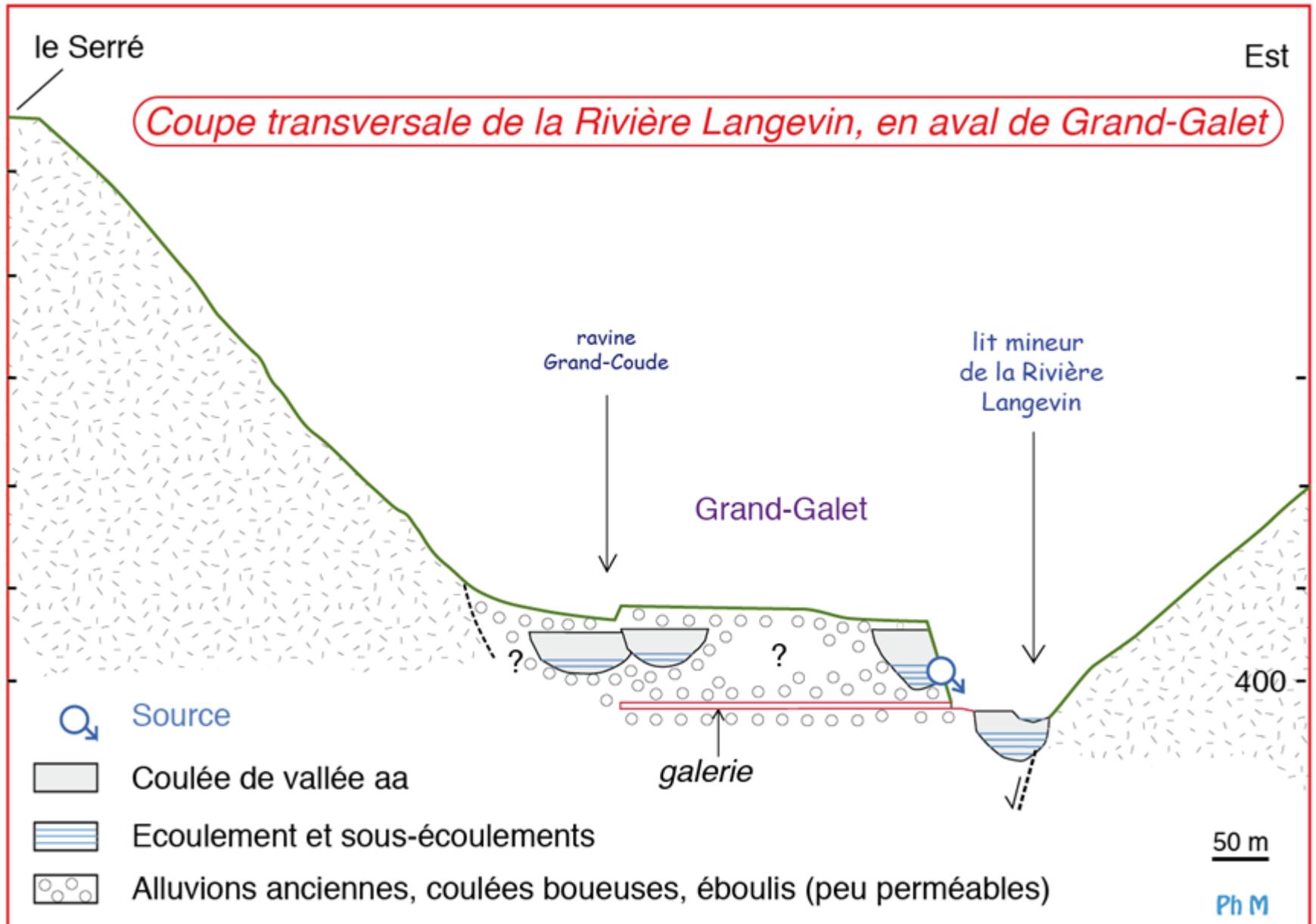


A Salazie, il y a environ 180 000 ans, des nuées ardentes épaisses (2) ont rempli le cirque de l'époque. Le fond, comme de nos jours, était recouvert par des alluvions, des éboulis, des coulées boueuses... (1)

Les dépôts des nuées sont fissurés (orgues) et laissent passer l'eau ; par contre, les roches sédimentaires sont imperméables. Elles vont diriger l'eau souterraine vers l'aval.

Des sources sont visibles entre ces deux formations quand l'érosion ou des travaux dégagent les roches.

Les roches imperméables au fond des grandes vallées ou des cirques comblés par des laves, présentent de grandes surfaces qui collectent l'eau souterraine et la rassemblent dans les lits de paléovallées.



En aval de Grand-Galet, une galerie a été creusée dans des alluvions anciennes, des coulées boueuses... Le débit d'eau récupérée était réduit car ces roches sont imperméables. Il a fallu réaliser des forages vers le haut pour percer des nappes guidées par d'anciennes coulées de laves ennoyées dans les roches sédimentaires ; le débit est devenu alors intéressant.

Moralité : il faut prévoir une étude géologique avant des travaux de recherche d'eau.

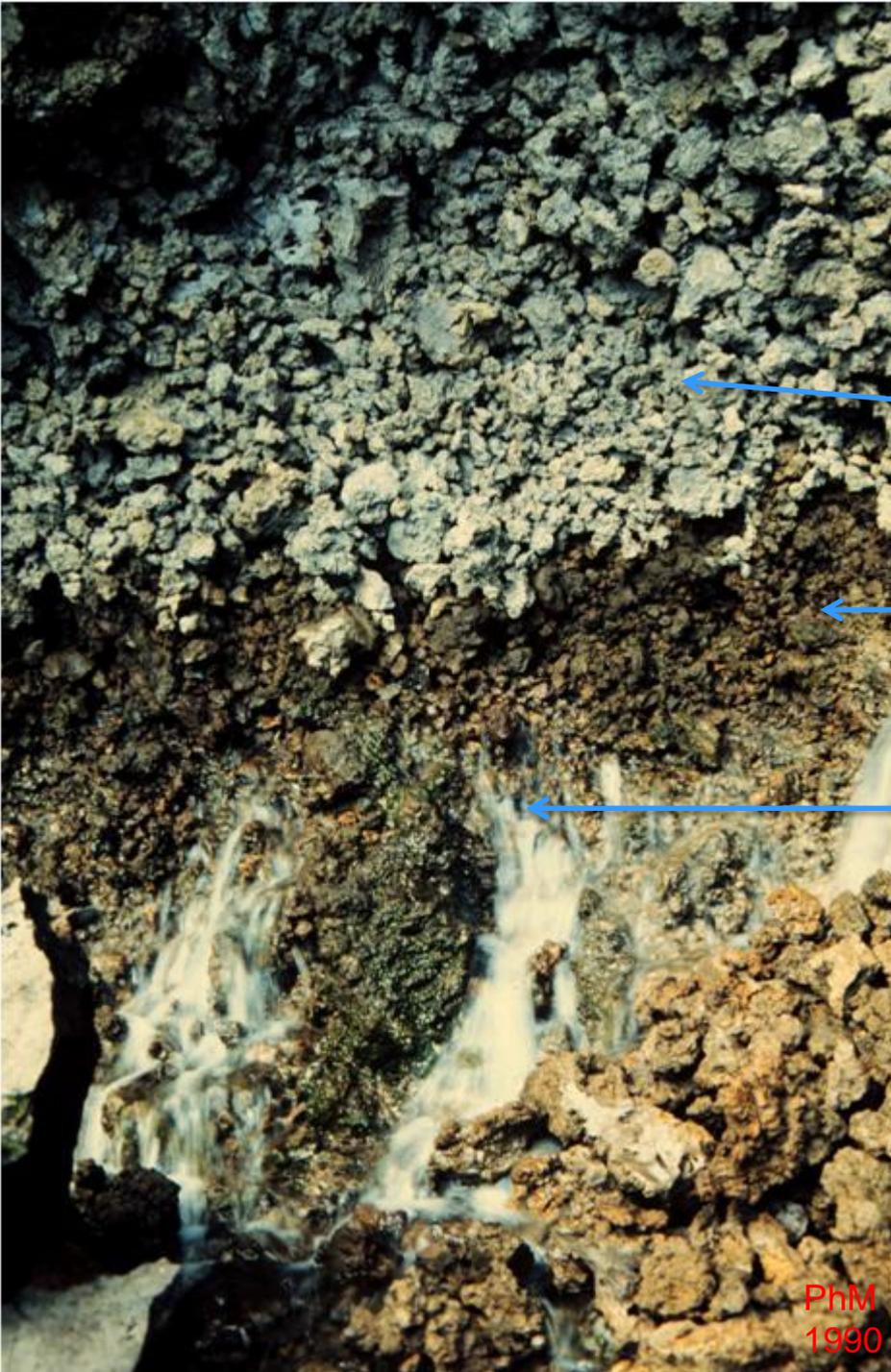


L'écoulement permanent de la Rivière des Remparts est produit par des sources situées très en aval dans la vallée (sources Francis, Lebon et des Frères).

A 100 m d'altitude, les **sources Francis** apparaissent sous une barre rocheuse (cœur d'une coulée de lave). En amont, la rivière ne coule qu'en temps de fortes pluies.

Vu de près, on constate que l'eau sort d'une couche de gratons rouges.





Il y a quelques années, l'eau des sources Francis sortait davantage en rive gauche.

Sur cette photo, on distingue 3 niveaux dans la couche de gratons :

- un niveau sec,

- un niveau mouillé mais ne donnant pas d'eau, c'est la frange capillaire,

- un niveau producteur d'eau, il correspond à la nappe d'eau souterraine. Ce niveau est saturé d'eau.

Cette nappe est dite « libre » car sa surface est surmontée d'un niveau perméable non saturé d'eau.



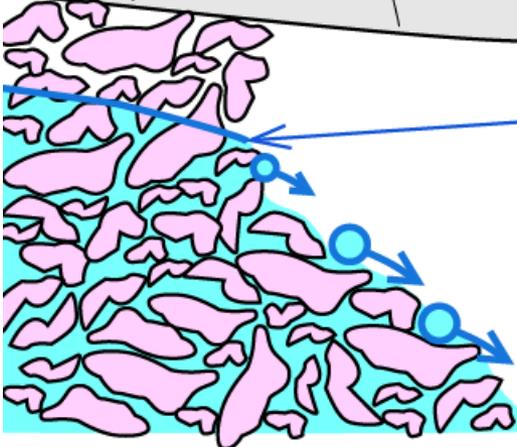
Source Francis amont
(Rivière des Remparts) :
croquis d'observation.

surface de la nappe
d'eau souterraine

A blue line with arrows pointing to the boundary between the lava flow and the gravel layer, indicating the surface of the groundwater table.

couche de gratons inférieure
de la coulée

A layer of pink, irregularly shaped fragments representing the lower part of the lava flow.

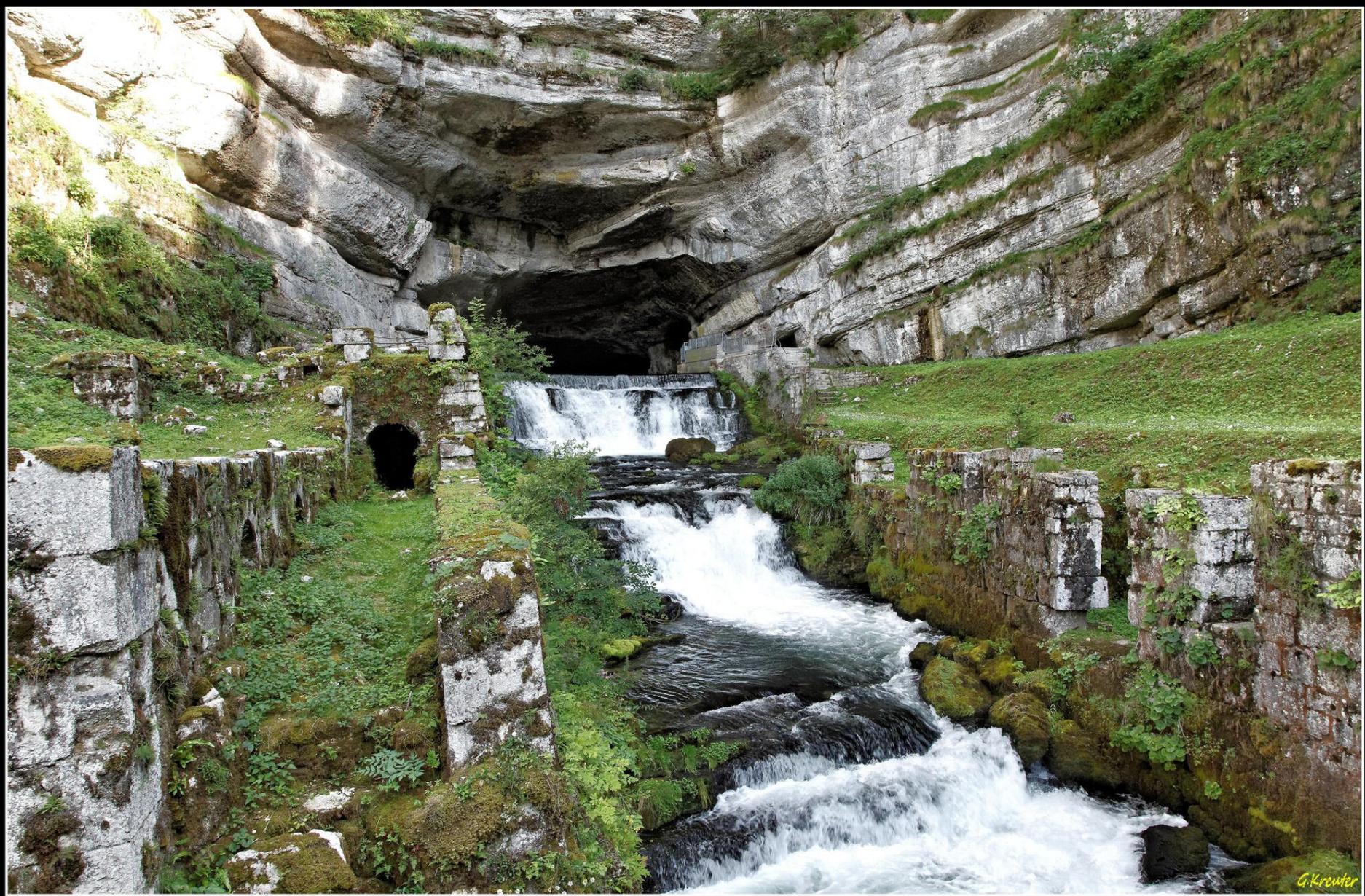


PhM 2009

97m

A horizontal line with arrows at both ends, indicating a distance of 97 meters between the lava flow and the alluvions.





Attention !! L'eau des sources Francis ne provient pas d'une rivière souterraine qu'on pourrait remonter à la nage, mais d'un **écoulement sous-fluvial**, circulant dans des couches scoriacées produites par des coulées de lave ayant suivi la vallée.

La source de la Loue (Doubs) ci-dessus est la sortie d'une vraie rivière souterraine circulant dans des cavernes karstiques.



En aval des sources Francis, des jets d'eau jaillissent de la roche

→ cette eau est sous-pression.

PhM

Vu de plus près, on constate qu'elle gicle par des fissures d'un cœur massif de coulée de lave.

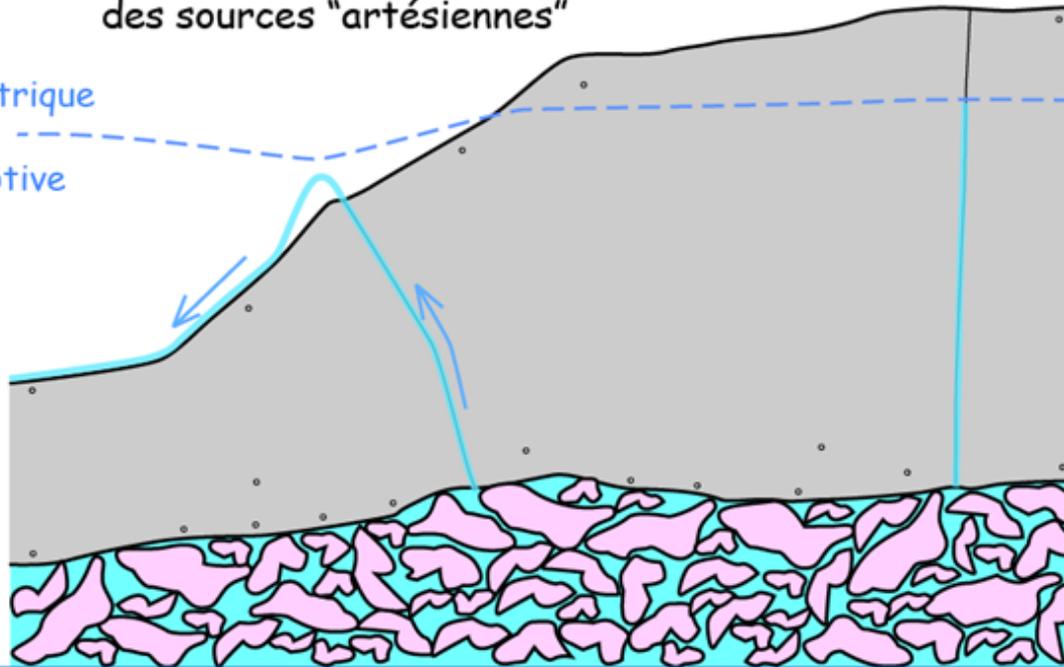


PhM

Sources Francis : une source fissurale artésienne

l'eau sous pression
monte dans les fissures
et peut donner
des sources "artésiennes"

surface piézométrique
théorique
de la nappe captive



couche de lave massive
mais fissurée
--> couvercle qui met
en pression la nappe
en-dessous

couche de gratons
pleine d'eau sous pression
(elle contient
une nappe "captive")

Cette nappe, avec un couvercle peu perméable qui augmente la pression de l'eau, est dite « **captive** ».

Quand le « toit » confinant cette nappe est percé, l'eau monte. Si elle jaillit à l'air libre, on parle de **source artésienne**.

Ici le toit est le cœur d'une coulée de lave en gratons, fissuré par les fentes de retrait. La perméabilité de cette couche est beaucoup plus faible que celle des gratons.

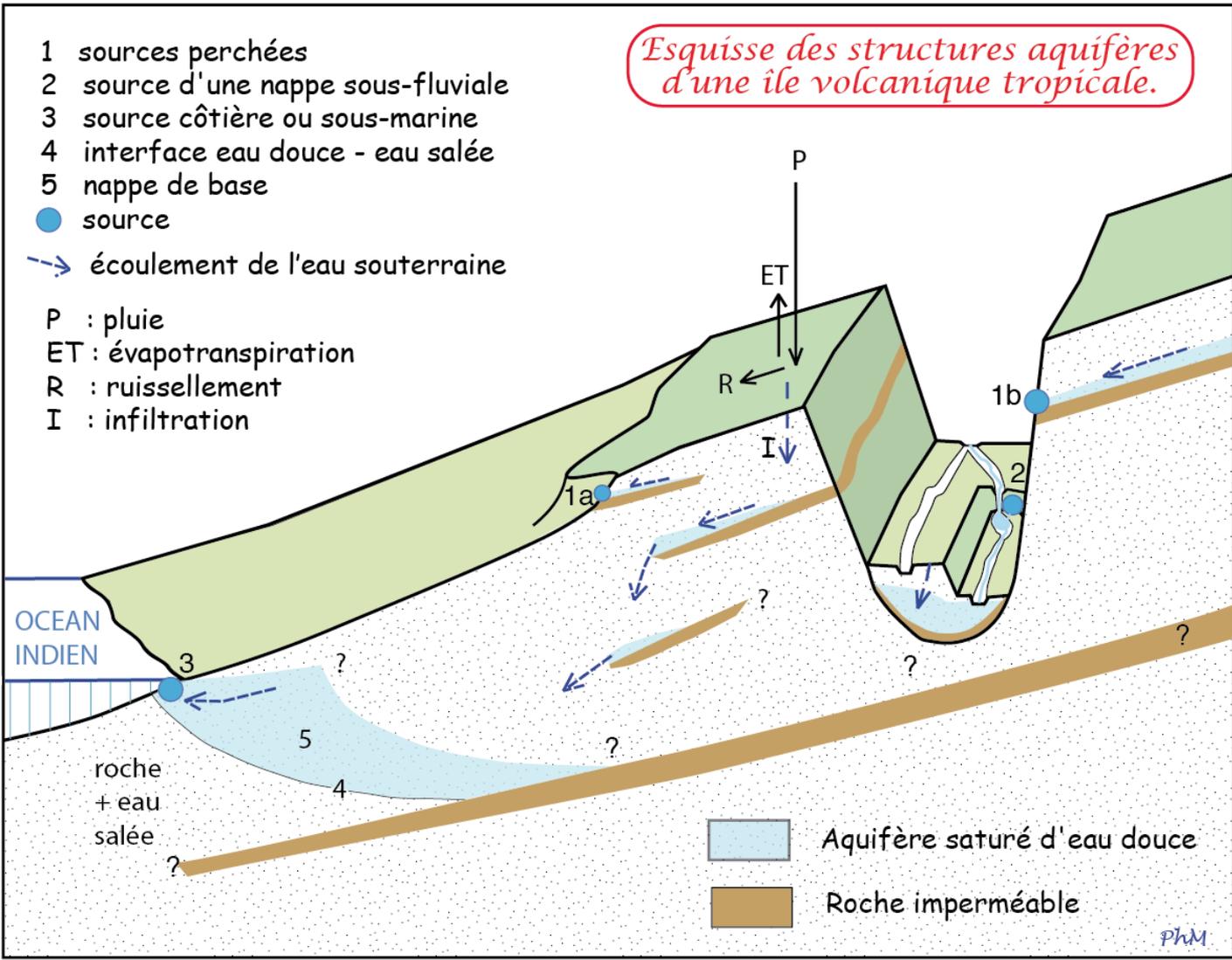
Ces sources « fissurales » et artésiennes appartiennent à l'ensemble des sources Francis.

Esquisse des structures aquifères d'une île volcanique tropicale.

- 1 sources perchées
- 2 source d'une nappe sous-fluviale
- 3 source côtière ou sous-marine
- 4 interface eau douce - eau salée
- 5 nappe de base
- source

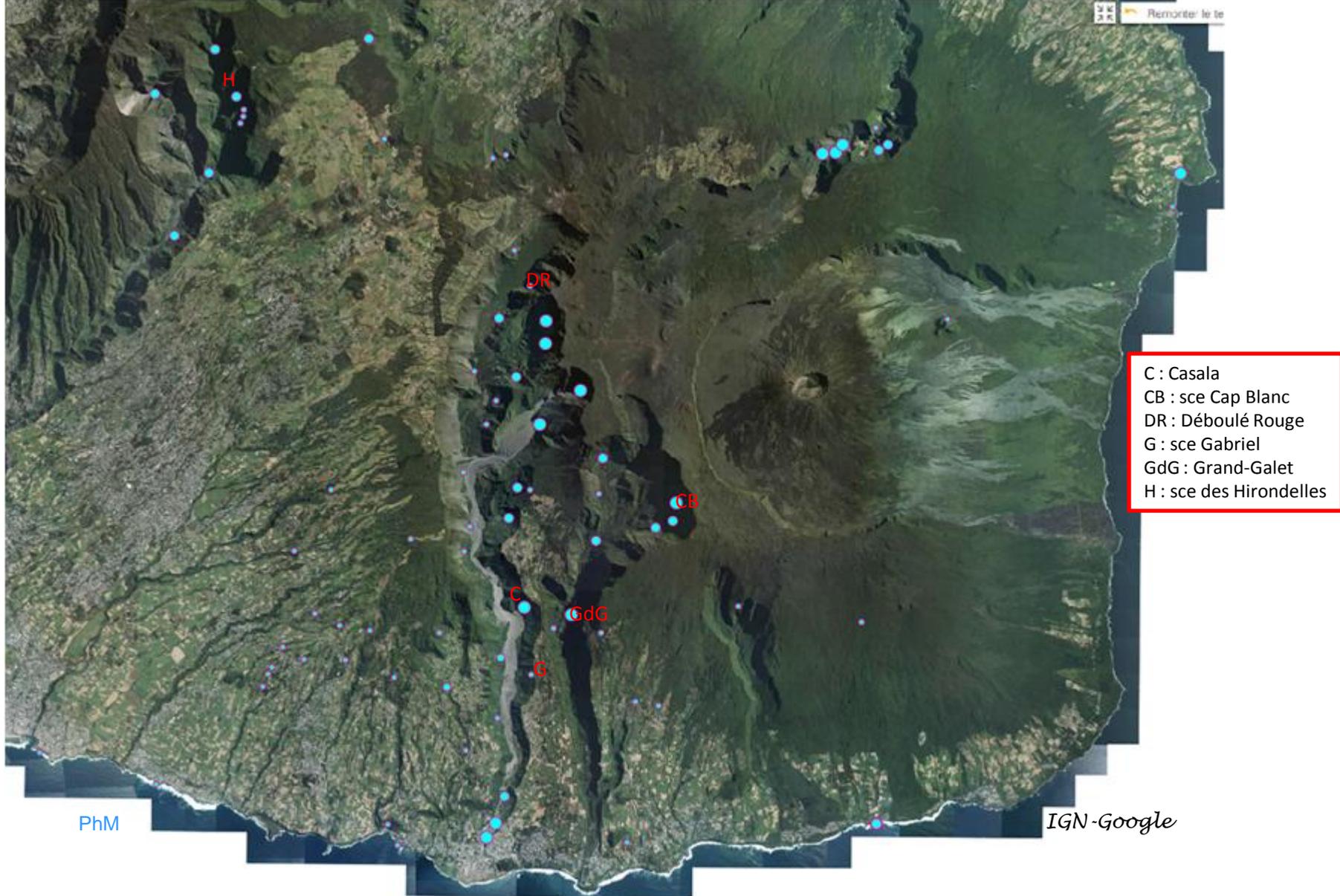
→ écoulement de l'eau souterraine

P : pluie
 ET : évapotranspiration
 R : ruissellement
 I : infiltration



Exemples de sources :

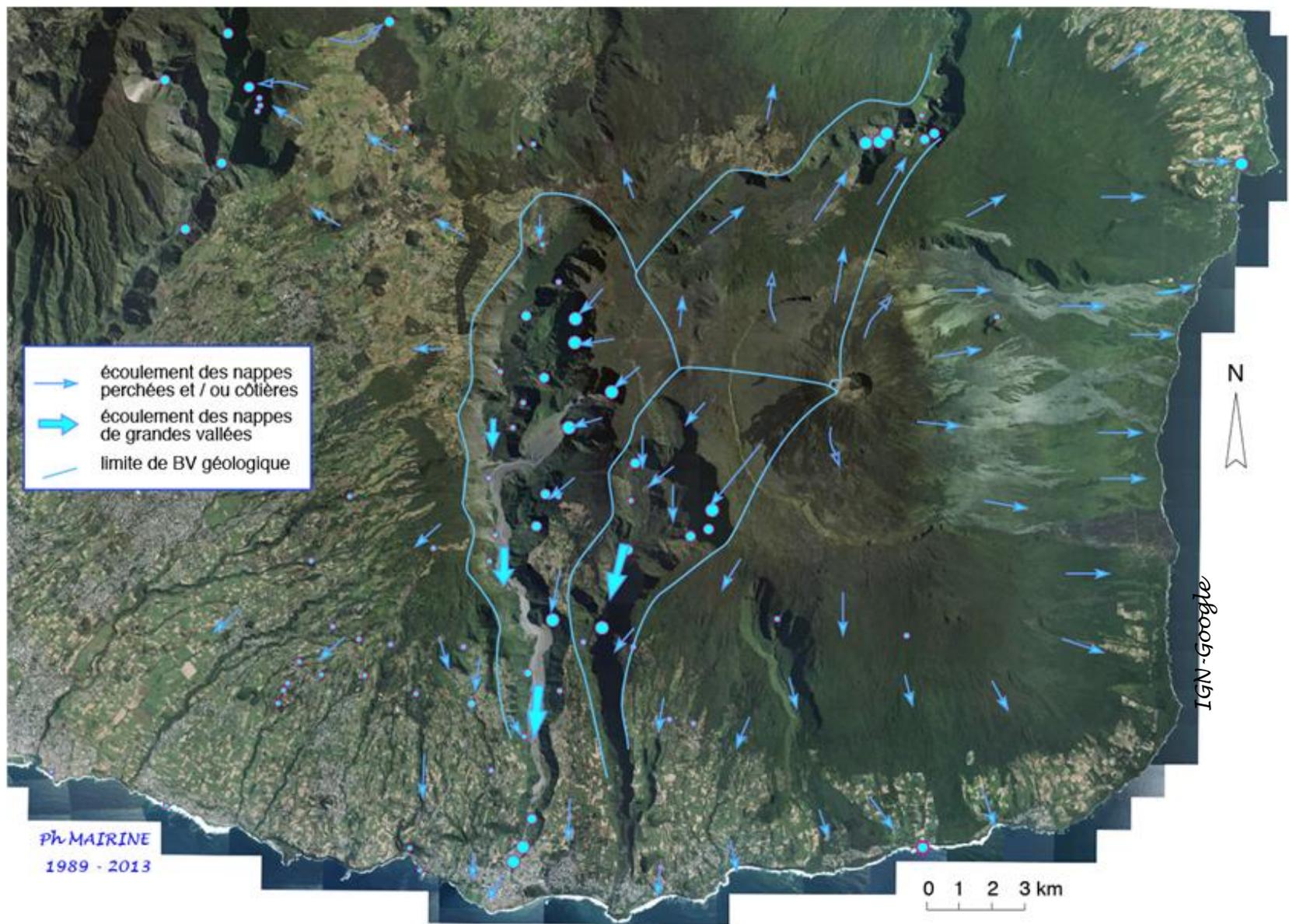
- Type 1a, petit bassin versant, débit faible et variable ; peut être à sec en novembre ;
 - sce Gabriel,
 - sce Repiquet (St Ph),
 - sce de Piton Bloc,
 - bassin Chevrettes ...
- Type 1b, grand bassin versant, débit élevé et soutenu toute l'année ;
 - sce Cap Blanc (Riv Lang),
 - sce Casala,
 - sce Déboulé Rouge (RR),
 - Anse des Cascades...
- Type 2, écoulement sous-fluvial ;
 - sce de Grand-Galet,
 - sce Francis,
 - sce des Orgues (Rivière de l'Est)...
- Type 3, émergences côtières ;
 - Puits des Anglais,
 - Bassin Manapany ...



Les **sources** du Sud Sauvage, de Grand-Bassin et de la Rivière de l'Est sont présentées sur cette image. Celle des Hirondelles (**H**) est captée pour le Tampon, Pte-Ile et St-Joseph. Les grands cercles correspondent aux sources permanentes au débit > 100 L/s.

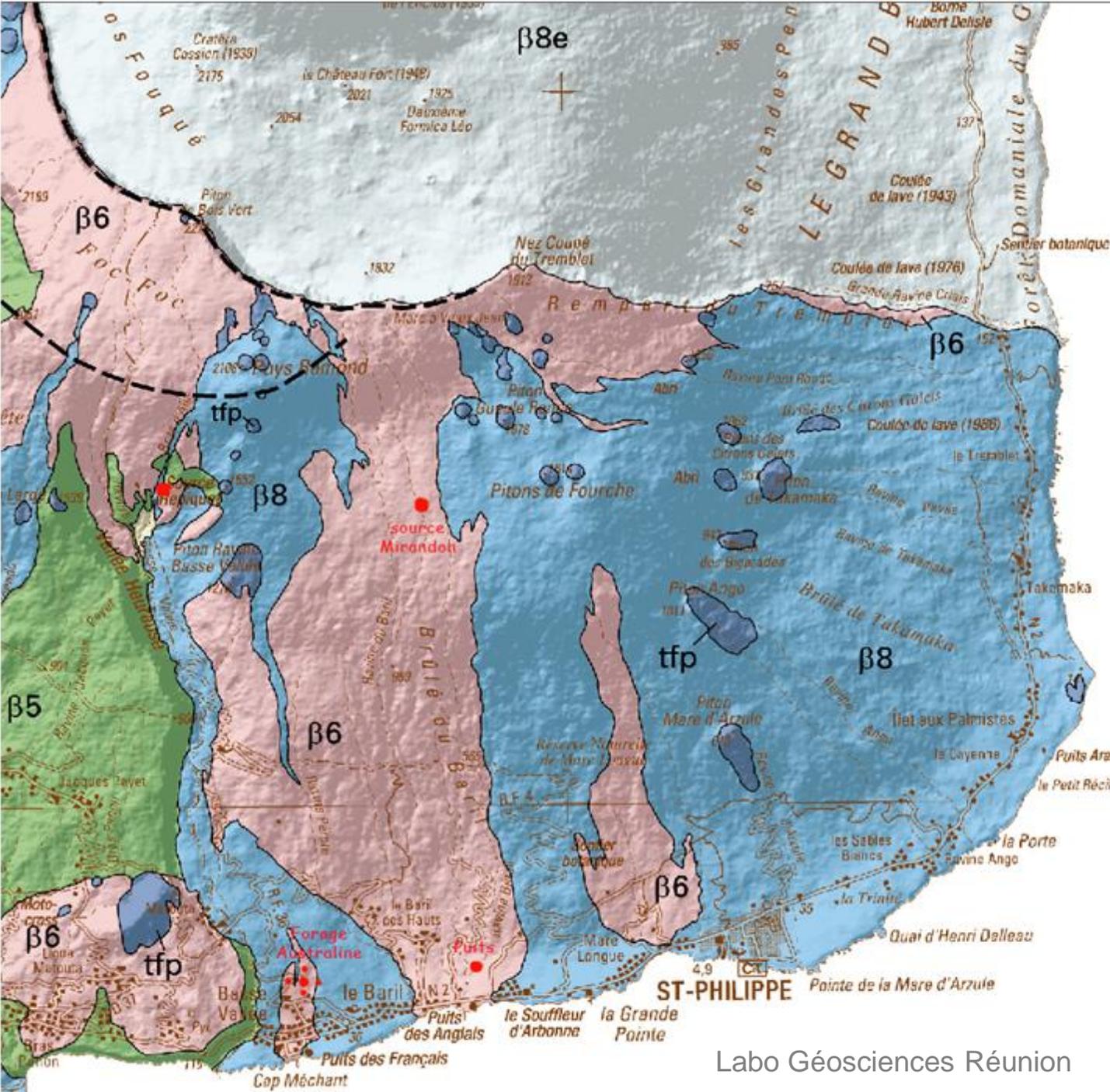
Toutes ou presque se situent dans des vallées de grandes rivières ou de ravines, car l'érosion recoupe les aquifères saturés et permet l'émergence de l'eau souterraine.

Les 3 lettres **PCR** résument les conditions pour l'existence d'une source : de la **Pluie**, des **Couches** (l'une aquifère, l'autre imperméable) et enfin une **Ravine** qui recoupe ces couches (l'idée est de François BOCQUEE).



L'étude de la géologie, des sources et des grandes structures guides (voir 3) permet de définir les **bassins versants** (BV) géologiques des grandes rivières du Massif de la Fournaise. Ils correspondent aux secteurs où s'infiltré l'eau qui alimente les sources de ces rivières.

Par exemple, la pluie qui tombe sur la partie ouest de l'Enclos alimente les rivières de l'Est et Langevin.



Pourquoi il y a-t-il si peu de sources à **Saint-Philippe** alors que la pluie y tombe en abondance ?

Il manque la condition « ravine qui recoupe un aquifère saturé par une nappe d'eau souterraine ».

Les petites ravines ne creusent pas assez profond. La Ravine Basse Vallée pourrait couper des nappes mais elle est couverte par des coulées de lave récentes provenant des Puys Ramond. L'eau d'éventuelles sources cachées reste dans ces coulées perméables.

L'eau s'infiltré et resurgit en mer, sur la côte (Puits des Anglais) ou au large.

Sur cette carte, les laves β8 sont « actuelles » (moins de 4700 ans) ; les β6 sont encore jeunes (40000 à 4700 ans) et sont peu érodées.



3 - Quelques structures guides de l'eau souterraine

L'eau superficielle est conduite vers l'océan par des vallées, comme celle du Bras d'Oussy à Mafate.

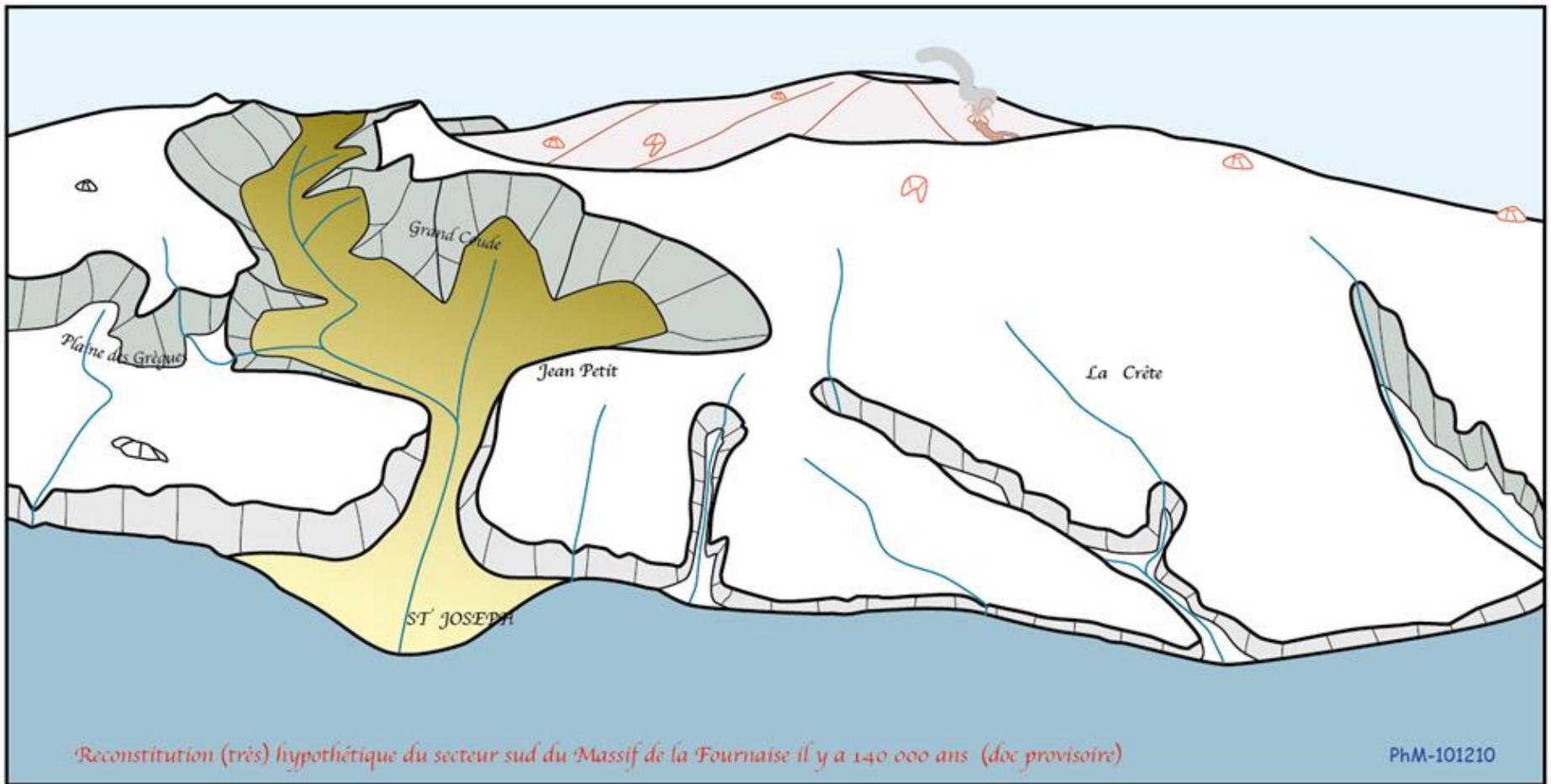
Qu'en est-il de l'eau souterraine ?



Des vallées peuvent être comblées par des coulées de lave ou, comme ci-dessus, par des alluvions, des coulées boueuses ... Cet ancien Bras d'Oussy se situe en rive droite de la Rivière des Galets, en amont de l'actuel.

Une **paléovallée**, remplie par des laves plus perméables que ses flancs et son fond, va guider l'eau souterraine comme elle guidait l'eau superficielle avant son comblement.

La nappe d'eau souterraine aura la même largeur que la vallée fossile. Ce genre de structure guide se retrouve dans toutes les îles volcaniques et les grands volcans comme le Cantal.

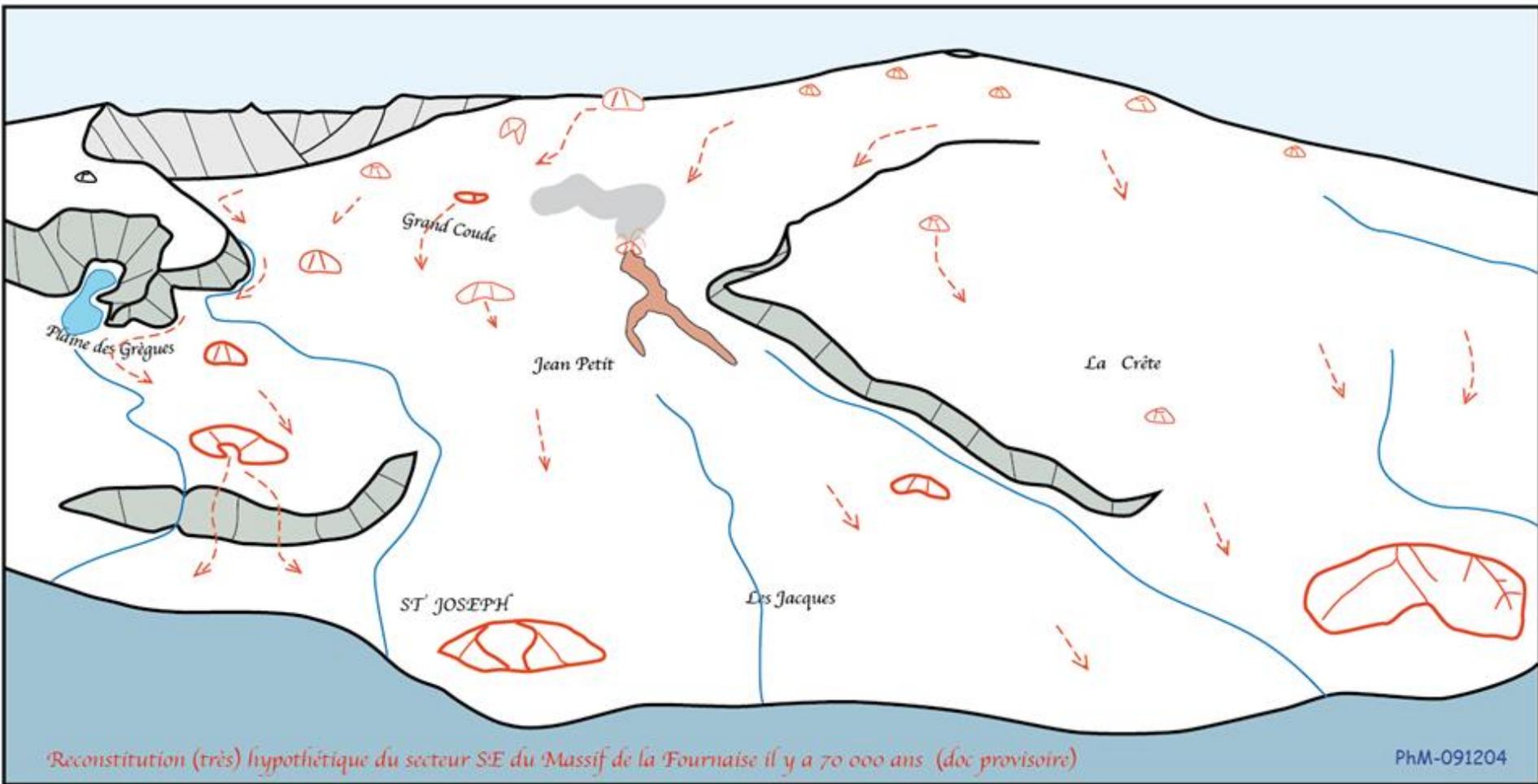


A Saint-Joseph, une gigantesque vallée comblée fait partie de son passé géologique.

Un grand épisode de calme éruptif dans le sud-ouest du Massif de la Fournaise (entre 290 000 et 120 000 ans) a permis à l'érosion d'y sculpter seule le relief. La Rivière des Remparts ancienne creuse un cirque au fond duquel s'accumulent les coulées boueuses. (Les noms sont sur les lieux actuels)

Des affluents drainent l'eau vers la vallée principale.

A l'époque, le centre volcanique actif se situait au niveau de la Plaine des Sables.



Reconstitution (très) hypothétique du secteur SE du Massif de la Fournaise il y a 70 000 ans (doc provisoire)

PhM-091204

120 000 ans avant notre ère, le Volcan élargit son activité vers le sud. Des coulées de lave envahissent le cirque des Remparts et le remplissent presque entièrement ; seules les falaises E et W dépassent encore.

La Plaine des Grègues, Jean-Petit et Grand-Coude constituent une immense planèze.

Les dernières coulées de cet épisode éruptif s'étaient sur Saint-Joseph vers -65 000 ans. Cette date correspond au premier effondrement de la Plaine des Sables qui crée une barrière entre le centre éruptif et son flanc sud.



Depuis 65 000 ans, quelques volcans ont fait éruption sur le sud et l'ouest de St-Joseph : pitons de l'Entonnoir, La Mare, Vincenzo, Papangues ... dans les bas, Cratère Commerson, Chisny... dans les hauts.

Ils n'ont pas été assez nombreux pour empêcher l'érosion de reprendre le dessus ; les rivières des Remparts et Langevin ont creusé leurs vallées et ont recoupé les anciens fonds de vallées du cirque où circulent les nappes d'eau souterraine, ce qui permet leur émergence (voir Casala, Grand-Galet).



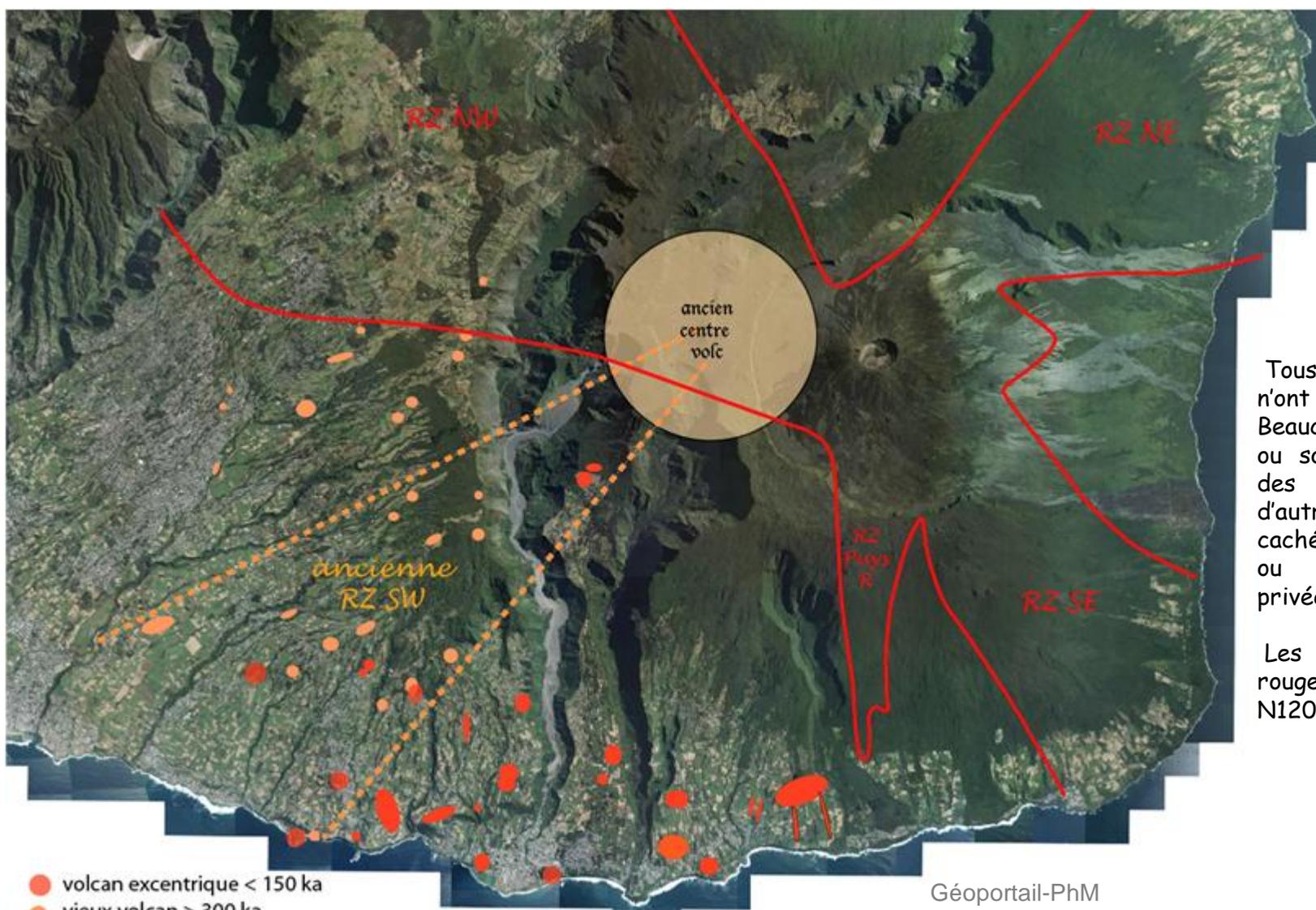
Les **cheminées volcaniques** se mettent en place dans des endroits privilégiés appelés « **rift-zones** ». Dans la rive droite de la Rivière des Remparts, en face du Bras Dimitile, une ancienne rift-zone a fonctionné de -450 000 à -290 000 ans.

Tous les traits verticaux noirs sur la photo sont des **dykes**, c'est-à-dire des injections de basalte qui ont donné des éruptions dans 50% des cas (ce sont alors des cheminées volcaniques, mais c'est impossible à définir vu d'en bas).



Vus de plus près, les **dykes** se présentent comme des murs verticaux, d'un mètre de large et de quelques centaines de mètres de long (ce ne sont pas des cylindres !). Leur hauteur atteint plusieurs km car ils proviennent d'une chambre magmatique. Ils sont moins perméables que les coulées de lave qu'ils ont traversées.

Quand ils sont séquents par rapport à la pente de ces coulées (et de la surface), ils vont détourner l'eau souterraine qui sera obligée de suivre leur direction.



Tous les anciens volcans n'ont pas été repérés. Beaucoup ont été érodés ou sont recouverts par des coulées récentes, d'autres enfin sont cachés dans des forêts ou des propriétés privées.

Les RZ présentées en rouge sont actuelles ; la N120° est peu active.

La **rift-zone SW** dévie l'eau souterraine profonde qui aurait pu descendre vers Petite-Ile ; elle va vers Saint-Pierre. C'est une des raisons qui explique que le forage réalisé entre le Piton Calvaire et l'océan n'a pas trouvé d'eau douce.

Plus au nord, la **rift-zone N120°** oblige l'eau qui s'infiltré dans la Plaine des Cafres à s'écouler vers Grand-Bassin. La source des Hirondelles en est une conséquence.



De la pluie à la source, la connaissance du trajet de l'eau passe par la géologie.

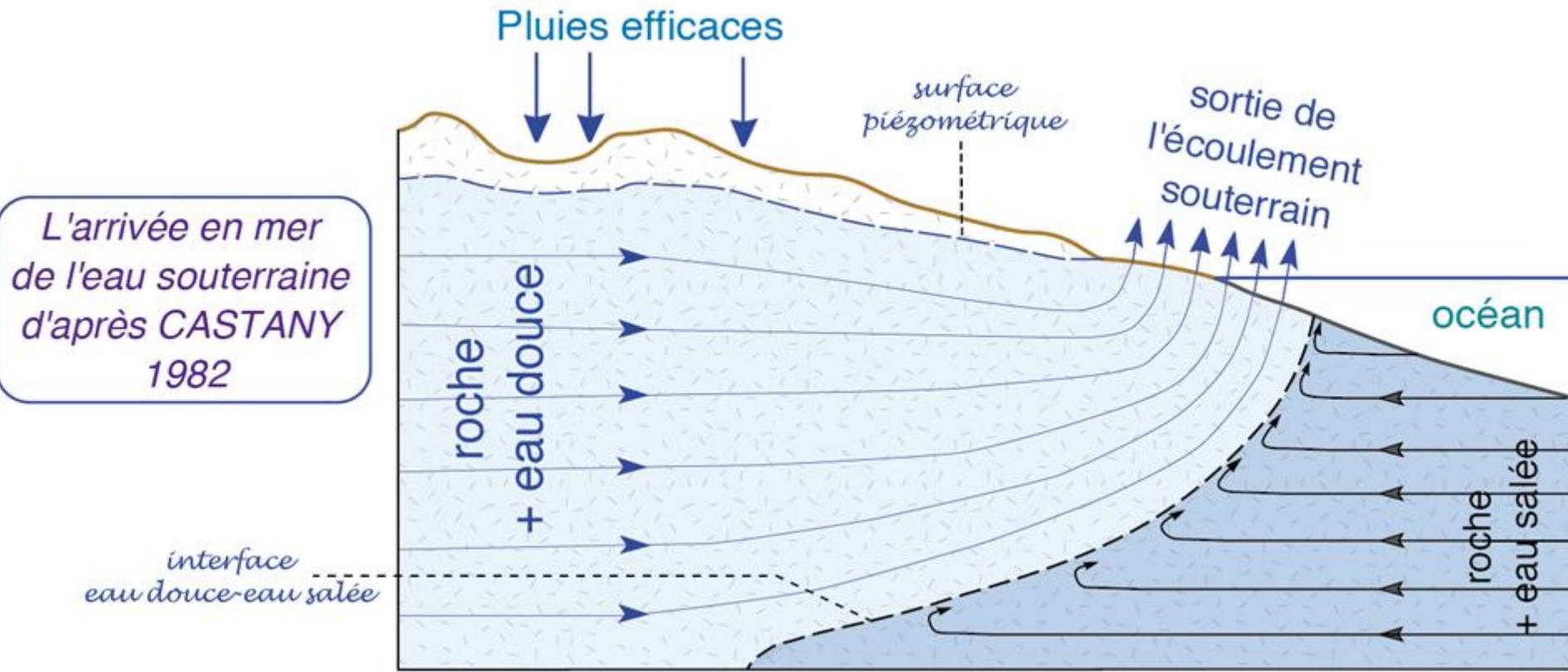


4 - Où trouver encore de l'eau ?

En 2011, sur Saint-Joseph, le fermier d'eau, Véolia, a mis un peu plus de 5 millions de m³ d'eau à la disposition des 15 000 abonnés et 254 poteaux d'incendie. Cependant 38% de cette eau est perdue entre les réservoirs et les compteurs → un renouvellement des réseaux de distribution s'impose pour ramener ce gaspillage à 15%.

Comme les besoins vont encore augmenter, il faut prévoir de nouvelles ressources mais l'eau souterraine non encore captée se cache !

Après les études de géologie de surface, il faut passer aux méthodes « géophysiques » pour repérer les écoulements dissimulés et à la détection des émergences d'eau douce en mer afin de repérer son cheminement en amont.



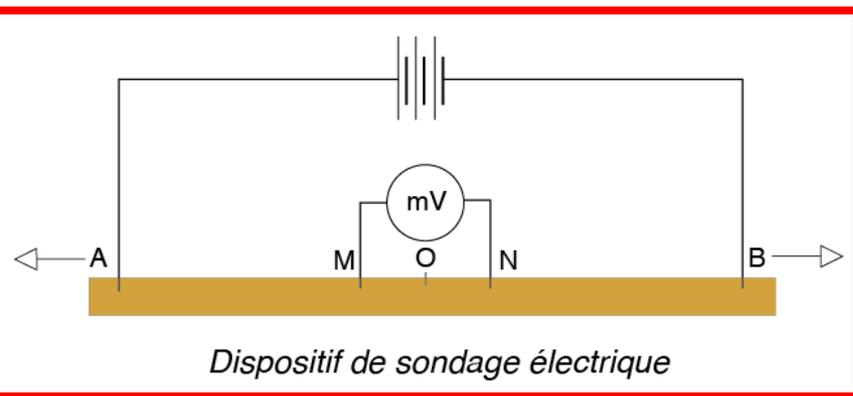
En théorie, quand l'eau douce souterraine arrive à la côte, elle forme une « **nappe de base** » en équilibre sur l'eau salée qui entre. Comme l'eau douce est moins dense que l'eau salée, elle reste au-dessus.

A La Réunion, cette nappe n'est pas régulière, étant donné que l'eau douce n'arrive pas sur de grandes largeurs mais sous forme d'écoulements étroits, chenalisés par d'anciennes vallées comblées par des laves.

En certains endroits, il n'y a pas d'eau douce et l'eau salée entre loin dans les terres ; ailleurs, l'eau douce est tellement abondante que l'interface est verticale.

Par exemple le forage réalisé en rive gauche de la Ravine Petite-Ile, au-dessus du Chemin Neuf, est arrivé dans l'eau de mer tandis que celui creusé au bord de l'océan, au-dessous de la Vierge au Parasol n'a trouvé que de l'eau douce.

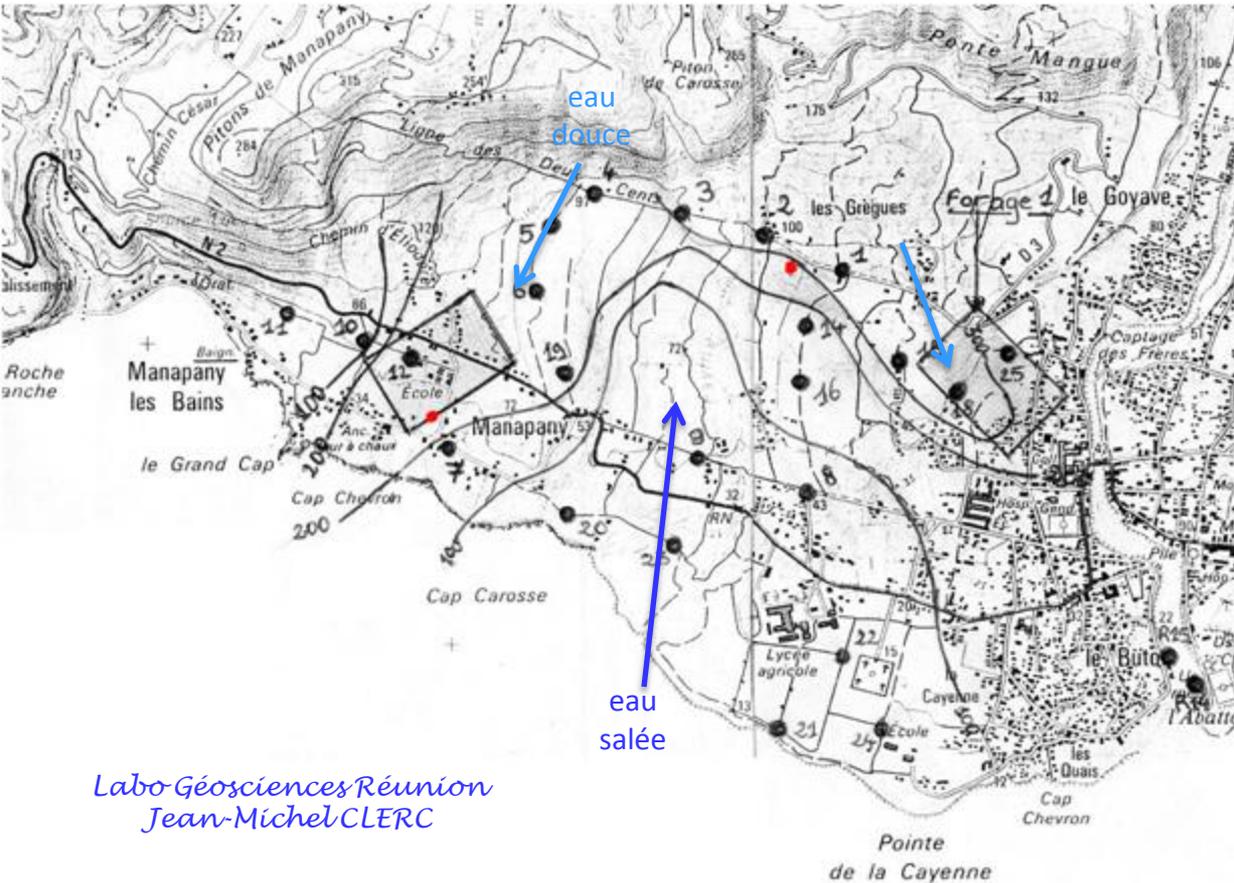
→ on ne peut pas forer n'importe où près du rivage pour trouver de l'eau !



Une des méthodes géophysiques est le « **sondage électrique** ». Du courant est envoyé dans le sol entre 2 électrodes A et B, et la différence de potentiel est mesurée entre M et N.

On éloigne progressivement A et B jusqu'à 1 km (quand c'est possible). Cela permet de calculer la résistivité du sous-sol jusqu'à une profondeur de $AB / 10$.

Une roche sèche conduit mal le courant ($R > 1 \text{ k}\Omega\cdot\text{m}$), une autre, saturée en eau douce, le conduit assez bien tandis qu'une troisième, envahie par l'eau salée, le conduit très bien ($R < 200 \Omega\cdot\text{m}$).

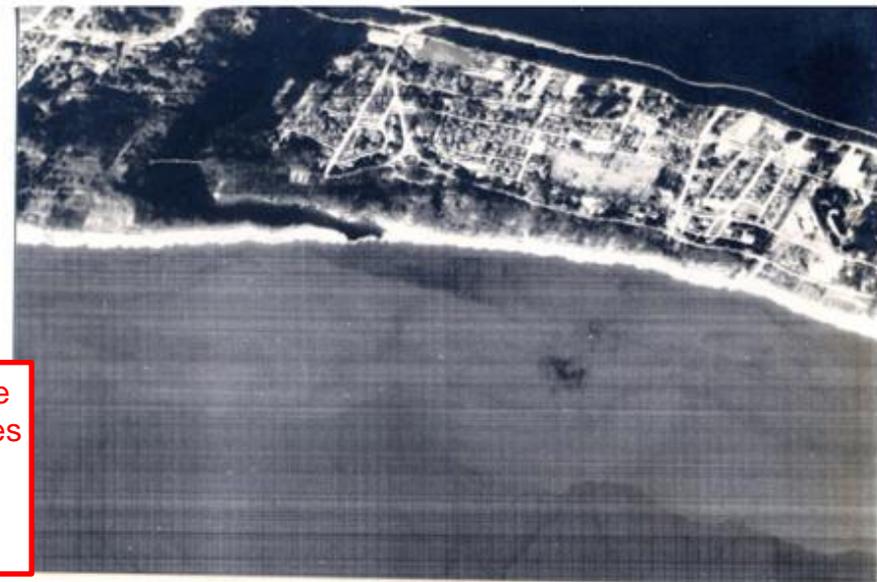


Par ex, à St-Joseph, des sondages ont été réalisés en 1986. La carte ci-contre présente la résistivité des roches à l'altitude 0 m.

Malheureusement, cette méthode nécessite des estimations qui rendent parfois difficile l'interprétation des résultats.

Deux zones supposées favorables ont été proposées (rectangles gris).

Après ces études, deux forages ont été réalisés (points rouges) mais n'ont rencontré que de l'eau salée.

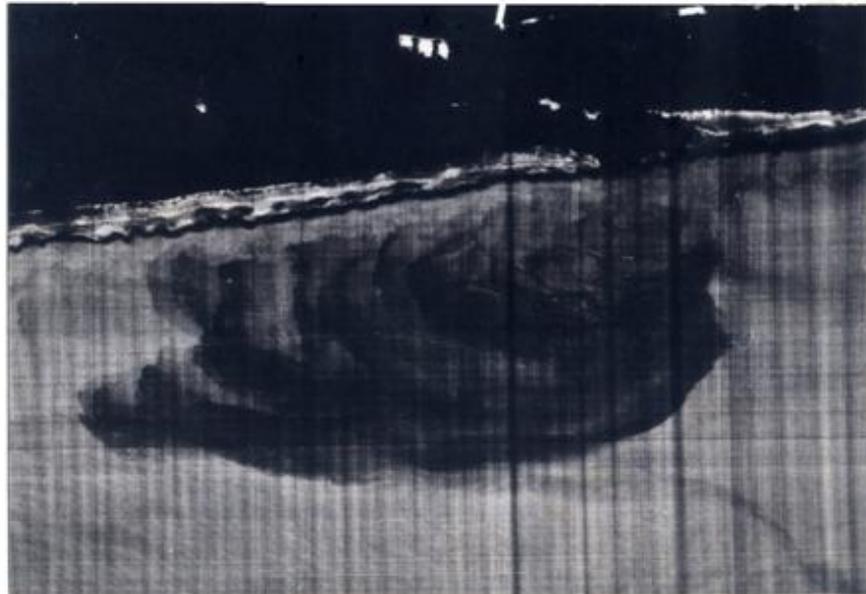


Laboratoire
Géosciences
Réunion-
JM Clerc
1986

9 h 15



16 h 30



18 h 10

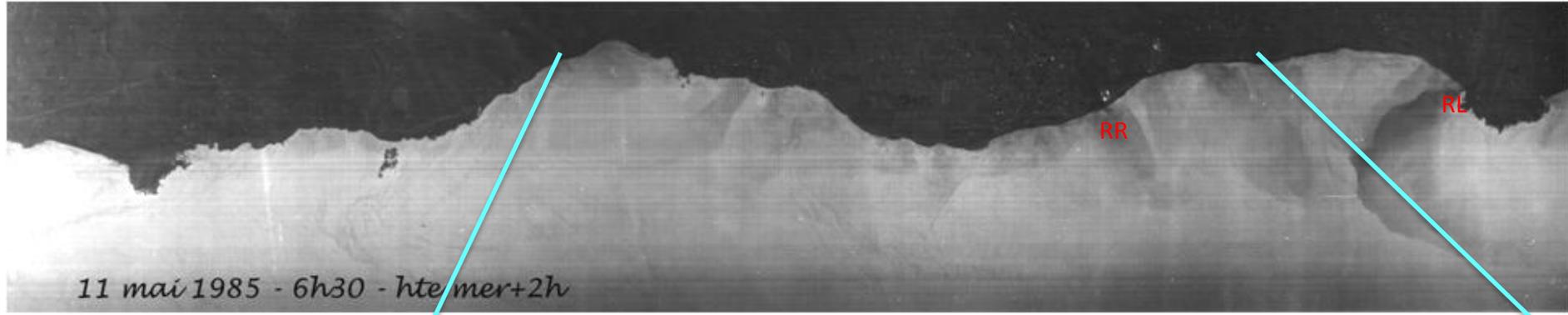
Les sorties d'eau douce proches de la côte peuvent être repérées grâce à leur **température**. Cette eau est « froide » car elle provient de la pluie tombée dans les hauts ; celle de l'océan est « chaude ». Le différentiel de température peut atteindre 6°C.

Tout corps émet de la lumière infrarouge dont la longueur d'onde est liée à sa température. Un radiomètre emporté par un avion permet de la mesurer. Sur les **thermographies**, plus la couleur est claire et plus la température est élevée.

Les thermographies de cette diapositive permettent de visualiser les pertes d'eau de **l'Etang St-Paul**.

Quand la mer monte, elle coince l'eau douce qui sort difficilement (16h30). En marée descendante, au contraire, l'eau n'est plus retenue, s'échappe et s'étale sur l'océan (18h10).

Cette méthode permet de repérer l'eau douce sortant à moins de 20 m de profondeur. Au-delà, en remontant, l'eau douce se mélange à l'eau salée et arrive à la surface réchauffée.



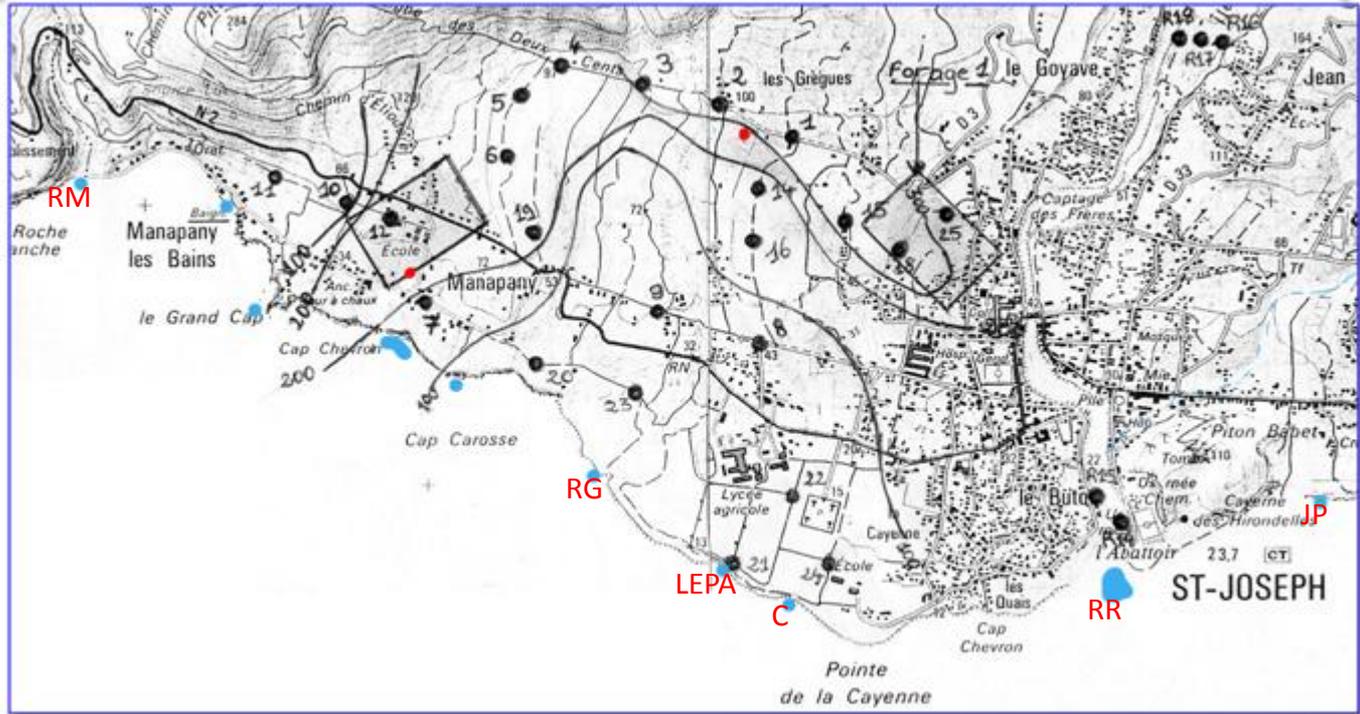
11 mai 1985 - 6h30 - hte mer+2h

La thermographie réalisée de grand matin sur **St-Joseph** montre une terre pas encore réchauffée par le soleil.

Les plus importantes sorties d'eau douce et froide correspondent aux 2 grandes rivières de la commune (RR et RL). A côté de l'embouchure de la Riv. des Remparts, les points chauds indiquent des restes de feux du dépôt d'ordures d'alors.

D'autres émergences se situent au niveau des ravines Manapany (RM) et des Grègues (RG). Cela montre qu'un **écoulement sous-fluvial** débouche aux mêmes endroits alors que ces ravines ne coulent pas.

Les points froids LEPA et C sont produits par les restes d'eau prélevée dans la Riv. des Remparts grâce à des canaux. Depuis ces ouvrages ont été abandonnés.



L'ancienne ravine Jean-Petit a été détournée vers l'ouest par des coulées venant des pitons La Mare et Papangues. Elle devait déboucher en mer au point « JP » car un signal froid y est repéré. L'eau sous-fluviale de cette rivière suit l'ancienne vallée cachée.

En reliant la carte des résistivités du sous-sol et la thermographie, on voit que la zone « favorable » de Manapany est placée entre deux émergences. Un forage au point 7 aurait sans doute donné de meilleurs résultats → il faut allier plusieurs méthodes pour chercher et trouver de l'eau avant sa perte dans l'océan.



Entre le Baril et Mare Longue, l'eau douce sort en abondance ; l'émergence la plus connue est celle du **Puits des Anglais (PA)**. En marée descendante, on voit l'eau douce et froide sortir à côté de la piscine, entre les galets.

Un puits neuf a été creusé en amont (point bleu) mais il semble à côté de l'écoulement souterrain principal, situé peut-être plus à l'ouest.

Dans cette commune, d'autres puits pourraient capter l'eau douce avant son arrivée en mer mais auparavant, il faut déterminer les axes drainant l'eau souterraine, par des méthodes géophysiques et quelques forages de reconnaissance en petit diamètre.

Rq : Les thermographies ne sont pas des photographies ; le tangage et le roulis de l'avion déforme l'image obtenue.

Quand un aquifère saturé intéressant est repéré, on passe à la phase travaux d'exploitation.

Un **puits** (dans lequel une personne peut descendre) ou un **forage** est réalisé dans le secteur supposé productif.

Un chantier de forage, comme celui de Pierrefonds (Société FORACO) dure un ou deux mois et n'utilise pas de produits polluants. Il est suivi, entre autres, par un hydrogéologue.

Ce type d'ouvrage fera l'objet d'un autre diaporama.





PhM

Quand le trou est creusé et que l'eau de la nappe atteinte est douce et en quantité intéressante, on équipe le forage.

Deux types de **tubes** sont descendus et soudés les uns aux autres :

- des **tubes crépinés**, qui laissent entrer l'eau,
- des **tubes pleins**, destinés aux niveaux de roches sèches ou qu'il faut isoler.



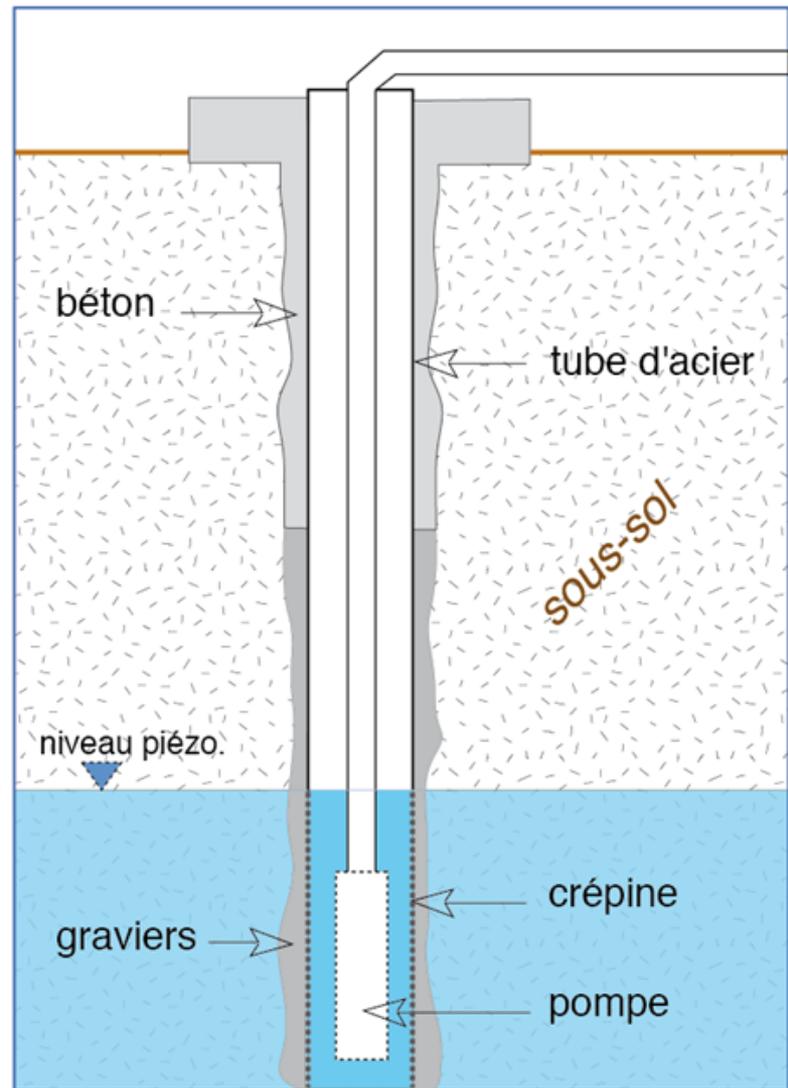
FORACO

PhM

Après le tubage, les techniciens remplissent l'anneau entre les tubes et le bord du trou :

- au fond, du **gravier** comble l'espace libre et laisse passer l'eau,
- au-dessus, du béton est coulé ; il va empêcher d'éventuels produits polluants de descendre vers la nappe.

Ensuite une **pompe** électrique est descendue avec son tube d'évacuation. Cette machine ne repose pas sur le fond afin de ne pas aspirer les éléments fins qui s'y déposent.



*Schéma simplifié
d'un forage équipé.*



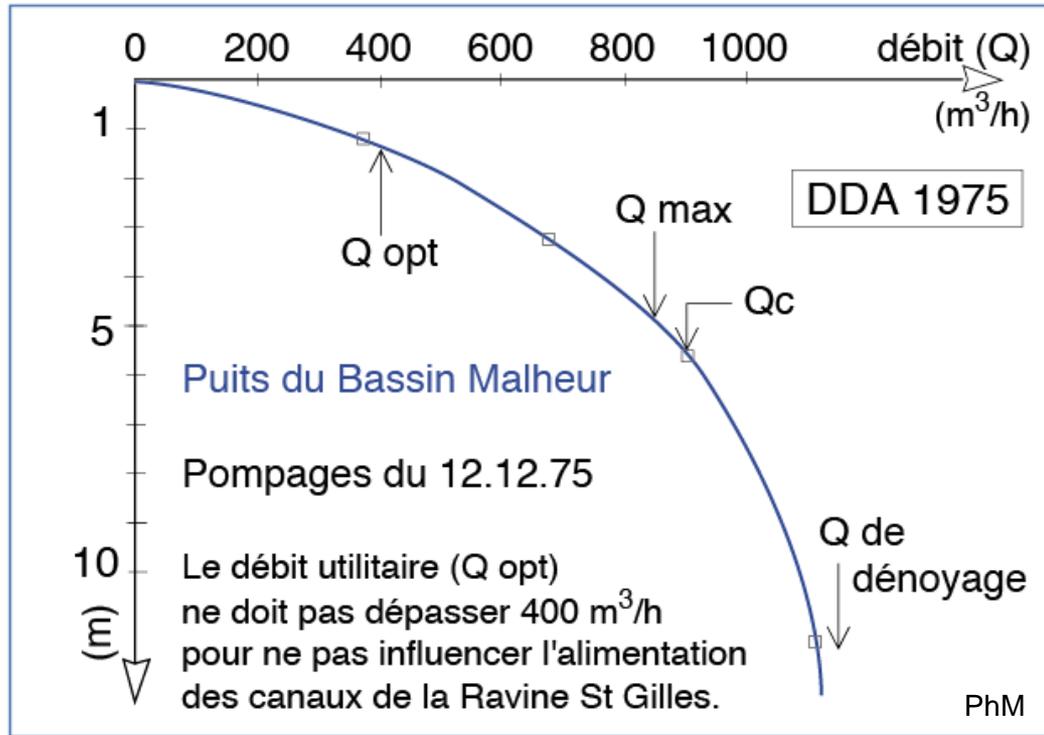
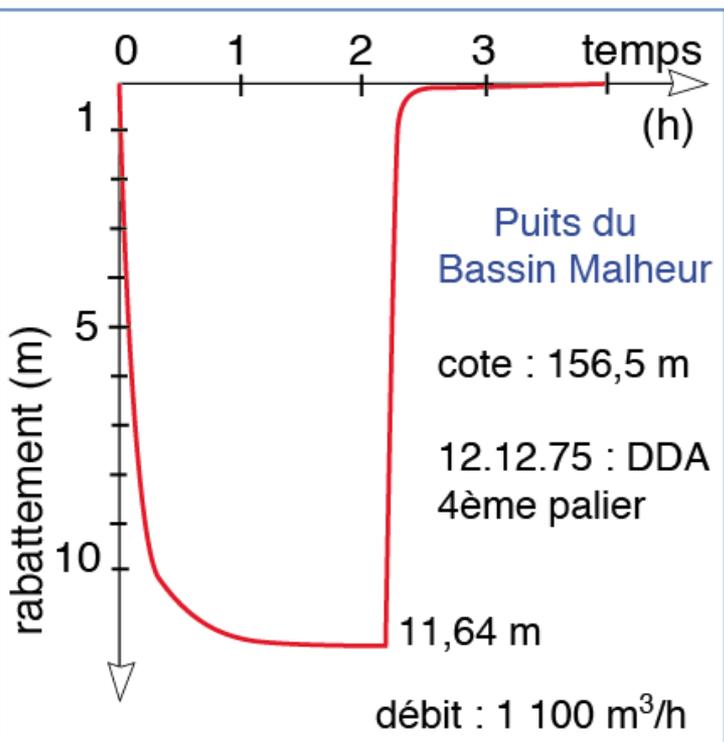
PhM



PhM

Des essais de pompages sont effectués par **paliers de débit**, mesuré dans un bac de jaugeage.

Le niveau d'eau dans le forage est suivi en continu grâce à une sonde piézométrique.



Un essai de pompage

Courbe caractéristique d'un puits

Un palier de pompage dure plusieurs heures. Le niveau de l'eau descend rapidement puis se stabilise ; la hauteur descendue se nomme **rabattement**.
 Ensuite, le courant est coupé ; la remontée est suivie pendant 2h.

Plusieurs paliers sont exécutés. Tous les rabattements sont reportés sur une courbe en fonction du débit ; elle caractérise le puits ou le forage testé.

A partir de ces données, l'hydrogéologue détermine un débit à ne pas dépasser (**Q max**) et un **débit optimum**, défini d'après les caractéristiques de la nappe et de l'environnement.

A la fin du chantier, un pompage de longue durée (48h) est effectué pour tester les valeurs proposées.

Finalement, le forage sera équipé d'une pompe définitive et relié à un réservoir.

→ Les installations

5 - Les usages de l'eau

L'eau distribuée dans les communes de Saint-Joseph et Saint-Philippe provient de captages de sources, de puits, de forages (Delbon) mais pas de rivière, comme à Saint-Denis ou à Petite-Ile.

Installation de production à Saint-Joseph	Capacité de production (m3/j)
FORAGE PLAINE DES GRÉGUES	0
GALERIE JACQUES LANGEVIN (dés.)	4 633
PRISE SAPHIR - DELBON 0	4 194
PUITS LEBON	3 800
SOURCE CAZALA	4 946
SOURCE GRAND GALET 1	71
SOURCE PARC A MOUTONS	134
SOURCES LE ROND	0
SOURCES PETITE-PLAINE	0
Capacité totale de Production	17 778

Véolia

bassin bétonné collectant l'eau

trop plein

canalisation à flanc de falaise

réservoir

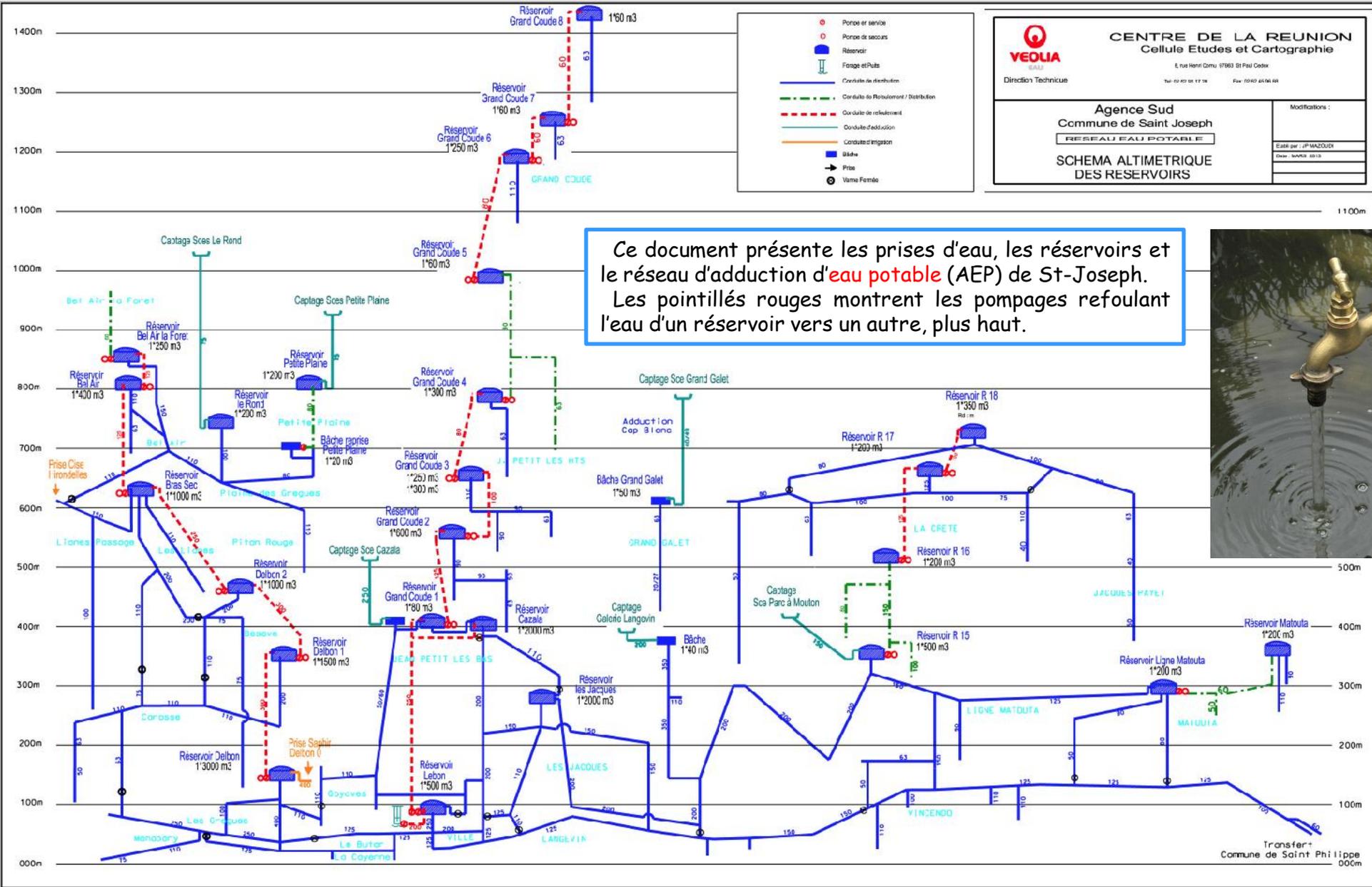
chlorage

Schéma d'un captage

AEP

maraîchage PME

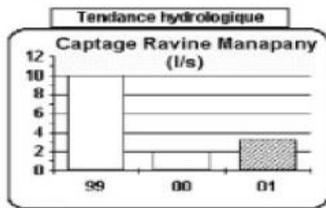
Des captages aux robinets



Transfer: Commune de Saint Philippe 00Cm

Bilan hydrométrique des SOURCES DE PETITE ILE

12 septembre 2001



Captage Bois de Gaulettes
Q = 3.50 l/s □

Source Piton Bloc amont
Q = 3.50 l/s □

Source Piton Bloc aval
Q = 3.50 l/s □

Source Denis Leveueur
Q = 6.10 l/s *

Piton Goyaves

Captage Ravine Charrié
Q = 5.0 l/s *

Sce Ruisseau Blanc
Q = 3.20 l/s *
dont Q cna = 0.40 l/s

Piton de Bloc

Captage Ravine Manapany
Q = 3.30 l/s *

Piton du Relais
Manapany les Hauts

Anse les Hauts

La Ravine du Pont

PETITE ILE

RN2

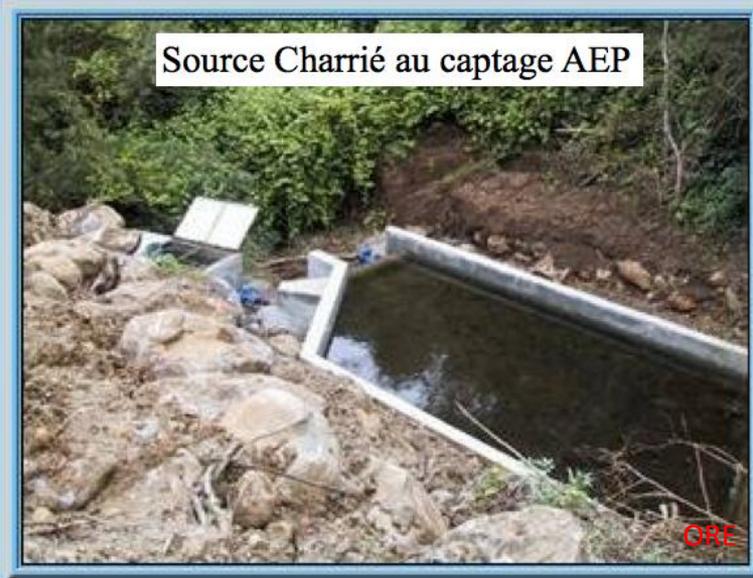
LEGENDE

- QCISE = Débit capté autorisé
- Qcna = Débit capté non autorisé

0 ——— 500
mètres



Source Piton de Bloc(aval) au captage AEP-St Pierre



Source Charrié au captage AEP

Il y a peu d'eau souterraine profonde sur la commune de **Petite Ile**. Des sources de faible débit sont captées mais ne suffisent pas pour couvrir les besoins de la population, surtout en fin de saison sèche où elles peuvent se tarir. L'eau du réseau provient surtout de la source des Hirondelles et du Bras de la Plaine.

L'eau agricole



Une partie de l'eau prélevée dans le Bras de la Plaine (Saphir) irrigue les champs de St-Pierre, Petite-Ile et Le Tampon. L'**irrigation** sur St-Joseph et St-Philippe est limitée car la pluie y est suffisante (sauf en fin de saison sèche). Pour l'**élevage** et la petite irrigation, des **retenues collinaires** ont été construites dans les hauts ; elles recueillent la pluie. A Fond de Galet, le sous-écoulement de la Rivière Langevin surgit d'une falaise qu'elle a érodée. Son eau est utilisée pour une **pisciculture** (truites ...).

Produire de l'énergie

La centrale hydro-électrique de Langevin

Mise en service : 18 août 1961

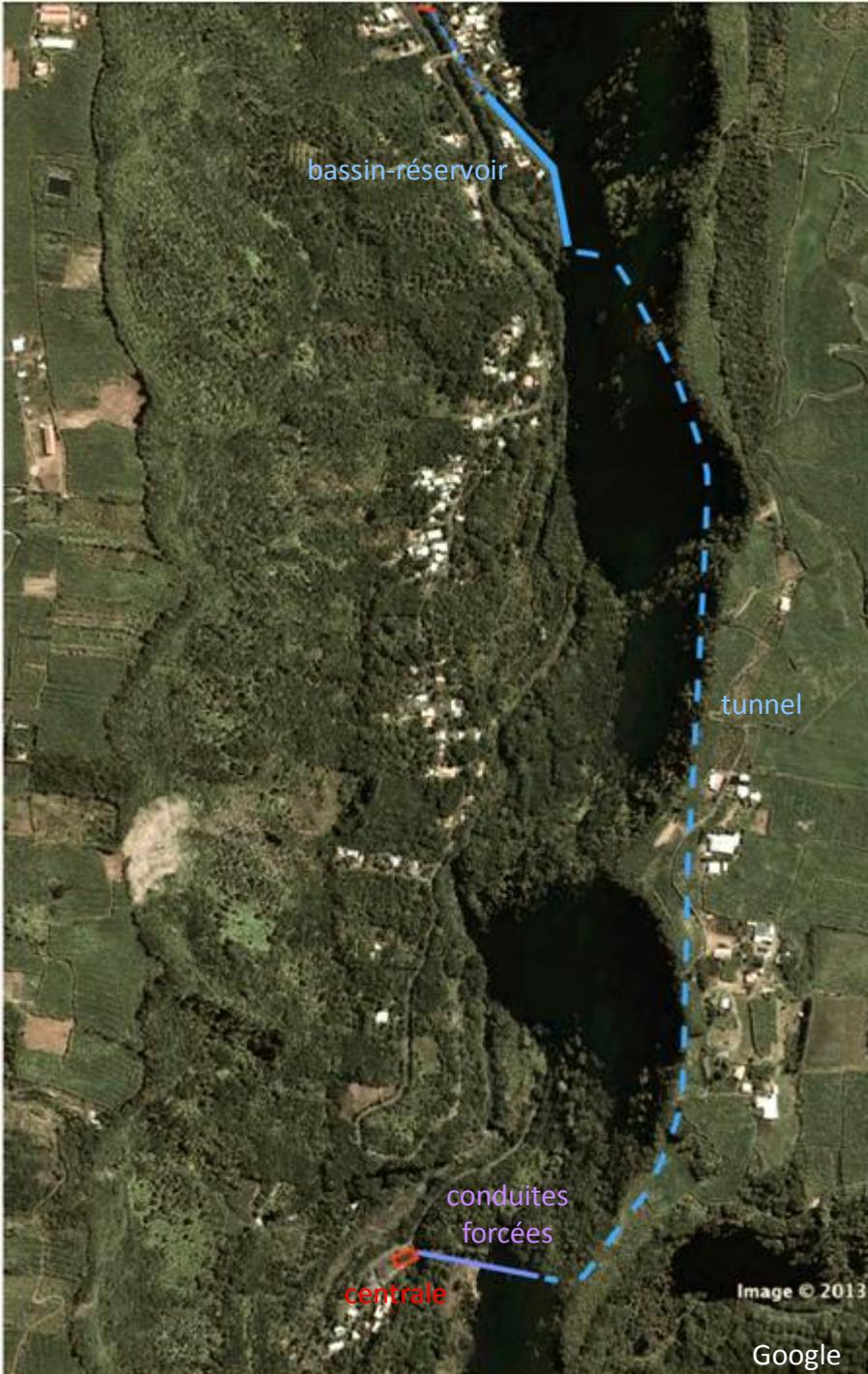
50% de l'énergie électrique à l'époque
actuellement : 2,5%

débit moyen turbiné : $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$

hauteur de chute : 130 m

puissance équipée : 3,6 MW

capacité réservoir : $15\,000 \text{ m}^3$



Le patrimoine et le loisir



Les **sources de Grand-Galet** font partie des sites géologiques remarquables de La Réunion. C'est l'érosion régressive de la Rivière Langevin qui a mis à jour les aquifères conduisant l'écoulement sous-fluvial. Plusieurs anciens lits mineurs, comblés par des laves (± orgues) sont vus en coupe ; tous conduisent l'eau souterraine.



Charles Delcourt



Aquasens.re

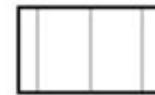
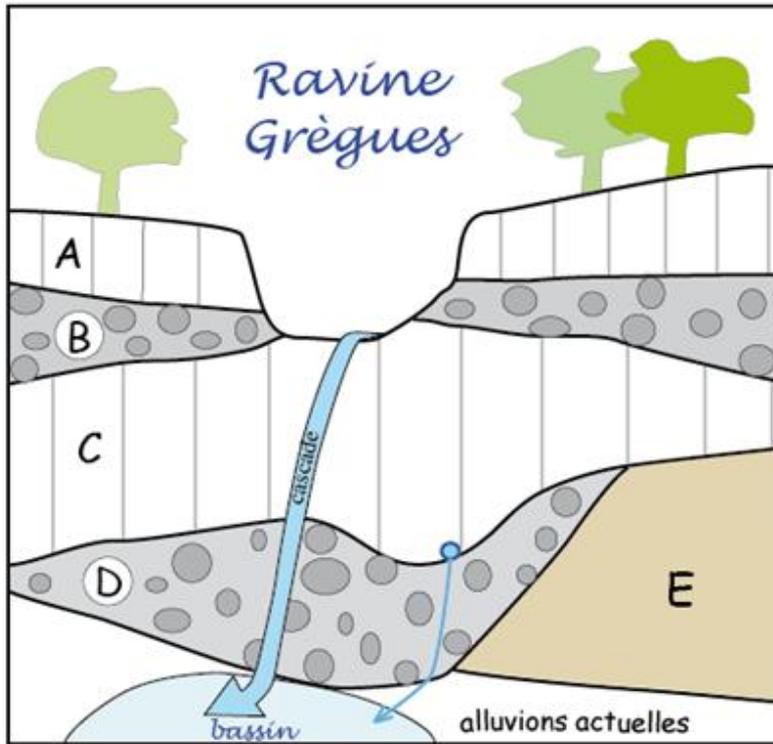


Sylvain Brajeul



4^{ème} Natte-Coll Adv

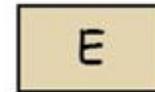
Avez-vous tout compris ?



Coulée de lave



Alluvions anciennes



Relief ancien (âge > 300 ka)



Source

Croquis d'observation : la Ravine Grègues au niveau du Bassin Chevrettes (Lianes, cote 384 m)

- Décrivez à l'aide d'un schéma le phénomène géologique responsable de la couche A. (2pt)
- Pourquoi ne trouve-t-on pas les couches A et B au niveau de la ravine ? (1pt)
- Trouvez l'ordre de mise en place des 6 couches (+ justification bien sûr !) (2pt)
- Retrouvez l'histoire de ce secteur après la mise en place du relief ancien. (2pt)
- Expliquez la présence d'une source à cet endroit (3pt).



Pub



HYDROREEX

Accueil | Pourquoi HYDROREEX ? | Nos Compétences ▾ | Nos Outils | Nos Réalisations | Le Quid | Flash-Actu

***** Aïe Di Partou *** HYDROREEX innove ! A Bientôt !**

***** NOUVEAU : Dispositif d'alerte HR-HYDRONET dans la riv. des Roches *****

HYDROREEX-EIRL, c'est la valorisation opérationnelle de 35 années d'expérience au service de l'hydrologie tropicale insulaire et de ses défis d'aujourd'hui et de demain

L'entrepreneur

Le PHHR...maintenant !

Le patrimoine hydrologique des hauts de la Réunion

Application au Conservatoire de Parc national

les solutions innovantes HYDROREEX pour la prévention, l'alerte et la connaissance

HR-VIGIxxx et HR-HYDRONET

HYDROREEX - EIRL - 3 rue de Villèle - 97434 Saint-Gilles les Bains - Ile de La Réunion - Tél. : 0692 676 476 - Mail : contact@hydroreex.com - Site : www.hydroreex.com



"That's all Folks!"