

LES CANAUX DU BRIANÇONNAIS ET LES NAPPES PHRÉATIQUES

(l'exemple du canal Gaillard et du canal Neuf de Puy St Pierre)



par Raymond LESTOURNELLE et Matthieu PAGES

COORDONNÉES DE L'ASSOCIATION

La **Société Géologique et Minière du Briançonnais** est une association sans but lucratif, type loi de 1901, animée exclusivement par des bénévoles. Elle s'est donné pour vocation l'étude des rapports entre les Briançonnais et les ressources géologiques (ethno-géologie), qu'il s'agisse de l'eau ou des roches.

C'est à ce titre qu'elle a étudié des patrimoines tels que :

- * les **anciennes mines** et la géologie afférente à ces dernières.
- * la transformation et l'utilisation des **roches locales** : production de chaux, utilisation de la pierre ollaire
- * le patrimoine lié à **l'eau** : canaux d'irrigation, anciens moulins et hydraulique, torrents, sources et alimentation en eau des forts militaires...

Siège social : mairie de St Chaffrey, 05330

Téléphones :

04 92 21 07 62

04 92 24 10 60

04 92 21 18 30

Courrier électronique : r.lestournelle@wanadoo.fr

Site Internet : <http://www.sgmb.fr>

Dans les années 1990, la Société Géologique et Minière du Briançonnais (association sans but lucratif) a entrepris une recherche sur les canaux du Briançonnais, sous la houlette de son Vice-Président Claude DUMONT, ingénieur agronome de son état. Malgré le décès de ce dernier, ces recherches n'ont pas cessé comme en témoigne l'historique ci-après (cf.annexe 1).

Le présent document ajoute une « pierre » à cet édifice. Dans un contexte de réchauffement climatique et de sècheresse aigüe, il nous a paru important de mettre l'accent sur les capacités des canaux à ciel ouvert du Briançonnais à stocker une partie de l'eau qu'ils transportent vers les nappes phréatiques. Les mesures d'infiltration menées en 2003 sur le canal Neuf de Puy St Pierre qui n'avaient jamais été entièrement publiées sont ainsi rendues publiques. Elles sont complétées aujourd'hui par le travail mené par un étudiant en 4^{ème} année de géologie de l'Institut UniLaSalle de Beauvais, Matthieu PAGES, embauché à sa demande comme stagiaire, pendant les mois de juillet et août 2017.

À cette occasion, il faut rappeler que les canaux à ciel ouvert du Briançonnais (irrigation dite « gravitaire ») offrent d'autres atouts majeurs en termes :

- * de *patrimoine* (les grands canaux du Briançonnais ont été creusés au 14^{ème} siècle),
- * *d'écologie* (par exemple le drainage des versants)
- * *d'économie touristique* (lieu de promenade agréable)...

...mais ils sont menacés par un embusage massif visant à économiser la main d'œuvre et à limiter les risques d'infiltration non contrôlée.

Nous espérons que cette recherche contribuera à inciter les Pouvoirs Publics à les conserver en l'état.

Le Président de la Société Géologique et Minière du Briançonnais, Raymond LESTOURNELLE.

TABLE DES MATIÈRES

DONNÉES GÉNÉRALES	5
Les canaux à irrigation gravitaire.....	
L'infiltration de l'eau dans les canaux à irrigation gravitaire	
Les nappes phréatiques	
L'intérêt des nappes phréatiques.....	
L'infiltration dans les canaux du Briançonnais	
Les nappes phréatiques du Briançonnais et la géologie.....	
1- Terrains géologiques siliceux (grés houillers, verrucano, quartzites...)	
2- Formations carbonatées (Dolomie ladinienne, calcaires jurassiques...)	
3- Formations détritiques de pente.....	
4- Alluvions	
L'irrigation gravitaire et le niveau des nappes phréatiques.....	
Mise en eau des canaux et niveau des nappes.....	
Quelles nappes phréatiques ?	
LA MESURE DES DÉBITS : ASPECTS TECHNIQUES	10
Technique de mesures des débits	
Le matériel	
Les mesures.....	
Les calculs.....	
LE STAGE DE MATTHIEU PAGÈS DE 2017	11
Les objectifs du stage	
Les préalables informatiques	
MESURES DES DÉBITS SUR LE CANAL GAILLARD	13
Les résultats.....	
Analyse des résultats	
Conclusion générale :	
Des interprétations difficiles	
Calcul du taux d'infiltration.....	
Importance de l'infiltration	
CANAL NEUF DE PUY ST PIERRE : LES MESURES.....	18
L'étude de 2017	
Les points de mesure en 2017	
Les enseignements du graphique (ci-après)	
Les mesures réalisées en 2003	
Points de mesure	
Les enseignements du graphique (ci-dessous).....	
L'apport des versants	
L'infiltration.....	
ANNEXES	27
Les canaux du Briançonnais :.....	
recherches, mise en valeur, renommée	
Les nappes phréatiques et les sources en Briançonnais	
Fiabilité des mesures « artisanales » de débit.....	
Calcul des débits	
Les ouvrages sur le canal Gaillard	
Résultats des mesures effectuées sur le canal Gaillard.....	
Résultats des mesures effectuées sur le canal neuf de Puy St Pierre en 2017	
Mesures de débits dans le canal Neuf de Puy St Pierre en août 2003	

DONNÉES GÉNÉRALES

LES CANAUX À IRRIGATION GRAVITAIRE

Comme on le sait, la plupart des canaux du Briançonnais sont à ciel ouvert. La force qui propulse l'eau étant la gravité, on dit qu'il s'agit d'une *irrigation gravitaire*. Cette situation perdure depuis leur creusement au Moyen-Âge.

La gestion de ce type d'irrigation nécessite une main d'œuvre importante. C'est pourquoi dans les zones où l'agriculture s'est maintenue, elle a cédé la place à une irrigation sous pression qui fonctionne un peu comme l'adduction d'eau potable. En Briançonnais, la disparition de l'agriculture au profit du tourisme a permis la conservation de cette technique ancienne d'irrigation.

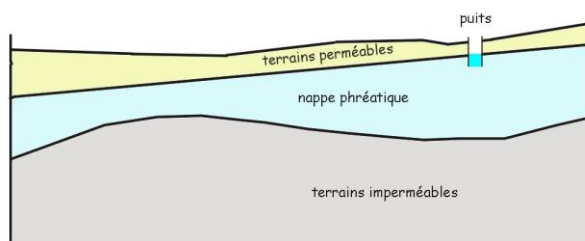
L'infiltration de l'eau dans les canaux à irrigation gravitaire

Les parois de ces canaux à ciel ouvert ne sont évidemment pas imperméables à l'eau comme le sont les canalisation qui assurent l'irrigation sous pression. Contrairement à ce que disent des analyses « simplistes », l'eau qui s'infiltré n'est évidemment *ni gaspillée, ni perdue*. Elle pénètre dans le sous-sol, et suit des parcours variés et aléatoires pour rejoindre les exutoires naturels que sont les torrents, les rivières et surtout les nappes phréatiques.

LES NAPPES PHRÉATIQUES

Les nappes phréatiques ne sont pas des lacs souterrains. Il s'agit de zones géologiques saturées en eau reposant sur des terrains imperméables. L'eau s'y écoule en permanence. Les nappes sont à l'origine des **sources** qui jaillissent en surface à la faveur de divers phénomènes géologiques (cf.annexe 2). Le niveau des nappes phréatiques correspond au niveau de l'eau dans les **puits** (schéma ci-dessous). Ce niveau de l'eau désigné sous le terme de **niveau piézométrique**, est incliné en raison de l'écoulement de l'eau.

Les puits et les nappes phréatiques



L'intérêt des nappes phréatiques

Le stockage de l'eau

En cette période de réchauffement climatique et de sécheresse, il est important de stocker l'eau des rivières avant qu'elle ne se jette à la mer². Ce stockage peut être obtenu en créant des réserves de surface coûteuses telles que les réserves collinaires (photo ci-dessous). Il est gratuit si l'on utilise les capacités de stockage des nappes phréatiques naturelles. En Briançonnais les canaux déversent une partie de leur eau dans ces nappes.

Réserve collinaire de Puy Aillaud



¹ Il s'agit de roches plus ou moins poreuses.

² 95 % des réserves d'eau douce de planète se trouvent dans les nappes phréatiques.

L'épuration de l'eau

L'eau qui alimente les nappes phréatiques chemine très lentement dans des terrains perméables, en traversant des interstices très petits, capables de retenir des *particules en suspension* telles que les bactéries. Il s'agit là d'une *épuration biologique* naturelle. La plupart des scientifiques s'accordent à penser qu'elle s'accompagne d'une *épuration chimique*, au moins au niveau ionique.

L'INFILTRATION DANS LES CANAUX DU BRIANÇONNAIS

Le fond des canaux du Briançonnais est recouvert de limons provenant :

- * des sédiments de la rivière dans laquelle les canaux prennent leur eau,
- * des limons provenant du sol dans lequel les canaux ont été creusés. La composition de ce sol dépend de la nature du substrat géologique sur lequel il s'est constitué.

Pour rejoindre la nappe phréatique l'eau qui s'infiltré doit :

- * traverser les limons qui tapissent le fond du canal,
- * traverser les matériaux résultant de la décomposition du substratum rocheux (la *couche minérale*)
- * pénétrer et circuler dans le substratum rocheux (la *roche-mère*) sous réserve que sa structure le permette.
- * rencontrer une couche imperméable provoquant l'accumulation d'eau.

LES NAPPES PHRÉATIQUES DU BRIANÇONNAIS ET LA GÉOLOGIE

Les **sources** représentent les points d'émergence des nappes phréatiques. La notice de la carte géologique de Briançon décrit les différents cas de figures de ces émergences selon la nature des terrains géologiques.

1- terrains géologiques siliceux (*grès houillers, verrucano, quartzites...*)

Ils sont perméables dans leur partie superficielle transformée en sable sur une petite épaisseur. C'est pourquoi ils ne donnent naissance qu'à de petites sources.

Exemples

- * Clos des Roches (1,5 l/sec, Adduction d'Eau Potable, Puy St Pierre)
- * Serre (0,15 l/sec, Adduction d'Eau Potable, Puy St Pierre)
- * Mouta (1,5 l/sec, Adduction d'Eau Potable, La Salle)
- * Verney (2,5 l/sec, Adduction d'Eau Potable, La Salle)
- * Maldina (3 l/sec, Adduction d'Eau Potable, Villard Saint Pancrace)

À ces exemples il faut ajouter :

- * une source à l'origine d'un canal à Puy St Pierre
- * les sources liées aux *Schistes lustrés et roches vertes riches en carbonates* dans le secteur de Cervières.
 - Planes (0,5 l/sec)
 - Bourget (1,5 l/sec)
 - Chalps (0,5 l/sec)

2- formations carbonatées (*Dolomie ladinienne, calcaires jurassiques...*)

La perméabilité est liée à la présence de fractures ou de fissures créées par dissolution (légère solubilité) ou liées à la présence de gypse. Leur débit peut atteindre plusieurs dizaines de litres.

Exemples

→ émergence bien localisée

* Adoux (5 l/sec à l'étiage, Adduction d'Eau Potable, Briançon)

→ émergence masquées par des éboulis

* Draye (60 l/sec, Adduction d'Eau Potable, Briançon)

* Fontaines (rive droite de la Clarée, droit du « rocher qui répond », Névache).

* Thura (20-60 l/sec, source encroûtante et sulfatée).

* fontaine des crêtes, (4-8 l/sec, route de Montgenèvre, aux Alberts)

3- formations détritiques de pente

a-moraines et placages de pente.

Malgré leur aspect sableux, les moraines sont peu perméables car elles comportent des lits argileux imperméables. Les sources y sont de faible débit.

Exemples

* Moulette (Monêtier-les-Bains)

* Colombier (Adduction d'Eau Potable de Chantemerle)

* Sapet (4 l/sec, ancienne Adduction d'Eau Potable de Prelles)

* Combes (0,11 l/sec, Puy St André)

* Bramefan (2-40 l/sec, Val des Prés.). Elle est issue d'un glacier rocheux.

b- éboulis de falaises et cône de déjection de torrents

Ces formations sont constituées par des assemblages d'éléments dont la taille peut être importante.

Exemples

(Draye, Fontaines, Thura : cf. ci-dessus)

* Bletonnet (1 l/sec, Adduction d'Eau Potable)

* Moulières (0,6 l/sec, St Martin de Queyrières)

* Grand Tabuc (50-100 l/sec vers 1850 m³, Adduction d'Eau Potable, Monêtier-les-Bains,)

Les sources de la rive droite du Grand Tabuc (1825 m) pourraient être alimentées par le lac de l'Eychauda).

4- Alluvions

Ils captent l'eau des versants et la déversent de façon « occulte »⁴ dans les rivières (exemple : la Clarée). L'eau y est souvent prélevée par des forages de 10-20 m pour l'industrie et les piscines. La prospection s'appuie sur des mesures de conductivité.

³ Un débit énorme.

⁴ Terme utilisé dans la notice de la carte géologique, les alluvions masquant le véritable cheminement de l'eau.

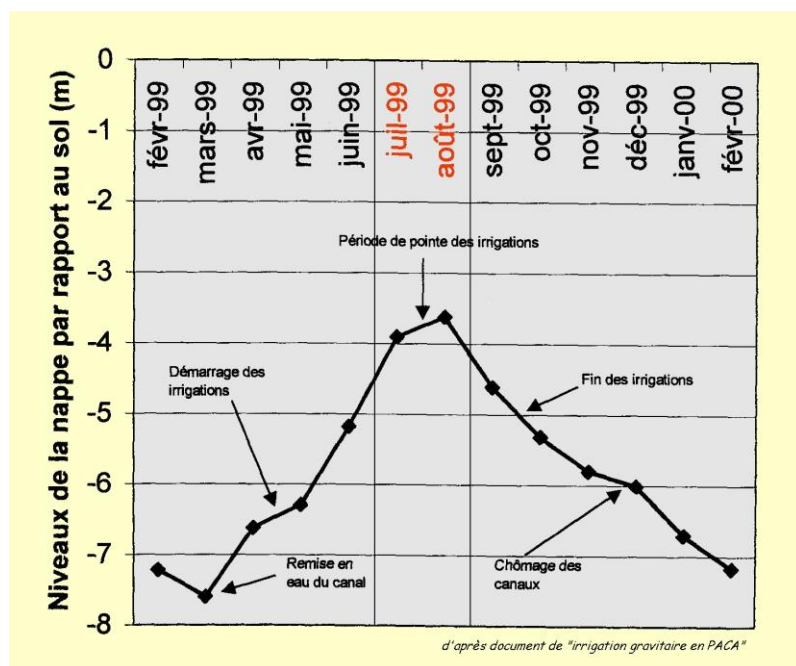
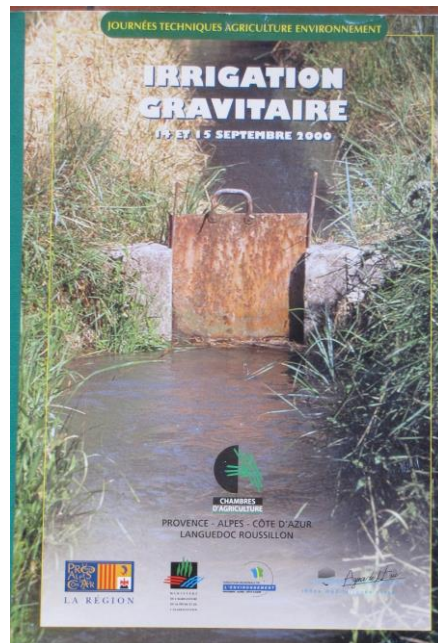
L'IRRIGATION GRAVITAIRE ET LE NIVEAU DES NAPPES PHRÉATIQUES

Mise en eau des canaux et niveau des nappes

De nombreuses mesures du niveau des nappes phréatiques, réalisées notamment en région PACA (photo ci-contre), ont révélé le paradoxe suivant : le niveau des nappes phréatiques est maximum pendant la saison sèche estivale (graphique ci-dessous).

La publication de la chambre d'agriculture PACA

Un examen détaillé montre une coïncidence entre la mise en eau des canaux à irrigation gravitaire et l'élévation du niveau des nappes. Bien plus, des mesures isotopiques (^{18}O) ont montré que dans le Vaucluse, la nappe phréatique était remplie à 80% par le canal de St Julien (près de Cavaillon). Dans les Hautes Alpes, 66% de l'eau du canal des Herbeys⁵ rejoint la nappe phréatique.⁶



Niveau des nappes phréatiques durant la saison estivale (d'après document PACA)

Il n'y a donc plus aucun doute sur le fait que le remplissage des nappes phréatiques est lié au moins en partie à la mise en eau de ces canaux.

Remarque

Il faut noter cependant que dans les Alpes, certains torrents et les rivières contribuent eux aussi au remplissage des nappes comme le montre ce tableau du débit (en l/sec/km²) du torrent du Grand Tabuc à Monétier-les-Bains (d'après Carencio 1982).

J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D
16	12	12	14	30	133	120	139	92	66	35	39

⁵ Au sud du département.

⁶ Selon une étude de la Chambre d'Agriculture.

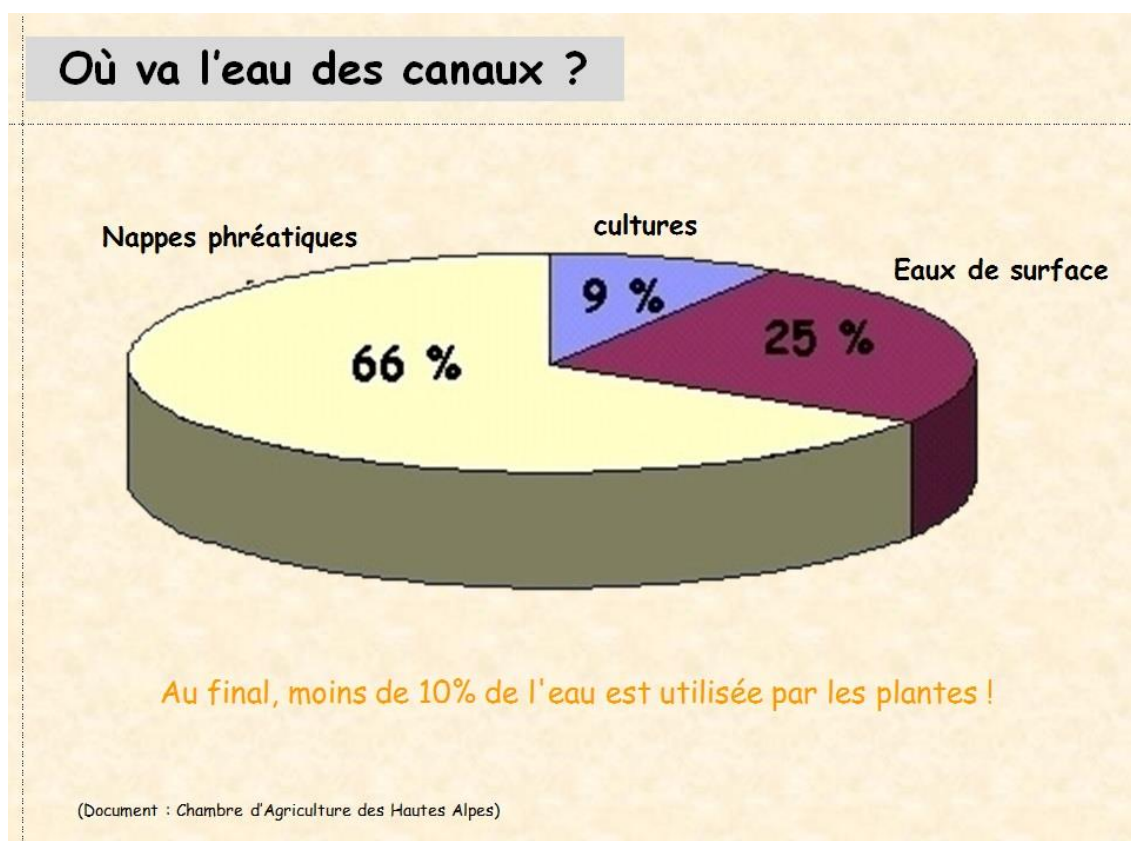
Le débit susceptible de contribuer au remplissage de la *nappe alluviale*⁷ augmente avec la saison d'été, du fait de la fonte des neiges et des glaces. On notera cependant que cette augmentation intervient avant la mise en eau des canaux au mois de mai.

Quelles nappes phréatiques ?

Le contour des nappes phréatiques peut être obtenu, par exemple, en identifiant des « familles » de sources ayant la même température et la même dureté⁸.

Ce travail n'a pas été publié en Briançonnais. On peut penser tout au plus que les nappes phréatiques alimentées par les canaux se trouvent *en aval* de ces derniers. De ce point de vue, les 4 principaux canaux de la Guisane se trouvant en fond de vallée, il est à peu près certain qu'ils alimentent la **nappe alluviale**⁹ de cette rivière.

S'agissant des canaux situés altitude, tel le canal du Bois de Puy St Pierre, il serait intéressant de corréler le débit de ce canal avec le débit des sources qu'il est susceptible d'alimenter.



⁷ Nappe phréatique liée aux rivières.

⁸ Indice de minéralisation.

⁹ Nappe située dans les sédiments de la Guisane.

LA MESURE DES DÉBITS : ASPECTS TECHNIQUES

Consciente des conséquences de l'infiltration de l'eau dans les canaux du Briançonnais, l'association a cherché dès 2003 à quantifier ce phénomène. Les premières mesures ont porté sur le canal Neuf de Puy St Pierre et ont consisté à mesurer la **diminution des débits dans des zones où il n'y avait ni apports d'eau, ni prélèvements visibles**. On pouvait donc penser que les pertes observées étaient *très majoritairement* liées à l'infiltration de l'eau¹⁰.

TECHNIQUE DE MESURES DES DÉBITS

Elle nous a été communiquée par feu notre vice-président, Claude DUMONT, qui était ingénieur agronome. Il s'agit d'un matériel *rustique* mais *léger*. Nous avons pu vérifier qu'il permettait d'obtenir des résultats fiables, comparables à ceux mettant en jeu des « *courantomètres* » professionnels (cf.annexe 3).

Le matériel

Il comprend :

- * une canette de bière vide fermée par un bouchon, qui a l'avantage de flotter en étant insensible au vent en raison de son inertie.
- * un décamètre
- * un chronomètre
- * une épuisette pour récupérer la canette.

Les mesures

Elles se font sur des **sections calibrées des canaux** telles que les **buses**¹¹. La hauteur d'eau dans ces buses permet par calcul, d'évaluer¹² la section d'eau (document ci-contre). Le débit est le produit de la section d'eau par la longueur de la buse pendant une unité de temps.

Calcul des débits

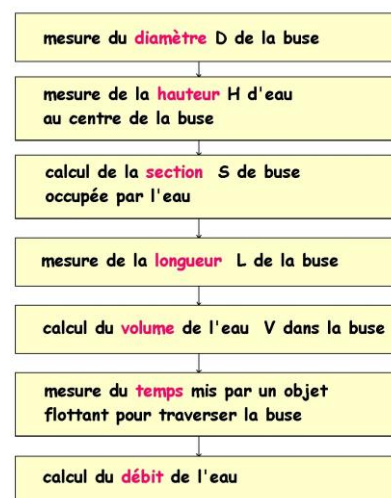
En pratique :

- * on jette la canette de bière dans le courant quelques mètres en amont de la buse, pour lui laisser le temps d'acquérir une « vitesse de croisière »
- * on mesure le *temps* (T) mis par la canette pour parcourir cette buse.
- * on mesure le *rayon* (OA sur le schéma de l'annexe 4) et la *longueur* de la buse ainsi que la *hauteur d'eau* maximale (OB sur le schéma de l'annexe 4)

Les calculs

Sur la base de ces données, un programme complexe (pouvant être automatisé sous Excel) permet de calculer la section d'eau puis le volume d'eau qui s'est écoulé dans un temps donné.

CALCUL DU DEBIT DE L'EAU DANS UNE BUSE



¹⁰ On considère que l'évaporation de l'eau et son pompage par les végétaux sont négligeables au moins dans un intervalle de temps court.

¹¹ On peut faire les mêmes mesures dans des parties maçonnées de section rectangulaire. Dans ce cas, le calcul est plus simple.

¹² Excel peut permettre d'automatiser le calcul.

LE STAGE DE MATTHIEU PAGES DE 2017

LES OBJECTIFS DU STAGE

À sa demande, l'association a embauché comme stagiaire, un étudiant en 4^{ème} année de géologie de l'institut UNILASALLE de Beauvais, pendant les mois de juillet et août 2017.

La mission qui lui a été confiée était la suivante :

1- mesurer les taux d'infiltration dans les canaux de la vallée de la Guisane entre Monétier-les-Bains et Briançon, avec une priorité pour le canal Gaillard en adret et le canal Neuf de Puy St Pierre en ubac.

Les mesures de débits et le calcul des taux d'infiltration à selon le protocole mis au point en 2003 sur le canal Neuf de Puy St Pierre.

2- établir si possible des corrélations entre le taux d'infiltration et différents paramètres :

* l'épaisseur et la nature des limons qui recouvrent le fond des canaux

* la nature des substratums géologiques

* la pente

...

LES PRÉALABLES INFORMATIQUES

L'exploitation des mesures de terrain a exigé de la part de Matthieu PAGES l'utilisation d'un certain nombre d'outils informatiques mis à sa disposition :

* **Excel**¹³

L'évaluation des débits à partir des données de terrain (diamètre de la buse, hauteur d'eau dans la buse, longueur de la buse, temps mis par le courant d'eau pour la parcourir) met en jeu un calcul complexe qui a été automatisée dans un « programme » Excel. L'utilisation de ce programme a exigé un minimum de pratique d'Excel. Idem pour l'élaboration des graphiques illustrant les mesures.

* **boîtier GPS**

En 2016, à l'occasion du stage de Florian CIBIEL¹⁴, l'association a fait l'acquisition d'un GPS professionnel. Cet appareil à écran tactile, est très performant mais il comporte un mode d'emploi de 120 pages ! Certes, l'association a rédigé en 2016, un mode d'emploi simplifié, mais il demeure que la maîtrise de cet appareil a exigé un gros investissement personnel.

* **les coordonnées géographiques**

Établir un tracé précis des canaux étudiés avec positionnement des points de mesures, est un objectif « primaire ». Il a exigé la maîtrise des outils suivants :

- cartes IGN du site Internet « Géoportail ». Elles affichent les coordonnées géographiques d'un lieu désigné par la « souris ».

- le logiciel « Land » associé au boîtier GPS. L'une des fonctions la plus intéressante de ce logiciel complexe¹⁵, est d'importer les coordonnées des « waypoints¹⁶ » sous forme de données non

¹³ Excel est le « tableur » de Microsoft.

¹⁴ L'inventaire des canaux du Briançonnais.

¹⁵ Mode d'emploi de 121 pages.

« formatées¹⁷ » et de les utiliser pour construire une « trace¹⁸ ». Cette trace peut être superposée (après ajustement) à la carte du secteur étudié.

*** logiciels de dessin**

...pour la réalisation de schémas (Adobe Illustrator, Corel Photo Paint)

Les difficultés rencontrées

Elles ont été nombreuses :

*** *les normes des coordonnées géographiques.***

Elles sont multiples : coordonnées géographiques en degrés, minutes, secondes ou en degrés décimaux, en Lambert II, en Lambert III ou en Lambert II étendu...Heureusement, dans ce domaine, le Vice-Président de la Société Géologique et Minière du Briançonnais, Frédéric Chatel, est un expert qui a su « expliquer les choses ».

Les logiciels choisissent librement leur norme. Si elles ne sont pas compatibles, il faut utiliser un logiciel de conversion disponible sur Internet, pour convertir par exemple des coordonnées exprimées en degrés, minutes, secondes, en degrés décimaux.

*** *les approximations***

La projection d'une surface sphérique (le globe terrestre) sur des surfaces planes (les cartes) implique des approximations qui sont parfois gênantes. C'est le cas lorsque les logiciels affichent le profil en long des canaux. En raison de leur faible déclivité, on obtient des profils dans lesquels les canaux « remontent des pentes » !

¹⁶ Points repérés avec le GPS.

¹⁷ Seuls les caractères frappés sont pris en compte.

¹⁸ La trace représente un itinéraire parcouru.

MESURES DES DÉBITS SUR LE CANAL GAILLARD

La prise d'eau du canal Gaillard se trouve à Villeneuve-la-Salle (**photo ci-contre**). Le canal poursuit sa route jusqu'à la citadelle de Briançon (**photo ci-dessous**) où il alimente la gargouille. Çà et là, il reçoit des apports d'eau (**photo ci-dessous**). Pour plus de détails, cf **annexe 5**.



La prise d'eau du canal à Villeneuve-la-Salle



L'entrée du canal dans la citadelle

Arrivée d'eau dans le canal



Longueur totale : 10 km environ
Nombre de points de mesures : 17.
Sur la carte ci-après les points de mesure sont repérés par des lettres allant de A à Q.

LES RÉSULTATS

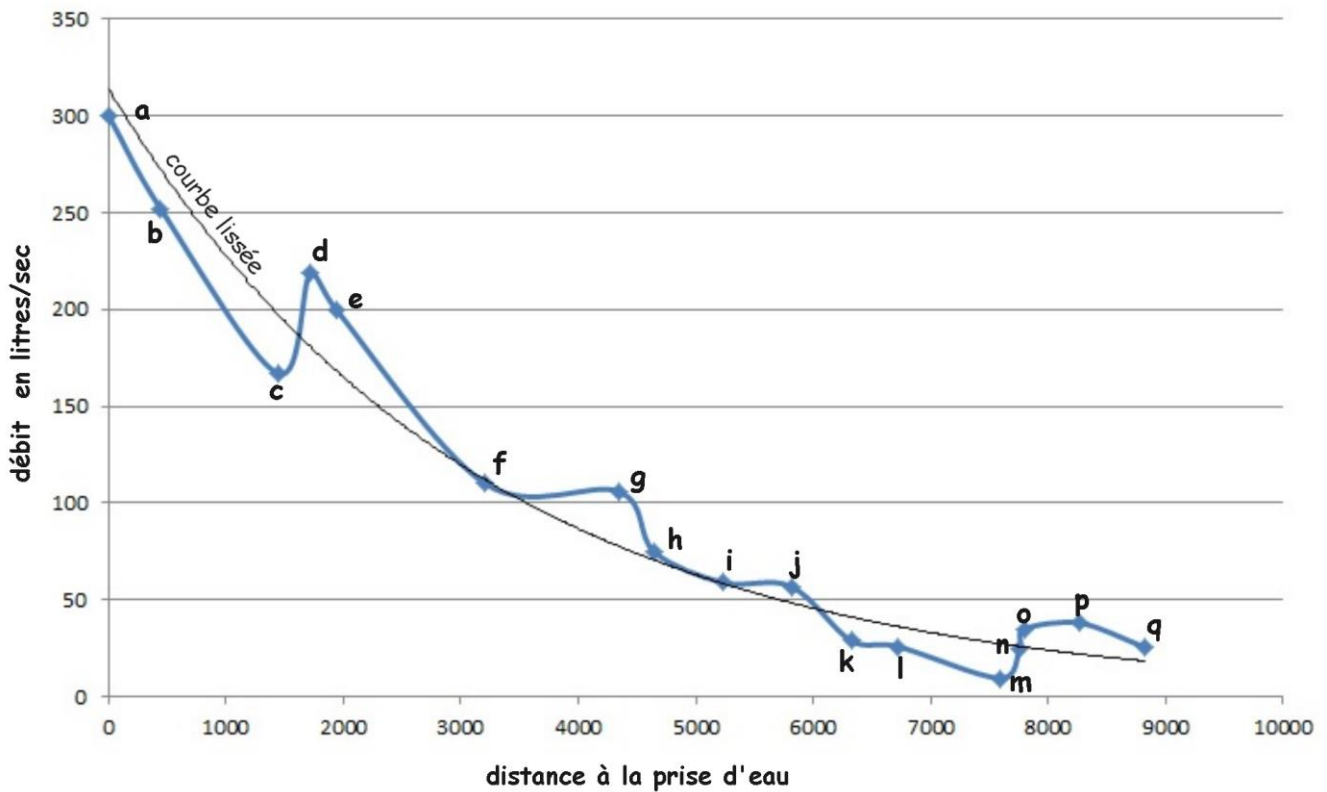
- *le **graphique ci-après** indique la valeur des débits en fonction de la distance à la prise d'eau.
- * le **tableau du haut** (cf. **annexe 6**) affiche les données des mesures et les calculs des débits
- * le **tableau du bas** (cf. **annexe 6**) de la page affiche les différences de débits entre points voisins et avance des interprétations ou des questionnements

ANALYSE DES RÉSULTATS

Le graphique

Il montre les points suivants :

- Une diminution générale des débits de la prise d'eau à l'arrivée à Briançon (cf. courbe « lissée »).
 - Cette diminution n'est pas régulière, elle fait apparaître des variations décrites et expliquées ci-dessous.
- Pour plus de détails, le lecteur pourra se reporter au tableau de l'**annexe 6**.



Entre A et B :

Les pertes importantes sont liées à l'existence de plusieurs vannes de décharge qui selon le président de l'Association Syndicale Autorisée, Monsieur Bernard Jonquères pourraient débiter chacune jusqu'à 25 l/s

Entre B et C :

Multiplication des jardins, prélèvements importants.

Entre C et D

Il s'agit d'un apport important lié à la présence d'une zone très humide. Selon Mr Jonquères, cette humidité proviendrait de sources situées en amont du canal. À noter que des infiltrations sont visibles en aval du canal.

Entre D et E :

La diminution de débit est importante. Cette diminution est due à la présence d'une vanne de décharge.

Entre E et F :

Multiplication des jardins, prélèvements importants.

Entre F et G :

Pas d'apports, multiplication des jardins sans conséquences visibles. On peut penser que les pertes sont liées à l'infiltration de l'eau.

Entre G et H :

La diminution des débits peut s'expliquer partiellement par des prélèvements liés à la multiplication des jardins de particuliers mais son *importance* n'est pas explicable pour l'instant.

Entre H et I :

Multiplication des jardins, prélèvements importants.

Canal Gaillard : Carte des points de mesure



Entre I et J :

Pas d'apports, multiplication des jardins sans conséquences visibles. On peut penser que les pertes sont liées à l'infiltration de l'eau.

Entre J et K :

Multiplication des jardins, prélèvements importants.

Entre K et L :

Pas d'apports, multiplication des jardins sans conséquences visibles. On peut penser que les pertes sont liées à l'infiltration de l'eau.

Entre L et M :

Multiplication des jardins, prélèvements importants.

Entre M et N :

La présence d'un talweg¹⁹ drainant l'eau des versants pourrait expliquer la présence d'apports importants.

Entre N et O :

Les deux séries de mesures ont été contradictoires avec un apport majoritaire dans un premier cas et un prélèvement majoritaire visible dans le second. *Aucune observation de terrain ne permet de justifier cet apport majoritaire.*

Entre O et P :

Les deux séries de mesures témoignent d'un apport majoritaire. La présence d'une végétation abondante en amont du canal laisse supposer que des circulations d'eau existent en amont du canal.

Entre P et Q :

Diminution des débits majoritaire. Des prélèvements sont visibles.

CONCLUSION GÉNÉRALE :

Des interprétations difficiles

Ces mesures font apparaître les points suivants :

* Dans le segment GH, l'importance de la diminution du débit est pour l'instant inexplicable.

* Certaines augmentations du débit sont d'origine inconnue. Ni les observations de terrain, ni l'étude des cartes ne permettent d'avancer des hypothèses. Il est possible que des *cheminements d'eau souterrains existent dans la partie distale du canal* (segments NO et OP).

Calcul du taux d'infiltration

* Nous avons repéré 3 zones dans lesquelles il n'y a ni apport ni prélèvements : il s'agit des « segments » FG, IJ, et KL. Dans ces zones, les taux d'infiltration sont de 3 l/s/km (FG et IJ) et 7 l/s/km (KL), soit une valeur moyenne d'environ **4 l/s/km**.

Ces résultats sont comparables à ceux mesurés en 2003 sur le Canal Neuf de Puy Saint Pierre (5 l/s/km) et du même ordre de grandeur que les taux d'infiltration mesurés dans les « Seguias ²⁰ » du Maroc (1 l/s/km).

¹⁹ Équivalent du lit d'un torrent en eau ou sec.

²⁰ Canaux à ciel ouvert.

Importance de l'infiltration

→ Si l'on considère que le taux d'infiltration est constant sur toute la longueur du canal (8.3 km), la quantité d'eau qui s'infiltré en une seconde est en moyenne de $4 \text{ l/s} * 8,3\text{km} = 33.2 \text{ l/s}$

→ Durant la période d'irrigation, l'écoulement de l'eau du canal est permanente jour et nuit, de la mise en eau du canal (1er Mai) jusqu'à sa mise hors d'eau (30 Septembre), soit 5 mois ou 150 jours ou 12 960 000 secondes. Durant cette période d'irrigation, la quantité d'eau infiltrée est donc de $33,2 * 12\ 960\ 000 = 43\ 027\ 200$ litres, soit $43\ 027,2 \text{ m}^3$.

→ Il est intéressant de comparer cette valeur au débit de la Guisane ($5\text{m}^3/\text{s}$), dans laquelle le Canal Gaillard puise son eau. Le quotient de ces deux valeur montre que cette infiltration correspond à 8 600 secondes d'écoulement de la Guisane soit presque 3 heures d'écoulement.

→ Si l'on considère que le taux d'infiltration est le même pour les 120 km de canaux porteurs²¹ du Briançonnais, on voit que la quantité d'eau qui s'infiltré est colossale, soit à peu près $700\ 000 \text{ m}^3$.

→ Les mesures effectuées par la chambre d'agriculture de Gap ont montré que dans le Sud du département, 60% environ de l'eau qui s'infiltré rejoint la nappe phréatique. Ce sont donc $420\ 000 \text{ m}^3$ d'une eau naturellement épurée qui rejoignent les nappes phréatique du Briançonnais.

→ Les statistiques montrent que la consommation journalière moyenne d'eau des français est d'environ 150 l/jour/personne, soit pour les 10 000 résidents de Briançon une consommation de 1 500 000 l/jour ou $1\ 500 \text{ m}^3$.

→ La recharge des nappes phréatiques par les canaux du Briançonnais correspond donc à 280 jours de consommation d'eau potable à Briançon.

Ce chiffre mérite d'être médité avant de multiplier les embusages qui empêchent l'infiltration.

²¹ Les ramifications (peyras et filioles) ne sont pas prises en compte.

CANAL NEUF DE PUY ST PIERRE : LES MESURES.

D'une longueur de 8 km, le canal Neuf de Puy St Pierre prend son eau à Villeneuve-la-Salle (**photo ci-contre**) et se déverse à proximité du quartier Belvoir après avoir reçu l'apport de plusieurs torrents (**photo ci-dessous**).

Prise d'eau du canal à Villeneuve-la-Salle



Apport d'eau par un petit torrent

Les mesures des débits ont été effectuées à deux périodes différentes :

- * En 2003, le 26 août et le 31 août 2003
- * En 2017, les 10 et 11 août

Les mesures de 2003 ont été effectuées dans un contexte de sécheresse continue, alors que celles de 2017 sont intervenues après des pluies importantes qui ont eu lieu deux jours auparavant.

L'ÉTUDE DE 2017

LES POINTS DE MESURE EN 2017

Nous avons effectué des mesures en **20 points** différents, depuis la prise d'eau du canal à Villeneuve-la-Salle, jusqu'à proximité de l'exutoire, sur une distance d'environ 8 km. Ces points sont désignés sur la carte **page 21** par des lettres allant de A jusqu'à T. À noter que la mesure E a dû être abandonnée pour des raisons techniques.

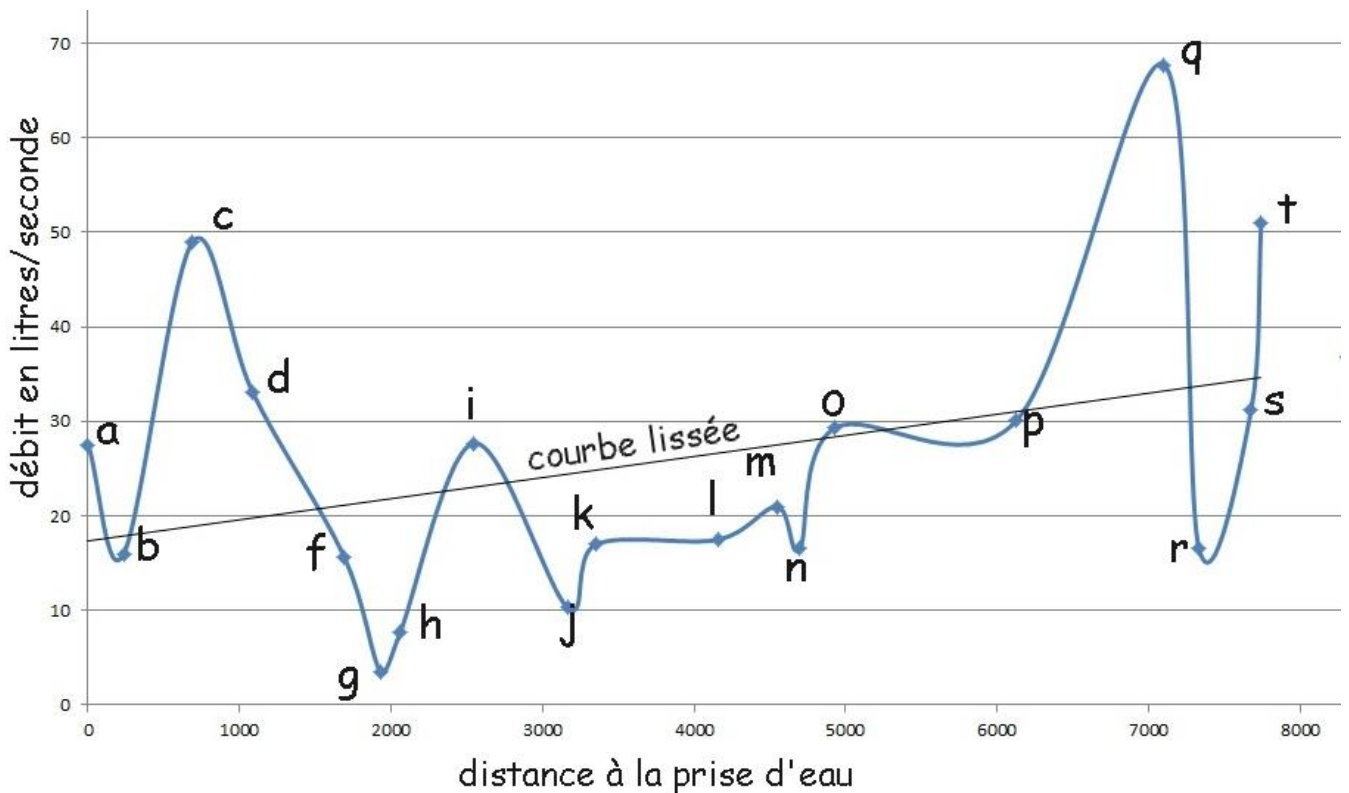
Les mesures ont été effectuées sur des *sections calibrées* du canal selon la méthode indiquée **page 10**. Les résultats figurent dans le tableau de **l'annexe 7** dont le graphique **ci-après** est l'émanation.

LES ENSEIGNEMENTS DU GRAPHIQUE (ci-après)

Tendance générale :

Le traitement mathématique des données permet de figurer l'évolution générale des débits, du premier point de mesure au dernier (courbe d'évolution linéaire des débits). Cette courbe montre une évolution surprenante :

→ le débit augmente de la prise d'eau jusqu'à l'exutoire



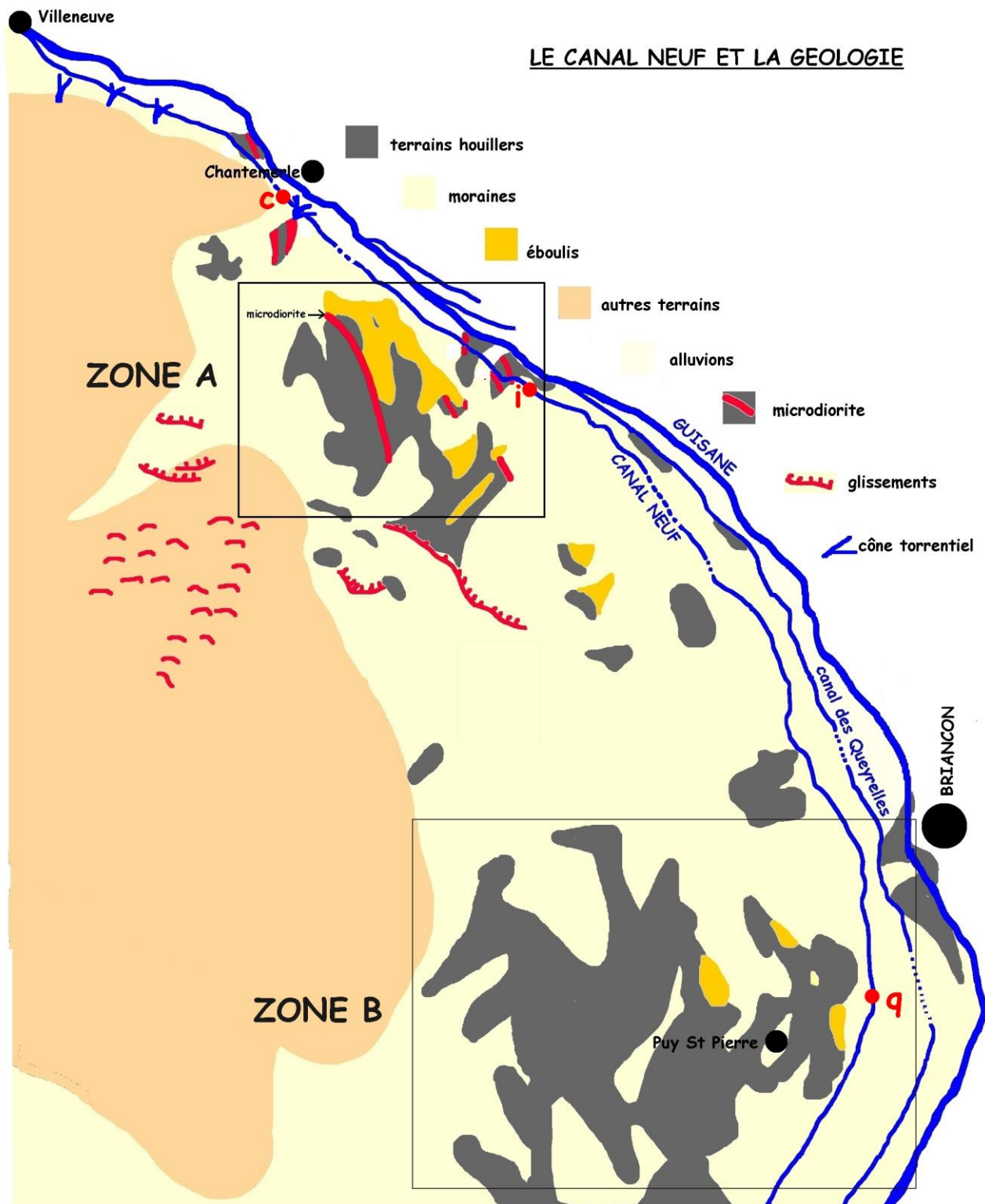
Cette situation est contraire à l'idée reçue selon laquelle un canal prend son eau dans une rivière, la transporte et la distribue. Ce scénario implique une diminution des débits de la prise d'eau à l'exutoire, comme cela a été montré dans l'étude consacrée au canal Gaillard (cf pages 13 à 17). Au contraire, ici le débit va en augmentant. Cela signifie que :

→ le canal reçoit des apports émanant des versants et que ces apports sont supérieurs aux prélèvements.

Cette situation paradoxale exige des explications. Les informations reliées au contexte géomorphologique et géologique permettent d'élaborer des hypothèses.

Étude détaillée du graphique

Le graphique montre des augmentations importantes du débit aux points C et Q. Or la carte topographique ne montre pas un réseau de talwegs particulièrement important. En revanche, les observations de terrain ont montré que l'environnement en amont du canal était particulièrement humide. Ce constat nous a conduits à rechercher sur la carte géologique des situations facilitant les écoulements d'eau.



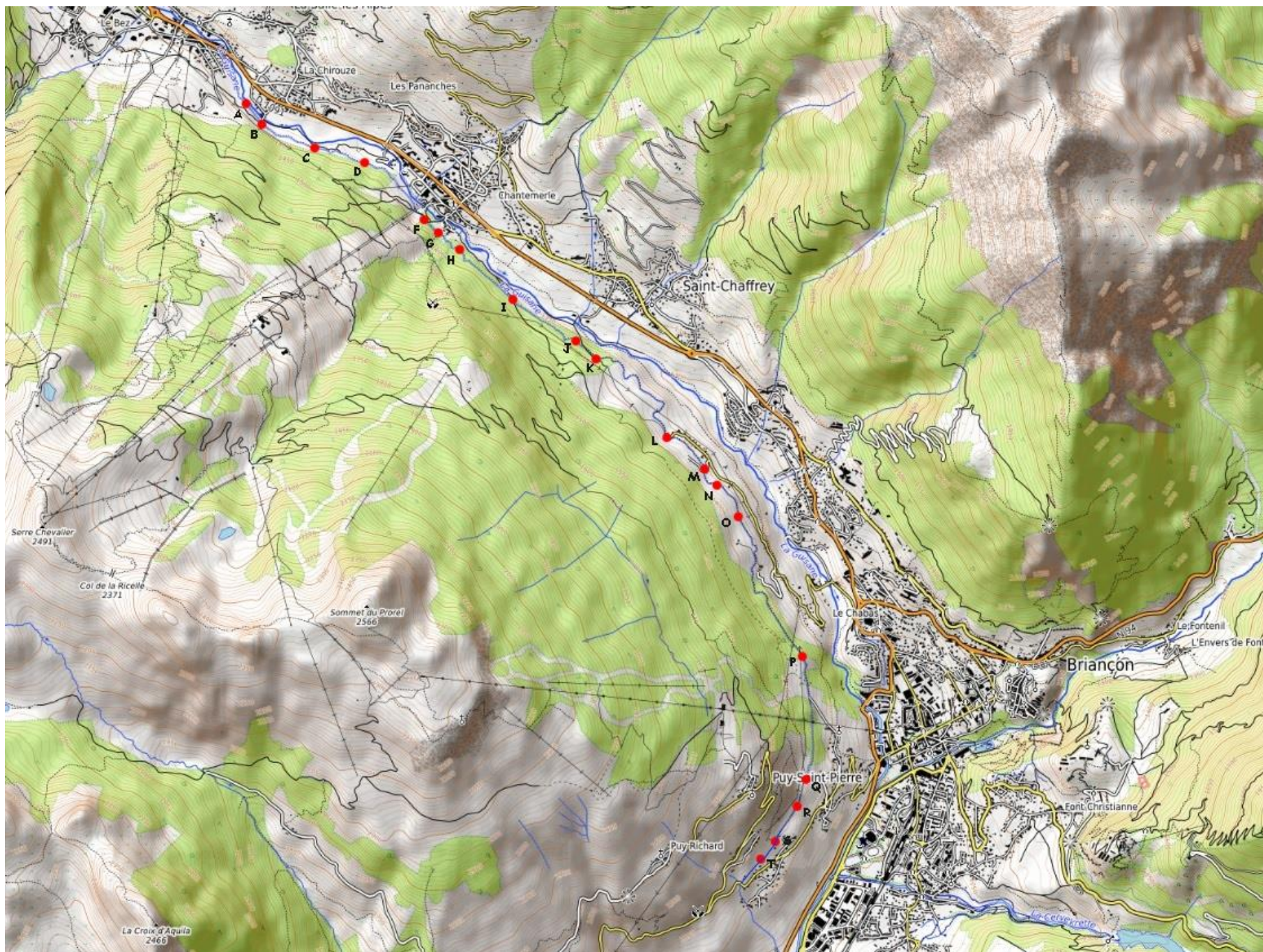
Or, justement, cette carte géologique mentionne des situations de ce genre (cf **carte géologique simplifiée ci-dessus**), dans les zones des points C et Q (seuls points figurés pour des raisons de lisibilité) :

* Zone autour du point C : Au-dessus de 2000 m, des glissements de terrain importants sont mentionnés. En outre, un réseau de fractures est apparent au-dessus de cette altitude.

* Zone autour du point Q : On y trouve un réseau dense de fractures et un grand nombre de galeries minières²².

²² Ces galeries sont si nombreuses qu'elles n'ont pu être représentées que globalement.

Carte du canal Neuf de Puy St Pierre : les points de mesure de 2017 sont notés par des lettres.



Les observations de terrain confirment les données de la carte géologique. Des niches d'arrachement (photo ci-dessous) sont nombreuses et les glissements de terrain visibles, en particulier des glissements rotationnels (photo ci-contre) et des « paquets glissés » (photo ci-dessous).



Niche d'arrachement marquée par la croissance de jeunes mélèzes

Glissement rotationnel dans le secteur de Puy St André



« Paquets glissés » dans le secteur du Prorel

Il est facile de comprendre que de telles situations favorisent la circulation des eaux souterraines et qu'elles sont de nature à libérer leur eau par « ressuyage »²³ au niveau des canaux. C'est la fonction de **drainage** des canaux.

Les apports du drainage des versants

On mesure ici l'importance de ce drainage. Les quantités d'eau déversées par les versants dans le canal neuf de Puy St Pierre sont considérables, et en tout cas très supérieures à ce que le canal prélève dans la Guisane. Au temps t, le cumul des augmentations de débit aux points C et Q est égal à 70 l/s à comparer aux 27 l/s prélevés dans la Guisane, soit 2,60 fois plus.

→ On peut donc dire que dans cette période, l'essentiel de l'eau du canal provient des versants.

La question suivante se pose : cette situation est-elle conjoncturelle et liée aux précipitations ou bien est-elle permanente ?

L'étude menée en 2003 sur ce même canal (voir ci-après pages 24 à 26) dans une période de sécheresse accentuée permet de répondre à cette question.

²³ Le ressuyage correspond à l'écoulement de l'eau qui n'est pas liée au substratum.

La fonction écologique du drainage

Le drainage des versants n'a pas pour seul avantage d'apporter un supplément d'eau au canal ; il intervient aussi dans la stabilité des versants. Dans une zone traversée par des glissements de terrain et des exploitations minières, il est clair que l'imbibition des terrains qui suit les précipitations, rend ces derniers plus malléables et facilite ainsi les mouvements de terrain.

→ **Le drainage des versants joue donc un rôle essentiel dans la stabilité des pentes.**

Dans ce domaine, le rôle du canal est donc essentiel puisqu'il canalise l'eau des versants de *manière ordonnée* jusqu'à son exutoire. Si le canal était embusé, cette eau migrerait de *manière désordonnée* dans les versants. En raison de l'instabilité de ces derniers, on pourrait craindre la multiplication des mouvements de terrain.



Cette photo prise dans le secteur du Prorel, montre des coupes dans des glissements de terrain.

LES MESURES RÉALISÉES EN 2003

Comme indiqué, elles ont été réalisées le 26 août et le 31 août dans un contexte de stabilité météo avec sécheresse permanente.

POINTS DE MESURE

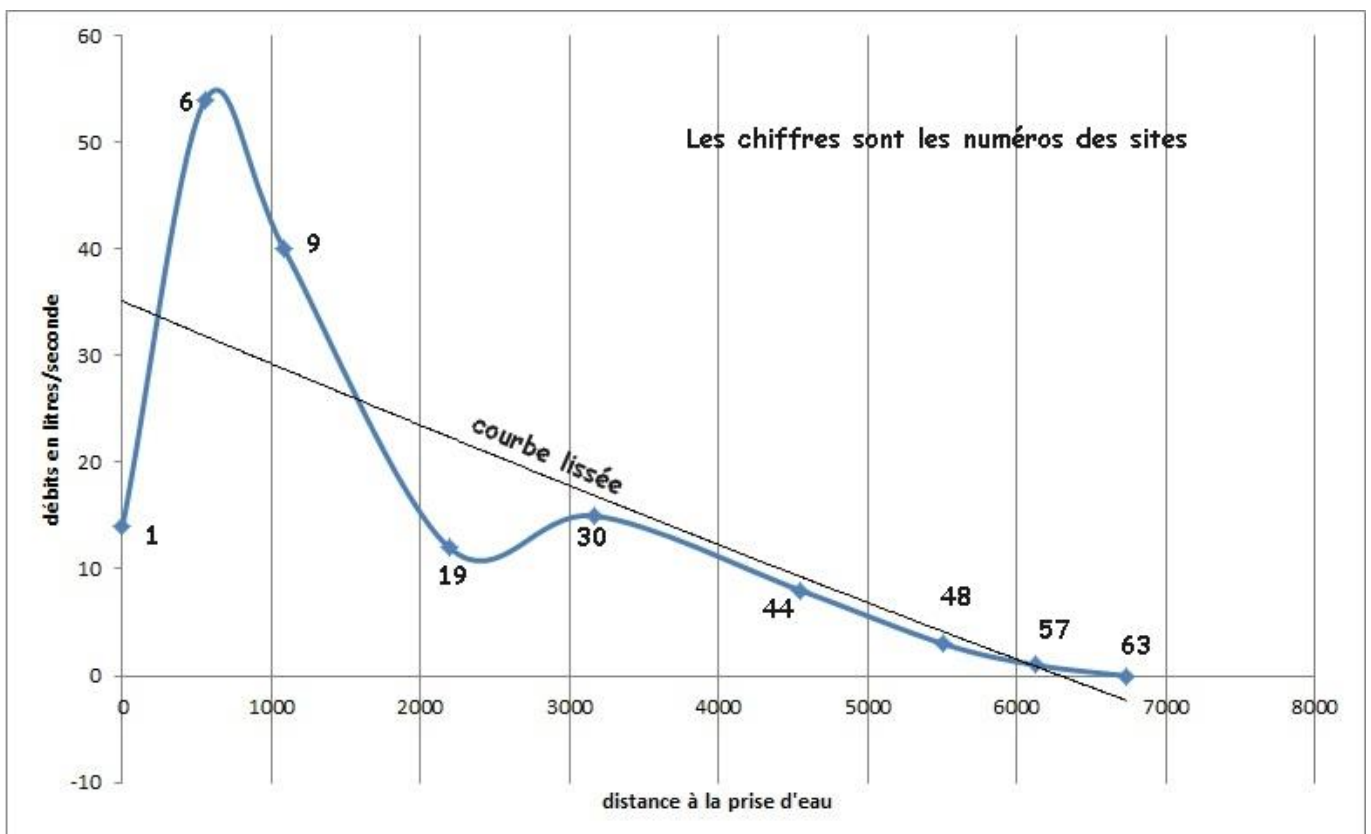
Nous avons effectué des mesures en **10 points** différents, depuis la prise d'eau du canal à Villeneuve-la-Salle, jusqu'à proximité de Puy St Pierre. Ces points sont désignés sur la **carte page 26** par des chiffres correspondant à des numéros de sites.

Les mesures ont été effectuées sur des *sections calibrées*. Ces dernières étant en nombre limité, 6 points de mesures 2003 correspondent à des points de mesure 2017 : 1→a, 7→c, 9→d, 30→j, 44→m, 57→p

Les mesures ont été effectuées selon la méthode indiquée **page 10**. Les résultats figurent dans le tableau de **l'annexe 8** dont le graphique ci-dessous est l'émanation.

LES ENSEIGNEMENTS DU GRAPHIQUE (ci-dessous)

Le traitement mathématique des données permet de figurer *l'évolution générale* des débits, du premier point de mesure au dernier (courbe de régression linéaire des débits). Comme prévisible, les débits vont en diminuant de la prise d'eau à l'exutoire et le canal était à sec au point 63 situé bien avant ce dernier.



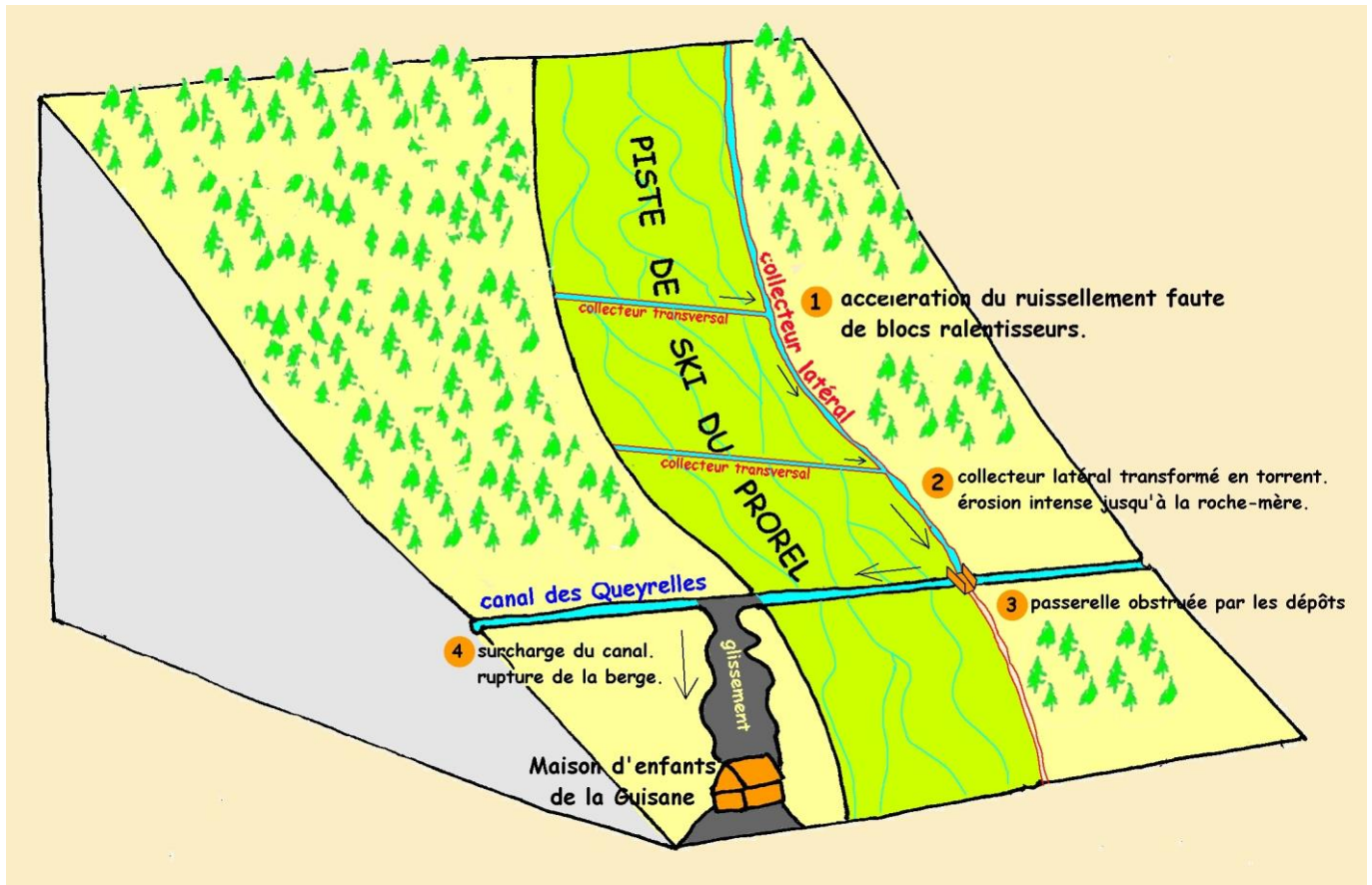
L'apport des versants

Cependant une forte augmentation du débit a été enregistrée au point 6. Cela est la conséquence d'un déversement torrentiel au niveau du point 3 (cf. **carte page 26**). À noter aussi qu'au point 7 un même déversement torrentiel a permis de compenser les prélèvements.

→ L'apport des versants est donc important même en période de sécheresse

L'infiltration

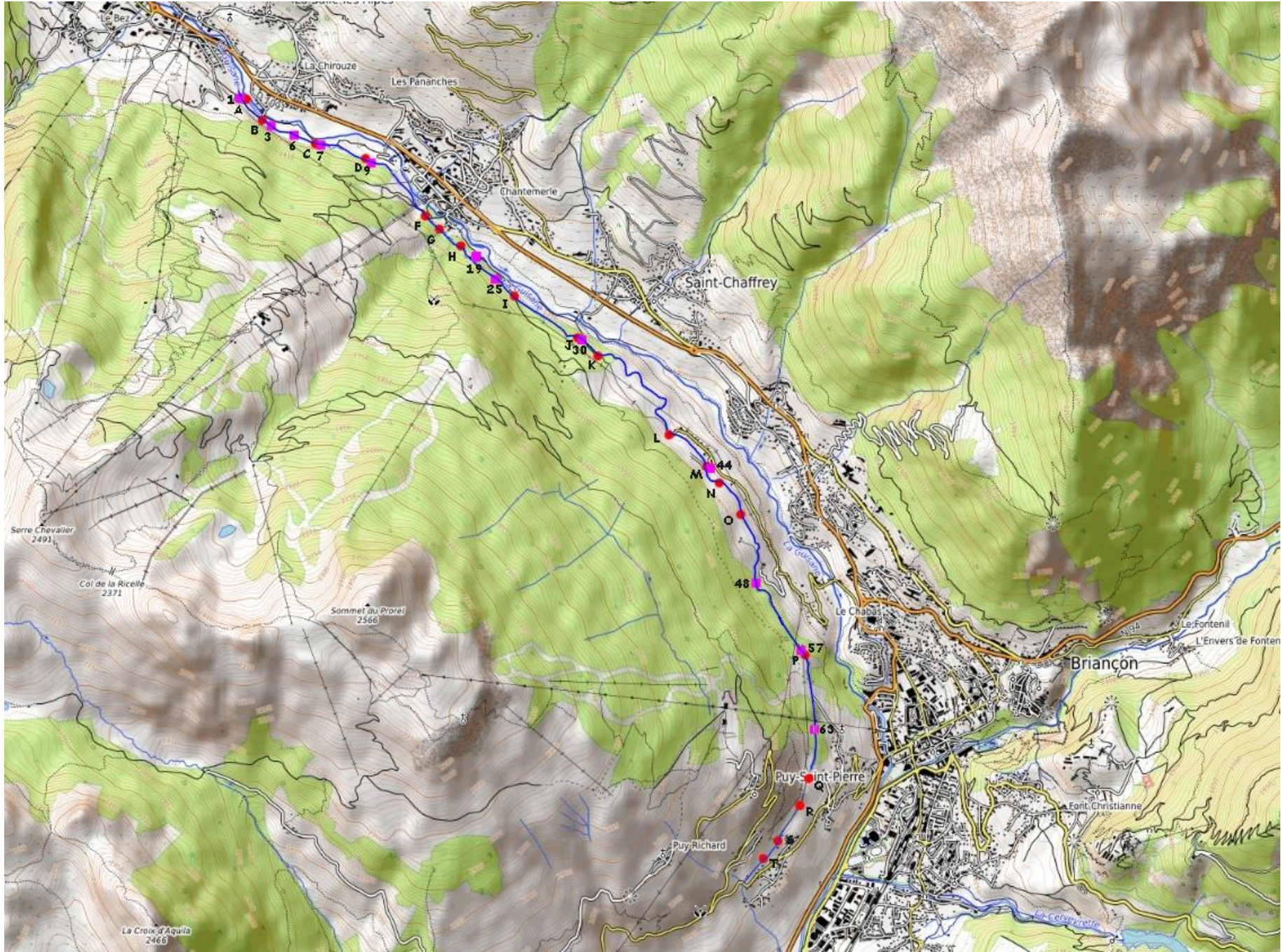
Entre le point 9 et le point 19, nous n'avons observé ni apport d'eau (torrents ou ressuyage), ni prélèvements. On peut donc attribuer essentiellement les diminutions de débit à l'infiltration de l'eau. Le quotient diminution du débit/distances permet d'établir le taux d'infiltration à **5 litres/seconde/km**. Ce chiffre est cohérent avec les taux d'infiltration observés dans le canal Gaillard.



Le schéma ci-dessus illustre un évènement survenu le 24 juillet 1992 dans le secteur du Prorel. Des précipitations importantes ont transformé le collecteur latéral d'une piste de ski en torrent furieux submergeant le canal de Queyrelles situé en aval du canal Neuf de Puy St Pierre.

Une partie de la berge aval de ce canal s'est effondrée, générant un glissement de terrain qui a détruit une maison d'enfants heureusement inhabitée en ce mois de juillet. Cet évènement souligne la fragilité des versants du Prorel lorsqu'ils sont imbibés d'eau. Il montre aussi les limites des capacités de drainage des canaux.

Carte du canal Neuf de Puy St Pierre : Les points de mesure de 2003 sont indiqués par les numéros



ANNEXES

ANNEXE 1

LES CANAUX DU BRIANÇONNAIS : RECHERCHES, MISE EN VALEUR, RENOMMÉE

LES INITIATIVES DE LA SGMB

- * **1990** : premier inventaire des canaux dans le territoire de la Communauté de Communes du Briançonnais. 120 km de canaux porteurs parcourus.
- * **1996** : création du « *jardin des canaux* » sur la commune de Puy St Pierre.
- * **2003** : première Table ronde sur les canaux du Briançonnais.
- * **2007** : édition d'une publication de 137 pages sur les canaux du Briançonnais
- * **2008**²⁴ : 2ème Table Ronde sur les canaux du Briançonnais
- * **2015 et 2016** : inventaire GPS des canaux sur le territoire des 4 Communautés de Communes du Grand Briançonnais. 85 canaux étudiés, 1490 points référencés, 2000 photos, 10 mois de travail, 250 km parcourus à pieds et la rédaction d'une publication exceptionnelle de 450 pages²⁵ !
- * **2017** : recherche sur l'infiltration de l'eau dans deux canaux du Briançonnais, le canal Gaillard et le canal Neuf de Puy St Pierre.

Dans le même temps, l'association met au point une *exposition*, des *diaporamas* et un *film* visible sur YouTube²⁶. Par ailleurs, une abondante documentation est accessible sur son site Internet (sgmb.fr).

UN PATRIMOINE RECONNU NATIONALEMENT ET INTERNATIONALEMENT

À partir de l'année 2010, la renommée des canaux du Briançonnais dépasse les frontières du département.

- * **2010** : présentation par la SGMB des canaux du Briançonnais au colloque international de Sion (Valais suisse).
- * **2012** : inventaire européen des canaux à irrigation gravitaire
Christian LEIBUNDGUT, professeur émérite de l'Université de Fribourg (Allemagne) en charge de cet inventaire, nous rend une visite à l'issue de laquelle il écrit :
« *Vos études vont jouer un rôle important dans la monographie en cours de rédaction dans le cadre d'un patrimoine européen ou mondial de l'irrigation traditionnelle* ».
- * **2015** : le Ministère de la Culture et le Patrimoine Culturel Immatériel
En juin 2015, une délégation du Ministère de la Culture parcourt le Briançonnais pour réaliser des fiches et des films sur le Patrimoine Culturel Immatériel du Briançonnais dont les canaux du Briançonnais font partie.
- * **2015 et 2016** : un chercheur japonais publie un article sur les canaux du Briançonnais
Il s'agit de ITAMI Kazuhiro, de l'université Ibaraki (collège d'agriculture) qui se rend en Briançonnais²⁷ durant l'été 2016 et visite ses canaux²⁸ pendant 2 jours.
- * **2015** : le député des Hautes Alpes, Joël GIRAUD, est chargé d'une mission ministérielle de 6 mois sur les canaux de montagne.
- * **2016** : une délégation émanant du ministère de l'agriculture belge visite les canaux de Villard Saint Pancrace.
- * **2017** : retour de Kazuhiro ITAMI.

24 Sa publication en allemand (avec plus de 1000 photos) vient d'être éditée.

25 Téléchargeable gratuitement sur le site de l'association (sgmb.fr)

26 Mots-clés : canaux Briançon.

27 Accueilli par la SGMB

28 Canal des Reymondières, Grand Canal de Ville et canaux de Pont de Cervières.

LES RAISONS DE CET INTÉRÊT

Cette renommée est liée aux singularités suivantes :

- * les grands canaux du Briançonnais ont été creusés au 14^{ème} siècle.
- * ils sont les « survivants » européens d'une technique traditionnelle, celle de l'irrigation gravitaire²⁹.
- * ils se sont maintenus dans les zones urbanisées.
- * comme au Moyen âge, ils sont gérés par des associations : les Associations Syndicales Autorisées.

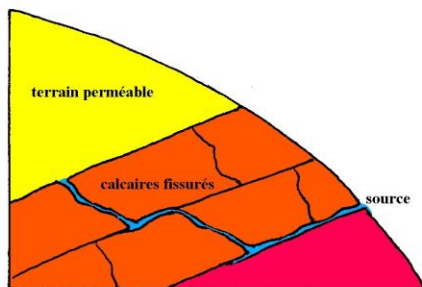
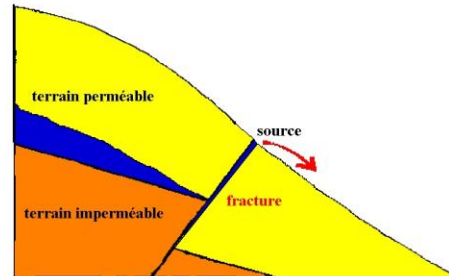
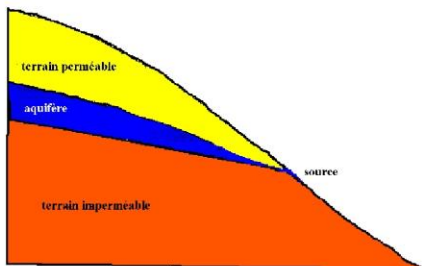
Outre leur atout patrimonial, les canaux du Briançonnais assurent d'importantes *fonctions écologiques* : ils rechargent les nappes phréatiques avec une eau naturellement épurée et ils drainent les versants...

Ils jouent aussi un rôle non négligeable dans *l'économie touristique* : en raison de leur faible déclivité et de leur parcours ombragé, ils constituent un lieu de promenade idéal notamment pour une « clientèle » du 3ème âge. Les berges des canaux sont également utilisées pour des activités sportives.

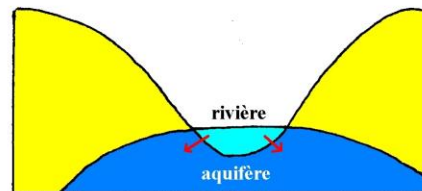
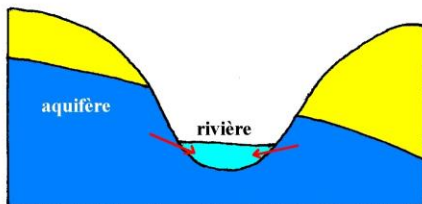
²⁹ Ils sont à ciel ouvert

ANNEXE 2 :

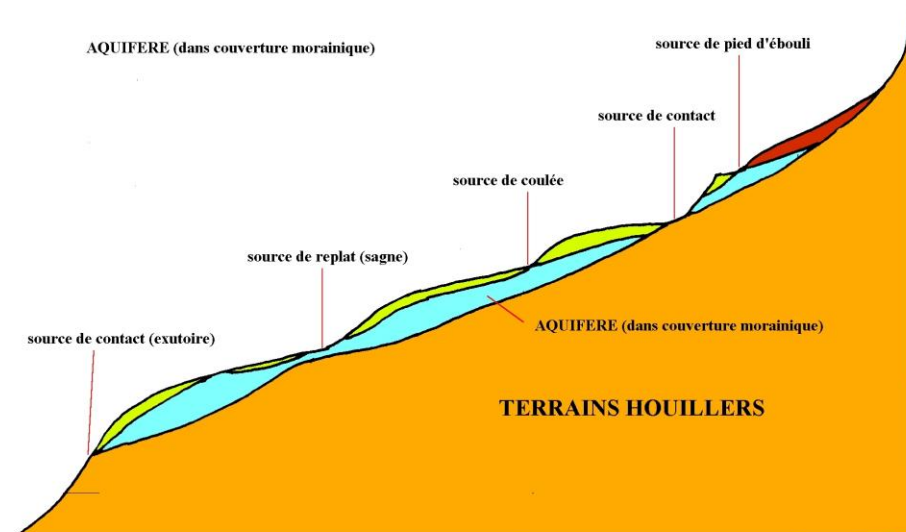
LES NAPPES PHRÉATIQUES ET LES SOURCES EN BRIANÇONNAIS



Nappes phréatiques et sources.



AQUIFERE (dans couverture morainique)



ANNEXE 3 :

FIABILITÉ DES MESURES « ARTISANALES » DE DÉBIT

1- UTILISATION D'UN « COURANTOMÈTRE » (photo ci-contre)

En 2003, nous avons réalisé des mesures de débit avec un **courantomètre** professionnel manipulé par M. Philippe Charton de la Chambre d'Agriculture de Gap.

Philippe Charton de la Chambre d'Agriculture et le courantomètre

1.1- l'appareil

Deux capteurs situés dans la tête de l'appareil, mesurent les *variations du flux magnétique* produit par un courant d'eau. Un boîtier permet de définir les paramètres des mesures. Choix fait : moyenne des mesures (1/sec) sur 20 secondes. L'appareil est plus commode que les appareils à hélices (il faut 7 calibres différents d'hélices !).

1.2- les mesures

Généralement, 3 mesures sur une verticale : au fond, en surface et au milieu.

1.3- les calculs

Dans les buses, la mesure du niveau de l'eau se fait à partir du haut de la buse.

La section d'eau est divisée en *rectangles* délimités par différentes positions en X et différentes hauteurs en Y. Pour chaque rectangle on calcule la surface que l'on multiplie par la vitesse pour obtenir le débit, puis on fait la somme des différents débits, le tout sous Excel.

2- MESURES COMPARATIVES SUR UN EXEMPLE

Il s'agit de mesures effectuées en 2003, à l'entrée du Grand canal de ville (« lieu-dit « Pont Carles à St Chaffrey) sur une section embusée de ce canal.

* débit mesuré et calculé avec le courantomètre

Le niveau de l'eau n'est pas constant sur toute la longueur de la buse. C'est pourquoi, si l'on recherche la précision, il faut faire des mesures à l'entrée et à la sortie des buses et établir une moyenne.

- débit à l'entrée de la buse : **51,2 l/sec**
- débit à la sortie de la buse : **45,1 l/sec**

* débit mesuré et calculé « artisanalement »

- débit à l'entrée de la buse : **56 l/sec**
- débit à la sortie de la buse : **53 l/sec**

À l'entrée de la buse, l'écart des débits mesurés selon les deux méthodes n'excède pas 9 %. Il est tout à fait acceptable.

3- AUTRES MESURES DE DÉBITS EFFECTUÉES EN 2003

- * prise d'eau du canal des Queyrelles : **93 l/sec**
- * prise d'eau du canal Gaillard : **103 l/sec**
- * débit dans la Guisane : **5,312 m³/sec**

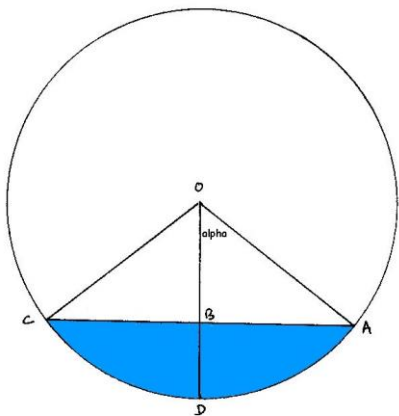


ANNEXE 4

CALCUL DES DÉBITS

PRINCIPE DU CALCUL (lorsque la hauteur d'eau ne dépasse pas la moitié du diamètre de la buse)

Les seules valeurs connues sont la hauteur d'eau OB et le rayon de la buse (OA, OC, OD)



1- l'angle alpha

$\cos \alpha = OB/OA$

2- BA (= demi-corde)

$\sin \alpha = BA/OA$ d'où $BC = \sin \alpha * OA$

3- surface du triangle rectangle OBA

$S1 = ((OD-BD) * BA)/2$

4- surface du secteur de cercle OAD

$S2 = (3,14 * OA * OA) / 360 * \alpha$

5- surface ABD

Elle est égale à la différence $S2 - S1$

6- surface occupée par l'eau

C'est le double de la surface ABD

EXEMPLE DE CALCUL DES DÉBITS DANS LES BUSES AVEC EXCEL

diamètre D en cm	80	
hauteur H en cm	8	
rayon= R (D/2)=OA en cm	40	
OB= R-H	32	
cos angle alpha=OB/OA= 32/40	0,8	OB/OA=32/40=0,8, . Cosinus =0,8
(cos angle alpha)au carré	0,64	
[sin au carré = 1-cosinus au carré	0,36	
sinalpha = racine carrée de A7	0,6	
BC=sin alpha*R	24	
surface triangle =(OB*BC)/2	384	(32*24)/2=384
angle alpha endegrés =arctangente = BC/OB [entre -Pi/2 et Pi/2]	36,8885986	tangente = BC/OB=24/32=0,75, arctangente de 0,75=36,8 en degrés
surface du cercle = pi R * R	5024	3,14 * 40 * 40 =5024
surface du secteur circulaireODC= surfacedu cercle * angle/360	463,320798	
surface ABD= demi-hauteur d'eau= surfacesecteur-surface triangle	79,3207983	
surface section = demi-surface *2 en cm2	158,641597	
section en dm2	1,58641597	
longueur de la buse en dm	410	
volume de l'eau dans la buse en dm ³ ou litres	650,430546	0,643501109
temps de transit en secondes	75	
débit en litres par secondes valeur arrondie	8,67240728	
		les chiffres en vert sont les données

CALCUL LORSQUE LA HAUTEUR D'EAU DÉPASSE LA MOITIÉ DU DIAMÈTRE DE LA BUSE

On modifie la valeur de la hauteur d'eau :

* hauteur fictive = différence entre le diamètre de la buse et la hauteur d'eau mesurée.

On calcule :

* la surface de la section non remplie d'eau selon le programme ci-dessus.

* la surface totale de la section de buse.

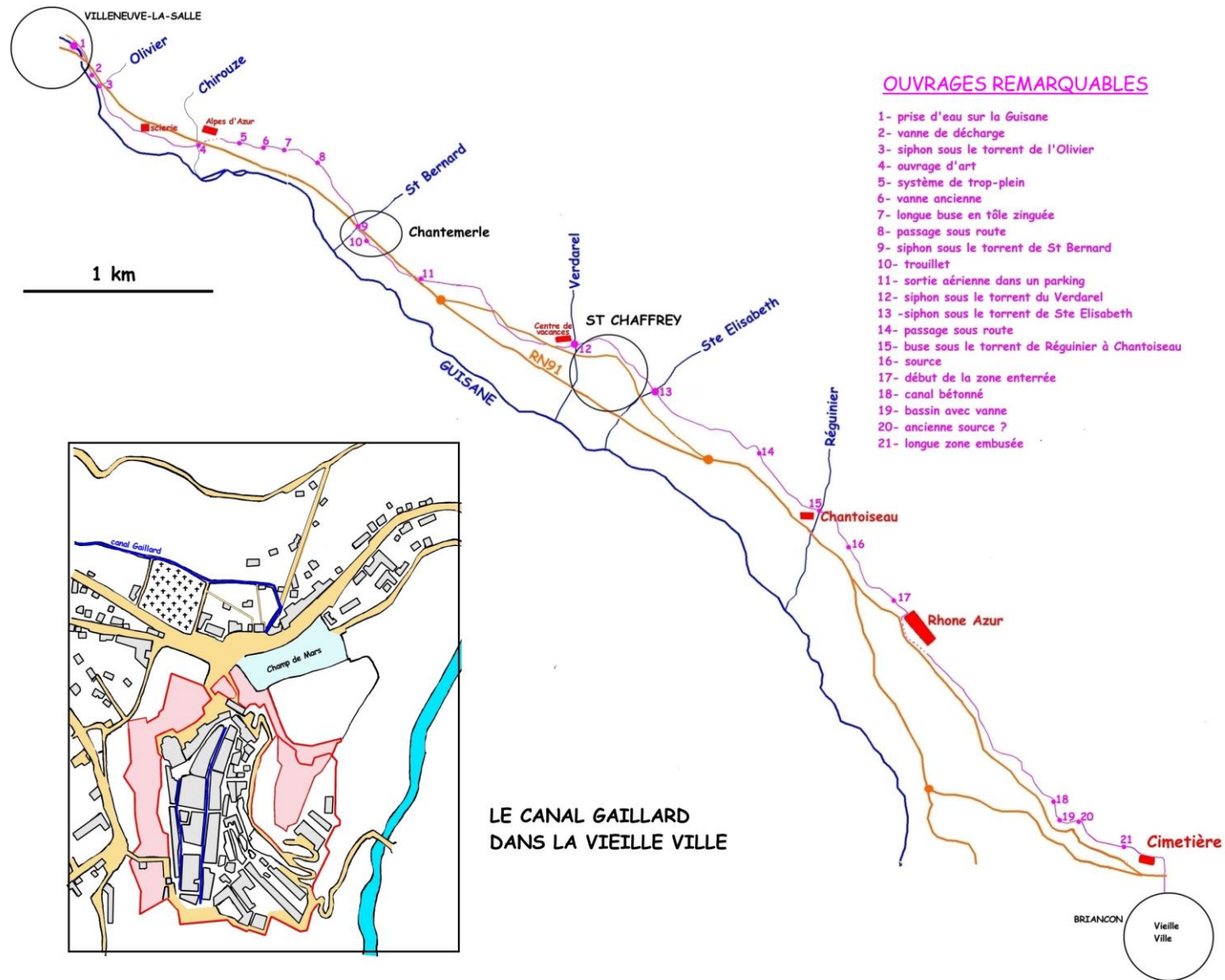
* la différence entre les 2 valeurs.

CALCUL POUR DES TRONÇONS MAÇONNÉS DE SECTION RECTANGULAIRE

Le calcul de la section d'eau est beaucoup plus simple puisqu'il s'agit d'un rectangle

ANNEXE 5 :

LES OUVRAGES SUR LE CANAL GAILLARD



ANNEXE 6 :**RÉSULTATS DES MESURES EFFECTUÉES SUR LE CANAL GAILLARD**

	A	B	C	D
Coordonnées GPS	44.943253 , 6.567688	44.940033 , 6.570048	44.938605 , 6.578760	44.938347 , 6.580986
Type de buse	Rectangulaire	Rectangulaire	Circulaire	Circulaire
Diamètre/Largeur la buse (m)		1,2	0,7	0,8
Hauteur d'eau (m)		0,45	0,34	0,35
Section d'eau (m ²)		0,54	0,17	0,17
Longueur d'eau mesurée (m)		5,6	15	35
Volume d'eau (m ³)		3,024	2,498	6,591
Temps moyen de transit (s)		12	15	30
Vitesse (m/s)		0,47	1,00	1,17
Débit (m ³ /s)		0,25	0,17	0,22
Débit (l/s)	300	252	167	219

ANALYSE DES RESULTATS

Intervalle mesure	AB	BC	CD	DE
Distance entre points	443	996	277	221
Différence de débit	48	85	-52	19
Infiltration l/s/km	108	85	-188	85
Interprétation	Vanne de décharge	prélèvements	Zone humide	Vanne de décharge

E	F	G	H	I	J
44.938108 , 6.582611	44.931820 , 6.591772	44.928651 , 6.603574	44.928469 , 6.605334	44.923836 , 6.613976	44.922104 , 6.616572
Rectangulaire	Circulaire	Circulaire	Circulaire	Circulaire	Circulaire
1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,6
0,25	0,35	0,35	0,25	0,15	0,2
0,25	0,28	0,28	0,2	0,12	0,12
20	7	11	55	3,5	4
5	1,96	3,08	11	0,42	0,48
25	12	12	85	3	5
0,80	0,58	0,92	0,65	1,17	0,80
0,20	0,11	0,11	0,08	0,06	0,06
200	110	106	75	59	57

EF	FG	GH	HI	IJ	JK
1271	1136	300	585	582	512
90	4	31	16	2	28
70	3	103	27	3	54
prélèvements	Infiltrations	prélèvements ?	prélèvements	Infiltrations	prélèvements

K	L	M	N	O	P
44.917369 , 6.623068	44.915774 , 6.625043	44.910603 , 6.630614	44.908931 , 6.631987	44.907913 , 6.633146	44.905770 , 6.636171
Circulaire	Circulaire	Circulaire	Circulaire	Rectangulaire	Rectangulaire
0,7	0,7	0,75	0,6	0,6	0,7
0,2	0,2	0,1	0,13	0,13	0,3
0,14	0,14	0,075	0,078	0,078	0,21
30	30	50	32	10	10
4,2	4,2	3,75	2,496	0,78	2,1
80	90	128	48	22	57
0,38	0,33	0,39	0,67	0,45	0,18
0,03	0,03	0,01	0,02	0,04	0,04
29	26	9,57	24,79	35	38,00

KL	LM	MN	NO	OP	PQ
398	851	185	40	477	550
3	16,43	-15,2	-10,2	-3	13
7	19	-82,1	-255	-6	23
Infiltrations	prélèvements	Amont humide ?	origine ?	origine ?	prélèvement

Q
44.903544 , 6.639408
Circulaire
0,65
0,19
0,1235
29
3,5815
78
0,37
0,03
25,53

ANNEXE 7 :**RÉSULTATS DES MESURES EFFECTUÉES SUR LE CANAL NEUF DE PUY ST PIERRE
EN 2017**

Lettre	n°	Coordonnées	Distance à la prise d'eau (m)	Type	Diamètre/largeur (cm)	hauteur (cm)	longueur (dm)	temps (s)	Débits (l/s)
A	1	44.939749 , 6.568895	0	Circ	80	7,5	350	76	27,5
B	2	44.938123 , 6.570784	235	Circ	78	13,5	70	18	16
C	3	44.936391 , 6.576023	690	Circ	75	19	430	64	49
D	4	44.935311 , 6.580790	1084	Circ	78	15,5	230	37	33,1
F	5	44.931699 , 6.586543	1689	Circ	70	14	850	315	15,7
G	6	44.930088 , 6.588619	1931	Rect	80	7	120	40	3,5
H	7	44.929505 , 6.590016	2059	Circ	80	11	110	42	7,7
I	8	44.926597 , 6.594648	2547	Circ	75	13	120	19	27,7
J	9	44.923388 , 6.601060	3165	Circ	80	19,5	50	39	10,3
K	10	44.922448 , 6.603031	3352	Circ	80	17	57	21	17
L	11	44.916934 , 6.609712	4160	Circ	80	15	220	64	17,5
M	12	44.914671 , 6.613481	4549	Rect	85	11,5	230	35	21
N	13	44.913694 , 6.614722	4695	Circ	100	10	100	15	16,5
O	14	44.912027 , 6.616500	4927	Circ	100	25	300	130	29,3
P	15	44.902138 , 6.622587	6127	Circ	75	20	31	8	30,1
Q	16	44.893388 , 6.623027	7100	Circ	80	20	50	6	67,7
R	17	44,891419 , 6,622018	7333	Circ	56	16	62,5	18,5	16,5
S	18	44.888777 , 6.619777	7676	Circ	67	13,5	62,2	8	31,2
T	19	44.888305 , 6.619277	7742	Circ	67	25,7	480	102	51

Intervalle de mesure	Distance entre points	Différence de débit	Variation en l/s/km
AB	235	-11,5	-49
BC	455	33	72
CD	394	-15,9	-41
DF	605	-17,4	-29
FG	242	-12,2	-51
GH	128	4,2	32
HI	488	20	40
IJ	618	-17,4	-29
JK	187	6,7	35
KL	808	0,5	0
LM	389	3,5	8
MN	146	-4,5	-31
NO	232	12,8	55
OP	1200	0,8	0
PQ	973	37,6	38
QR	233	-51,2	-220
RS	343	14,7	42
ST	66	19,8	300

ANNEXE 8 :**MESURES DE DÉBITS DANS LE CANAL NEUF DE PUY ST PIERRE EN AOÛT 2003****MESURES DE DÉBIT DANS LE CANAL NEUF DE PUY ST PIERRE LE 26 AOÛT 2003**

	Mesure 1	Mesure 2	Mesure 3	Mesure 4	Mesure 5	Mesure 6
lieu						Aval Pramorel
Type de buses	Cyl.	Cyl.	Cyl.	Cyl.	Cyl.	caisson
Diamètre buse (cm) ou largeur	80	80	75	80	80	100
Hauteur d'eau (cm)	17	17	15,5	14,5	16	5
Surface de la section (en dm ²)	7,8	7,8	6,62	6,2	7,2	5
Longueur (en dm)	410	460	203	247	155	270
Volume (en dm ³)	3200	3600	1343	1531	1116	1350
Temps moyen de transit en sec	63	58	62	55	58	40
Vitesse m/sec)	0,65	0,80	0,32	0,43	0,26	0,67
Débit en l/sec	50	61	21	28	19	34

MESURES DE DÉBIT DANS LE CANAL NEUF DE PUY ST PIERRE LE 31 AOÛT 2003**Conditions**

Longue période de sécheresse. Vanne de La Salle ouverte en totalité. Mesure précédente : 26 août.

Numéro du site	1	2	6	9	19	27	30
Type de buses	Cyl.	Cyl.	Cyl. Plast.	Cyl.	Cyl.	Cyl.	cyl
Diamètre buse (cm) ou largeur	80	80	75	80	79	80	80
Hauteur d'eau (cm)	8	12	11	18	9	12,5	21
Surface de la section (en dm ²)	2,6	4,72	4	8,44	3,10	5	10,5
Longueur (en dm)	410	110	460	200	155	51	57
Volume (en dm ³)	1066	520	190	1688	480	254	400
Temps moyen de transit en sec	75	28	33	43	38	43	38
Vitesse m/sec)	0,54	0,39	1,39	0,46	0,40	0,11	0,15
Débit en l/sec	14	18	54	40	12,6	6	15
remarque		Buse bouchée		+++		sédiments	

TABLE DES ILLUSTRATIONS

- * page de couverture : le canal Neuf de Puy St Pierre (photo R. Lestournelle)
- * p.5 : schéma d'une nappe phréatique (document SGMB)
- * p.5 : réserve collinaire de Puy Aillaud (photo c. Monier)
- * p.8 : page de couverture de la publication sur l'irrigation gravitaire
- * p.8 : évolution du niveau d'une nappe phréatique (document SGMB d'après « irrigation gravitaire »)
- * p.9 : répartition de l'eau des canaux (document SGMB d'après « irrigation gravitaire »)
- * p.13 : prise d'eau du canal Gaillard à La Salle (photo R. Lestournelle)
- * p.13 : entrée du canal Gaillard dans la Vieille Ville (photo R. Lestournelle)
- * p.13 : apport du versant dans le canal Gaillard (photo R. Lestournelle)
- * p.14 : graphique des débits dans le canal Gaillard (document SGMB)
- * p.15 : carte des points de mesures dans le canal Gaillard (document SGMB)
- * p.18 : prise d'eau du canal Neuf de Puy St Pierre (photo R. Lestournelle)
- * p.18 : apport du versant dans le canal Neuf de Puy St Pierre (photo R. Lestournelle)
- * p.19 : graphique des débits dans le canal Neuf de Puy St Pierre en 2017 (document SGMB)
- * p.20 : carte géologique simplifiée au-dessus du canal Neuf de Puy St Pierre (document SGMB)
- * p.21 : carte des points de mesures dans le canal Neuf de Puy St Pierre en 2017 (document SGMB)
- * p.22 : niche d'arrachement dans le secteur du Prorel (photo R. Lestournelle)
- * p.22 : glissement rotationnel à Puy St André (photo R. Lestournelle)
- * p.22 : « paquets glissés » dans le secteur du Prorel (photo R. Lestournelle)
- * p.23 : coupe de glissements de terrain dans le secteur du Prorel (photo R. Lestournelle)
- * p. 24 : graphique des débits dans le canal Neuf de Puy St Pierre en 2003 (document SGMB)
- * p.25 : schéma expliquant le glissement de terrain du 24 juillet 1992 (document SGMB)
- * p.26 : carte des points de mesure sur le canal Neuf de Puy St Pierre en 2003 et 2017 (document SGMB)
- * p.30 : différents types de nappes et sources (document SGMB)
- * p.31 : courantomètre (photo R. Lestournelle)
- * p.32 : carte des ouvrages du canal Gaillard (document SGMB)

BIBLIOGRAPHIE

Locale :

- Irrigation Gravitaire (Journée des 14 et 15 septembre 2000). Chambre d'Agriculture PACA
- Les canaux du Briançonnais, Société Géologique et Minière du Briançonnais, Réédition 2013
- Géologie des terrains houillers Société Géologique et Minière du Briançonnais 2007
- Evolution des canaux d'irrigation du Grand Briançonnais, Florian Cibiel 2016
- Les torrents du Briançonnais, Société Géologique et Minière du Briançonnais, 2006
- Carte géologique de Briançon,

Générale :

- Conception et optimisation des réseaux d'irrigation, Bulletin FAO n°44 Septembre 1996
- Premier cours national post-gradué sur l'irrigation, le drainage et la gestion des ressources hydriques, Humberto Pizzaro, 1987

Sites internet :

- Canal Gaillard : <https://canalgaillard.wordpress.com/>
- Géoportail : <https://www.geoportail.gouv.fr>
- Irrigation gravitaire : <https://agronomie.info/fr/irrigation-gravitaire-traditionnelle/>

La Société Géologique et Minière du Briançonnais s'intéresse aux canaux d'irrigation du Briançonnais depuis les années 2000 et notamment sur les conséquences de l'infiltration de l'eau dans le lit de ces canaux à ciel ouvert. On sait en effet que l'eau qui s'infiltré n'est nullement gaspillée ou perdue mais contribue à la recharge des nappes phréatiques. Celles-ci sont à l'origine des sources qui alimentent les cités en eau potable.

Une première étude a été menée sur le canal Neuf de Puy St Pierre en 2003 en versant ubac de la vallée de la Guisane. Cette étude vient être reprise et étendue au canal Gaillard en versant adret de cette même vallée. Les résultats de ces mesures nous ont étonnés :

* Le volume d'eau infiltré dans la nappe phréatique par les 120 km de canaux porteurs du Briançonnais pendant la période d'infiltration du mois de mai au mois de septembre, est **considérable** puisqu'il équivaut à 280 jours de consommation d'eau potable à Briançon. En période de réchauffement climatique et de sécheresse accentuée, cette contribution apparait comme essentielle puisqu'elle participe au stockage d'une eau naturellement épurée.

* En outre, nous avons constaté sur le canal Neuf de Puy St Pierre que les apports en eau des versants sont également très importants et parfois supérieurs au volume d'eau prélevé dans la rivière. De ce point de vue, le canal Neuf de Puy St Pierre effectue une fonction de drainage essentielle à la **stabilité des versants**.

On mesure ici l'importance *écologique* de ces canaux à ciel ouvert qui s'ajoute aux autres atouts de ces canaux en termes de *patrimoine et d'économie touristique*. Il est clair que leur embusage systématique pour des raisons d'économie de main d'œuvre constituerait une perte considérable pour le Briançonnais sur tous ces plans.