

LES
EAUX ÉMERGEANT DES CALCAIRES

AUX ENVIRONS DE MARCHE

PAR

RENÉ D'ANDRIMONT (1)

Ingénieur des Mines. — Ingénieur Géologue.

Professeur de géologie et d'hydrologie à l'Institut agricole de l'État à Gembloux.

Depuis février jusqu'à juillet 1906, j'ai été amené à étudier le régime des eaux émergeant des calcaires du Dévonien moyen aux environs de la ville de Marche.

J'ai ainsi eu l'occasion d'observer les conditions hydrologiques en période de hauts niveaux de la nappe aquifère (février à mai) et en période de bas niveaux (juin-juillet).

Diverses raisons m'avaient empêché de publier les résultats de cette étude, quoiqu'ils fussent assez intéressants, et je m'étais contenté d'en faire une communication verbale à la Société géologique de Belgique au printemps 1907. (*Études hydrologiques sur le terrain et au laboratoire.*)

La communication que notre collègue, M. Putzeys, vient de faire sur le même sujet m'a engagé à mettre au point et à publier aujourd'hui les résultats de mes études de 1906.

Ce travail ne fait que confirmer, en les complétant, les observations de M. Putzeys en ce qui concerne le cas particulier des environs de

(1) Mémoire présenté à la séance du 18 novembre 1908.

Marche, mais je me hâte d'ajouter que je ne puis m'associer aux conclusions de notre collègue lorsqu'il cherche à jeter la suspicion sur les eaux émergeant des calcaires en général.

Il faut distinguer, parmi les calcaires, les calcaires du Dévonien moyen, que l'on rencontre à Marche, et les calcaires carbonifères des bassins du Condroz.

Le calcaire dévonien ne fournit généralement que des eaux de mauvaise qualité parce que ces calcaires sont spécialement solubles et que les cassures élargies par dissolution ne sont généralement pas remplies de résidus de dissolution constituant un filtre suffisant.

Il n'en est pas de même pour tous les terrains calcaires et il existe notamment des bassins ou parties de bassins de calcaires carbonifères, et spécialement certains niveaux géologiques qui peuvent contenir des eaux parfaitement filtrées.

Il faut cependant, avant d'utiliser ces eaux, faire une étude approfondie de tout le bassin alimentaire et rechercher les points faibles dans la couverture filtrante de terrains meubles, faire des expériences de coloration à la fluorescéine partout où la chose est possible, enfin écarter les sources atteintes par la coloration et établir une zone de protection autour des points où le filtre paraît insuffisant.

Les endroits de contamination possible de la nappe sont, dans certains bassins, très peu nombreux, et les eaux qui en émergent peuvent être mises, sans trop de frais, à l'abri des contaminations.

Structure géologique de la région.

La structure est, dans les grandes lignes, celle qui est indiquée par M. Putzeys (voir carte ci-contre). Il convient cependant d'attirer l'attention sur une intercalation de schistes dans le calcaire givétien qui joue, comme nous allons le voir, un rôle au point de vue de la localisation des sources.

Deux ruisseaux aboutissent à Marche : le Bondeau et la Marchette. Tous deux prennent naissance sur les schistes couviniens, disparaissent dans des aiguigeois lorsqu'ils atteignent le calcaire, reparaissent à la rencontre de la couche de schiste intercalée dans le calcaire du Givétien, disparaissent de nouveau dans des aiguigeois au delà de ce seuil et reparaissent enfin au contact des schistes de la Famenne, sur lesquels est bâtie la ville de Marche. Les aiguigeois et les sources sont indiqués sur notre carte.

Expériences à la fluorescéine.

Les expériences de coloration se sont échelonnées entre les mois de février et juillet 1906. Elles ont été plus nombreuses que je ne le renseigne dans cette note. Je n'ai retenu ici que les expériences spécialement intéressantes et je ne renseigne pas les expériences de contrôle ayant fourni des résultats identiques aux premières.

Les prélèvements d'échantillons ont été faits par un personnel de confiance, exerçant une surveillance continue de jour et de nuit. De plus, je prélevais moi-même des échantillons de contrôle.

Je dirai en quelques mots aussi les précautions que j'ai prises pour empêcher que les résultats ne soient faussés.

I. Les quantités de fluorescéine employées ont dépassé largement celles qui auraient pu être considérées comme strictement suffisantes (500 à 1,000 grammes).

II. Pour chacune des expériences, les prises d'échantillons ont été faites plusieurs fois par jour, pendant plusieurs jours; les observations se sont succédé ensuite tous les jours, pendant un temps plus que suffisant, quelquefois même pendant trois semaines ou un mois.

III. Tous les échantillons au sujet desquels un doute pouvait être émis ont été réexaminés au cours d'une seconde séance.

IV. Les échantillons d'eau ont été tenus à l'abri de la lumière.

V. Une goutte d'ammoniaque a été ajoutée à tous les échantillons immédiatement avant d'être soumis à l'examen fluorescopique, afin d'éviter toute possibilité de décoloration par l'acide carbonique.

VI. Les échantillons troubles ont été filtrés.

VII. Eu égard à l'extrême pouvoir colorant de la fluorescéine, il est indispensable de prendre des mesures radicales pour éviter l'introduction de traces de fluorescéine dans les échantillons, au moment du prélèvement, par la personne même qui procède à cette opération.

C'est ce qui arrive lorsque ce sont les mêmes personnes qui procèdent au jet de la matière et au prélèvement.

Afin d'éviter cette cause d'erreur, les jets de fluorescéine ont été faits en ma présence, mais par un ouvrier spécial qui n'avait aucun contact avec moi ni avec les échantillons prélevés ensuite.

Expériences sur le cours du Bondeau.

I. EXPÉRIENCE EN MARS 1906. — L'eau ne parvenait pas à s'engouffrer en totalité dans les aiguigeois et s'écoulait superficiellement jusque Marché.

Lieu du jet : Source C (1).

Poids de fluorescéine employée : 500 grammes.

Durée de la coloration à l'aplomb des aiguigeois : sept heures cinq minutes.

Prélèvement des échantillons aux sources Pavillon, Nérette et Lavoir (sur le cours de la Marchette).

Réapparition de la coloration après cinq heures quarante-cinq minutes aux sources Pavillon et Nérette.

Durée de la coloration dans les sources Pavillon et Nérette : sept heures quarante minutes.

Intensité moyenne de la coloration à l'émergence : $\frac{1}{1000}$ de l'intensité moyenne aux aiguigeois.

II. EXPÉRIENCE EN MARS 1906. — L'eau ne parvenait pas à s'engouffrer totalement dans les aiguigeois et s'écoulait superficiellement jusque Marché.

Lieu du jet : B, à Waha.

Il s'agissait d'établir si l'eau d'un petit ruisseau prenant naissance à Waha ne s'écoulait pas souterrainement vers Marloie.

Poids de fluorescéine employée : 500 grammes.

Durée de coloration à l'aiguigeois en aval de B : cinq heures quinze minutes.

Prélèvements d'échantillons aux sources Pavillon, Nérette et Lavoir et à la source C.

Réapparition de la coloration après cinq heures à la source C.

Durée de coloration à la source C : cinq à six heures.

Intensité moyenne : $\frac{1}{500}$.

L'eau colorée s'engouffrait ensuite dans les aiguigeois et réapparaissait dans les sources Nérette et Pavillon dans des conditions identiques à l'expérience I.

(1) J'emploie le mot « source », malgré qu'il s'agisse de fausses sources, parce que pour moi la source est considérée dans le sens le plus large comme tout *exutoire naturel* d'une nappe, qu'elle provienne en tout ou en partie seulement de la nappe.

III. EXPÉRIENCE DU 14 JUIN 1906. — L'eau était entièrement absorbée par les aiguigeois.

Lieu du jet : source C.

Poids de fluorescéine employée : 300 grammes.

Durée de la coloration aux aiguigeois du Bondeau : quatorze heures quarante-cinq minutes.

Prélèvement des échantillons aux sources Pavillon, Nérette et Lavoir.

Réapparition après trois heures cinquante-cinq minutes aux sources Pavillon et Nérette.

Durée de la coloration à ces sources : seize heures.

Intensité moyenne de la coloration : $70/1000$.

Expériences sur le cours de la Marchette.

I. EXPÉRIENCE EN MARS 1906. — L'eau s'écoulait superficiellement jusqu'aux aiguigeois inférieurs.

Lieux du jet : A. (Champlon.)

Prélèvements d'échantillons aux sources Souûd'l'aiwe, Cuvette, Lavoir, Nérette, Pavillon.

Réapparition successivement au Souûd'l'aiwe et au Lavoir. Rien aux sources Cuvette, Nérette et Pavillon, se trouvant cependant dans des conditions géologiques identiques au Souûd'l'aiwe et au Lavoir.

II. EXPÉRIENCE EN AVRIL 1906. — Mêmes conditions hydrologiques, mêmes résultats.

III. EXPÉRIENCE DU 19 JUIN 1906. — Les eaux se perdaient entièrement dans les aiguigeois en aval de Champlon, réapparaissaient au Souûd'l'aiwe et se perdaient à nouveau dans les aiguigeois inférieurs.

Lieu du jet : A. (Champlon.)

Poids de fluorescéine employé : 300 grammes.

Durée de la coloration aux aiguigeois supérieurs : deux jours.

Prélèvements des échantillons aux sources Cuvette, Souûd'l'aiwe, Lavoir, Nérette, Pavillon.

Réapparition le 26 juin (sept jours après) au Souûd'l'aiwe puis au Lavoir.

Rien aux sources Cuvette, Nérette et Pavillon.

Durée de la coloration au Souûd'l'aiwe : dix jours.

Je n'ai pas pu retrouver dans mes notes certaines données relativement à ces expériences, mais je me rappelle parfaitement que la colo-

ration mettait moins de temps à reparaitre au Soud'l'aive et au Lavoir en périodes de hautes eaux (mars et avril) qu'en périodes de basses eaux (juin).

Autres expériences.

I. *Jet de fluorescéine* au Trouté-aux-Fosses.

Le Trouté-aux-Fosses est une excavation dans le calcaire située sur la rive droite de la Marchette, au fond de laquelle la nappe aquifère vient affleurer.

Jet le 1^{er} juillet à 10 heures du matin.

Poids de fluorescéine employée : 300 grammes.

Prélèvements des échantillons au Soud'l'aive et à la source Cuvette.

Réapparition le 6 juillet, à 6 heures du matin, simultanément dans les deux sources.

II. *Jet de fluorescéine* sur une région du calcaire recouverte de terrain meuble en ouvrant le robinet de vidange du réservoir D, contenant une grande quantité d'eau.

Prélèvements d'échantillons à toutes les sources. Résultats négatifs.

Interprétation des résultats des expériences.

I. La direction suivie souterrainement par l'eau ne correspond pas à la pente du sol.

La pente du sol étant dirigée vers Marloie, l'eau disparaissant dans les aiguigeois en aval du point B (Waha) reparait en C, dans la direction de Marche.

De même les eaux, disparaissant dans les aiguigeois du Bondeau en aval de la source au lieu de réapparaitre au point où la vallée du Bondeau rencontre les schistes frasniens, s'écoulent souterrainement, semblant suivre la direction des couches, et réapparaissent dans la vallée de la Marchette aux sources Nérette et Pavillon.

Un drainage souterrain peut se faire à grande distance parce que l'eau circule dans des cassures largement ouvertes et ne rencontre que peu de résistance à l'écoulement. Pour la même raison, l'étendue du bassin alimentaire d'une source est grande, malgré une dénivellation dans la nappe (1) de peu d'importance.

(1) J'emploie le mot « nappe », quoiqu'il ne s'agisse pas, au sens strict du mot, d'une nappe continue mais plutôt d'une submersion complète des cassures du calcaire jusqu'à un niveau déterminé.

II. Il existe dans une même nappe et à des niveaux différents des circulations d'eau dans deux sens différents. L'eau se dirige du Trouté-aux-Fosses vers la source Cuvette et le Soûd'l'aiwe et des aiguigeois en aval de Champlon vers le Soûd'l'aiwe.

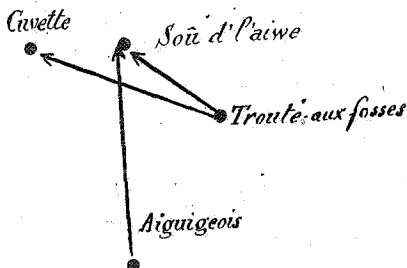


FIG. 1.

J'avais déjà signalé, dans un mémoire précédent (1) et par des expériences de laboratoire, la possibilité de ces circulations en sens inverses.

III. La vitesse de circulation souterraine de l'eau dans le calcaire est plus grande en période de basses eaux qu'en temps de hautes eaux.

Pour le même trajet des aiguigeois du Bondeau aux sources Cuvette et Pavillon, elle met cinq heures quarante-cinq minutes en période de hautes eaux et trois heures cinquante-cinq minutes en période de basses eaux.

On observe le même phénomène pour le trajet des aiguigeois de Champlon au Soûd'l'aiwe.

Pour donner une explication à ce fait, nous rappellerons des expériences que nous avons faites précédemment (voir *ibid.*) et qui démontrent que l'eau circule plus rapidement à la surface d'une nappe qu'en profondeur. Or, on peut considérer comme partie supérieure de la nappe des calcaires l'eau qui circule à la surface en période de hauts niveaux et qui communique avec la nappe par l'intermédiaire des cassures de la roche.

En période de hauts niveaux le réseau des cassures souterraines est entièrement noyé et se trouve à une certaine profondeur par rapport à la surface extérieure de la nappe. Tandis qu'en période de bas niveaux la partie supérieure de la nappe est au niveau des cassures amenant l'eau des aiguigeois vers les sources.

(1) Note préliminaire sur une nouvelle méthode pour étudier expérimentalement l'allure des nappes aquifères dans les terrains perméables en petit. (BULL. DE LA SOC. BELGE DE GÉOL., ETC., t. XIX. 1905, Proc.-verb.)

L'intensité de la coloration à l'émergence est également plus grande en période de bas-niveaux ($\frac{70}{4000}$ en juin, $\frac{4}{4000}$ en mars) pour le Bondeau.

IV. La vitesse de circulation de l'eau dans le calcaire peut être très faible. La coloration a mis sept jours pour aller du Trouté-aux-Fosses au Soud'l'aïwe, c'est-à-dire pour parcourir environ 300 mètres.

Il faut donc continuer pendant très longtemps les prises d'échantillons.

V. Je ne pense pas que l'on ait déjà tenté des expériences de coloration à la fluorescéine en vue d'une détermination quantitative. J'ai, dans le cas présent, cherché à déterminer dans quelle proportion les sources Nérétte et Pavillon étaient alimentées par les aiguigeois du Bondeau.

Nous avons trouvé que cette proportion était de $\frac{4}{4000}$ en mars et de $\frac{70}{4000}$ en juin.

On peut évidemment contester la valeur de ces déterminations, parce qu'elles sont basées sur la non-absorption de la fluorescéine, pendant son parcours souterrain, par une action physique ou chimique quelconque. Cependant, la persistance de la coloration, même très faible, a été observée par les divers expérimentateurs qui ont fait connaître leurs travaux.

Voici, d'ailleurs, comment j'ai procédé. Le raisonnement qui va suivre montre, en tout cas, que, à défaut d'une détermination quantitative rigoureuse, cette méthode permet cependant de savoir, à peu de chose près, dans quelles conditions se fait la circulation souterraine de l'eau dans un cas déterminé.

Supposons un engouffrement, dans le sol, d'une eau superficielle et sa réapparition sous forme de source en un autre point. Quatre cas peuvent se présenter :

1° Communication directe par l'intermédiaire d'un canal étanche ne constituant pas par lui-même un réservoir souterrain de grande capacité. Dans ce cas, la coloration aura une intensité et une durée comparable en *A* et en *S*, c'est-à-dire que *toute l'eau sortant en S provient de l'engouffrement d'eau superficielle en A* (voir fig. 2 ci-contre).

2° Communication par l'intermédiaire d'un canal ou d'un réseau de canaux étanches, mais il existe le long du trajet un réservoir de grande capacité (voir fig. 3 ci-contre).

Ce réservoir de grande capacité peut ne pas être un vide d'un seul tenant, mais un réseau de fissures communicantes.

Dans ce cas, la matière colorante se diluant dans une masse d'eau considérable, l'intensité de la coloration en S sera moins grande qu'en A. La durée de la coloration sera plus grande en S qu'en A. (Cas du Soûd'l'aiwe.) La coloration aux aiguigeois de Champlon perdure deux jours, la coloration du Soûd'l'aiwe perdure dix jours.

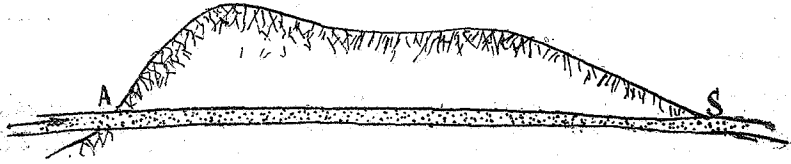


FIG. 2.

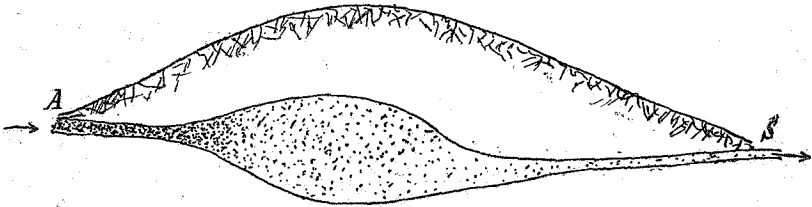


FIG. 3.

3° Communication par l'intermédiaire d'un canal ou d'un réseau de canaux qui, outre l'eau s'engouffrant en A, reçoivent en route des eaux provenant directement de l'infiltration des eaux de pluie. Les choses se passent, dans ce cas, comme si un cours d'eau coloré recevait de l'eau d'affluents non colorés.

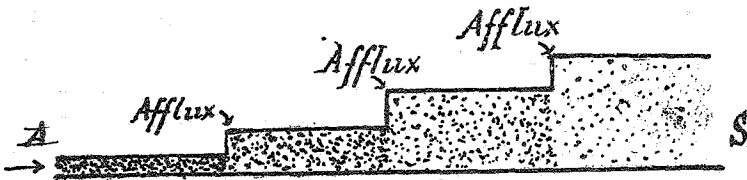


FIG. 4.

L'épaisseur du trait dans la figure représente le cube débité; ce cube augmente en aval de chaque affluent.

Il est aisé de comprendre que dans ce cas la coloration peut avoir une durée comparable en A et en S, si le canal est suffisant pour débiter

toute l'eau reçue, mais que la matière colorante étant successivement diluée dans un plus grand cube d'eau, l'intensité de la coloration sera moins forte en S qu'en A .

4^e Un quatrième cas, qui est le plus général dans la nature, c'est celui où les choses se passent comme dans le troisième cas, mais avec cette circonstance en plus que, au lieu de voir l'eau sortir du sol par une seule source, elle en sort par plusieurs sources S, S', S'' .

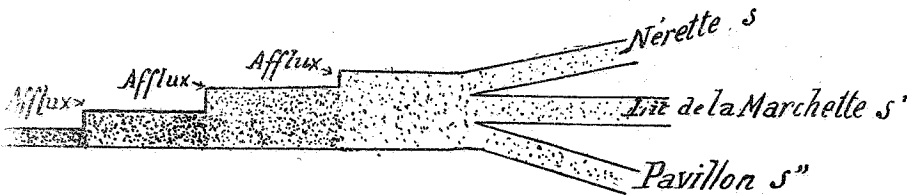


FIG. 5.

Dans ce cas encore, la durée de la coloration sera comparable en A en S, S', S'' , mais l'intensité sera beaucoup moins forte. Ceci semble être le cas des sources Nérette et Pavillon s'alimentant en partie aux aiguigeois du Bondeau.

En résumé, il est donc facile, en comparant l'intensité et la durée de la coloration à l'entrée et à la sortie, de se rendre compte si ou les sources S doivent toute leur eau à l'engouffrement A .

Dans ce cas, ou bien la coloration aura la même intensité et la même durée en S qu'en A (1^{er} cas), ou bien la durée sera plus grande et l'intensité de coloration sera moins forte en proportion (2^e cas).

Dans le troisième cas, au contraire, une partie seulement de l'eau débitée par la source S proviendra de l'engouffrement A .

Voici comment j'ai procédé pour faire ces déterminations : j'ai mesuré le temps pendant lequel perdurait la coloration aux aiguigeois et le temps que perdurait la coloration à l'émergence.

Quant à l'intensité de la coloration, aux divers moments, aux aiguigeois et à l'émergence, on peut la mesurer sur des échantillons prélevés à des intervalles assez rapprochés et la représenter sur un diagramme dont les abscisses sont proportionnelles au temps et les ordonnées proportionnelles à l'intensité de la coloration.

On peut surfacier ces diagrammes ainsi obtenus aux aiguigeois et à l'émergence et comparer entre elles ces surfaces.

En effet, pour obtenir une détermination quantitative, il faut multiplier le temps qu'a perduré la coloration à l'aiguigeois (t) et à l'émer-

gence (T) par l'intensité moyenne déterminée aux mêmes endroits (I et i).

La proportion pour laquelle l'eau absorbée à l'aiguigeois contribue à alimenter le débit à l'émergence est de

$$\frac{T \times i \text{ (à l'émergence = source)}}{t \times I \text{ (à l'aiguigeois)}}$$

VI. Un jet de fluorescéine fait au-dessus d'un filtre de terrain perméable en petit n'a donné aucun résultat.