

Résumé des résultats de recherches sur le bassin de l'Hallue

(P.) de La Quèrièrè

1. ORGANISME GESTIONNAIRE

Bureau de Recherches Géologiques et Minières.

2. THÈME DE RECHERCHES

Les études effectuées sur le bassin de l'Hallue poursuivent un double but :

— D'une part, une meilleure connaissance des mécanismes d'alimentation de l'aquifère pour la prévision d'exploitation dans la gestion des nappes d'eau souterraines ;

— D'autre part, l'extension de ces données à l'ensemble de la nappe de la craie qui couvre le vingtième de la surface de la France.

Ces deux thèmes ont finalement pour conséquence l'amélioration constante des moyens de traitement des données et de leur application à des réseaux d'observation des nappes d'eau souterraine plus étendus et moins détaillés. Ces traitements doivent donc être fiables, souples, rapides et économiques.

3. DESCRIPTION DU BASSIN

3.1. CARACTÈRES

3.1.1. *Situation*

Picardie, affluent de la rive droite de la Somme, 10 km en amont d'Amiens.

3.1.2. *Caractères géomorphologiques*

Forme triangulaire.

Superficie : 219 km².

Compacité : 1,46.

Indice de pente : 0,069.

Altitude maximale : 160 m ; minimale : 27 m.

Densité de drainage : 0,068.

Longueur du cours d'eau pérenne, 15 km (année normale).

Pente moyenne : 2,4/1 000.

3.1.3. *Caractères climatiques*

Climat type océanique.

Hauteur de pluie annuelle : 740 mm (5 ans).

Température annuelle : 10°3.

Evaporation (Piche) annuelle : 550 à 650 mm.

Hygrométrie : 80%.

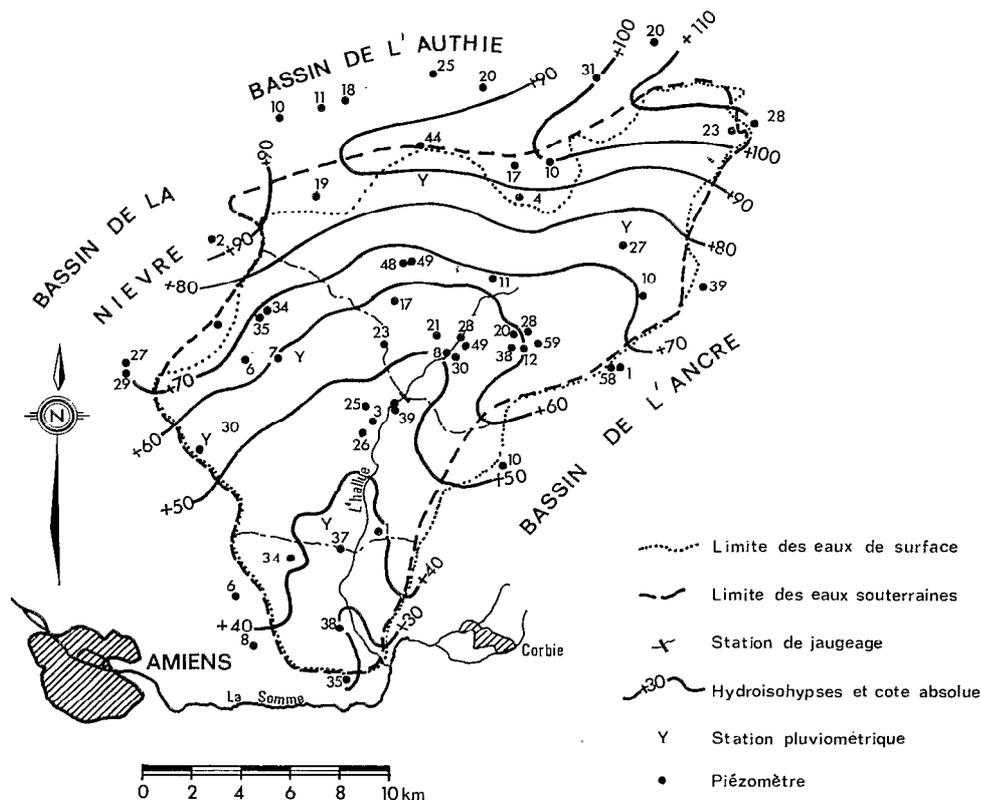
Insolation : 1 500 à 1 700 h/an.

Vent secteur ouest prédominant ; vitesse moyenne : 2,5 à 3 m/s.

3.1.4. Caractères de milieu

— Limons de plateaux (2 m d'épaisseur) et formation résiduelle à silex sur craie du Sénonien et du Turonien.
— Activité agricole, cultures (betteraves, céréales) et prairies sur 195 km², bois (feuillus) sur 14 km², surface habitée : 6 km².

— Nappe de la craie contenue dans le Sénonien et le Turonien supérieur épais de 40 m (vallée), à 100 m (plateaux) considéré comme milieu poreux. La nappe est unique, alimentée par les pluies et drainée par les vallées sèches et la rivière ; ses limites (crête piézométrique) correspondent approximativement aux limites topographiques et son exutoire est celui du cours d'eau. Son épaisseur moyenne est de 35 m environ et sa profondeur pratiquement nulle dans la vallée, atteint 50 m sous les plateaux. Elle soutient la rivière dont elle régularise les écoulements (débit moyen annuel sur sept ans, 1,5 m³/s). Les fluctuations du niveau piézométrique varient de 0,50 m dans la vallée, de 0 à 5 m à proximité de celle-ci et des limites et de 5 à 7 m dans la partie médiane du bassin.



Bassin de l'Hallue
Hydroisohypses de la nappe de la craie

3.2. DISPOSITIFS DE MESURE

3.2.1. Climatologie

- 10 pluviomètres à relevés journaliers de 1966 à 1970, hebdomadaires ensuite.
- 2 parcs simplifiés (pluviographe, thermo-baro-hygrographe, 1 anémomètre et 1 évaporomètre de Piche).
- 1 parc complet au centre du bassin avec les mêmes appareils que précédemment, mais équipés d'un anémomètre enregistreur, d'un héliographe et d'un bac d'évaporation.

3.2.2. Hydrologie

- 5 seuils minces ou épais équipés de limnigraphes dont 4 sur le cours permanent de la rivière.

3.2.3. Hydrogéologie

- 60 puits fermiers ou forages servant de piézomètres choisis parmi 200 points dont 7 équipés de limni-graphes, mesures manuelles bimensuelles à bimestrielles.
- Jaugeage binannuel de 10 sources principales (hautes et basses eaux).

4. PRINCIPALES PUBLICATIONS

- LA QUERIERE (de) (P.), ROUX (J.-C.) – 1969 – Validité des jaugeages périodiques pour le calcul des lames d'eau annuelles et mensuelles dans les bassins crayeux de Picardie. Mémoires du BRGM, n° 76.
- LA QUERIERE (de) (P.) – nov.-déc. 1970 – *Bull. Société linnéenne*, 3^e sem., n° 1.
- CANCEIL (M.) – déc. 1972 – International symposium on incertainties in hydrologic and water resources systems. University Tucson Arizona (USA).
Rationalisation des mesures piézométriques à l'aide de technique d'analyse multivariante.

5. RÉSULTATS OBTENUS

5.1. Les observations montrent l'étroite relation de la rivière et de la nappe, l'effet tampon de celle-ci sur la variabilité des événements pluvieux.

5.2. Les informations traitées sont les données de pluie, de température, de débit et de niveaux piézométriques, elles sont relatives à une période de 5 ans (1966 à 1970).

5.3. Les procédés de traitement utilisés sont les suivants :

- Un modèle mathématique DRTRA (direct en régime transitoire) calé sur les informations piézométriques et de débit (assisté d'un calcul automatique de la formule de Thornthwaite et du modèle Méro);
- Une déconvolution (G. de MARSILY, ENSMP) pour déterminer la fonction de transfert pluie-débit;
- Une analyse statistique sur les données pluie et niveaux de nappe cherchant, d'une part, à dégrossir le problème et à les réduire (optimisation), d'autre part, pour alléger le coût de leur acquisition et de leur traitement.

5.4. RÉSULTATS OBTENUS

5.4.1. Modèle mathématique DRTRA

C'est un programme général simulant un écoulement bidimensionnel d'une nappe en régime transitoire, assimilation acceptable étant donné la faible amplitude des fluctuations en regard de l'épaisseur de la nappe. Le domaine est considéré comme une cuvette aux parois imperméables et la cote topographique du sol est imposée comme une borne aux variations piézométriques. La lame d'eau infiltrée a été calculée par les méthodes de Thornthwaite et de Méro. Les paramètres hydrodynamiques (T et S) ont été répartis suivant des pompages d'essai dans des zones analogues car aucune opération de ce type n'a pu être effectuée sur le bassin.

Le modèle a été calé sur la période 1966-1967 et on a simulé l'écoulement de 1967 à 1970. La réponse est satisfaisante pour la reconstitution des débits (excepté la période de hautes eaux de 1970) et la piézométrie globale; la restitution des historiques piézométriques locaux sur une longue période n'est pas satisfaisante quant à l'amplitude des fluctuations mais les périodes de hautes eaux et d'étiage correspondent assez bien. Enfin, l'emploi de la méthode de Méro améliore les ajustements comparativement à ceux fournis par Thornthwaite.

La simulation a été représentative de l'écoulement d'ensemble à 15% près, précision satisfaisante pour le choix d'un régime d'exploitation de la nappe, et méthode économique pour l'évaluation des paramètres hydrodynamiques par rapport aux mesures *in situ*.

5.4.2. Déconvolution

Il s'agit de déterminer la fonction de transfert θ qui existe entre la hauteur de pluie et le débit de la rivière; ce qui revient à caler la meilleure fonction θ représentant de façon approchée la relation pluie-débit.

$$S(t) = \int_{-\infty}^t E(\xi) \theta(t - \xi) d\xi$$

S = débit E = pluie

On minimise la somme des carrés des écarts entre la sortie S et le produit de convolution $\theta \times E$:

$$\text{Min} \sum_{y=y_{\min}}^{y'=y_{\max}} \left[S(y) - \sum_{i=y-n}^i E(i) \varphi(y-i) \right]^2.$$

Les meilleurs ajustements sont obtenus avec les méthodes d'évaluation de l'évapotranspiration de Turc et de Thornthwaite en prenant en compte une réserve facilement utilisable nulle. Le modèle Méro donne une fonction de transfert très satisfaisante et un ajustement légèrement moins bon, cependant satisfaisant ; par contre, il reproduit mieux les débits de l'étiage 1969.

Quelques opérations supplémentaires ont été effectuées : groupage des pluviomètres (meilleur ajustement avec un seul P 6 situé au centre du bassin à Contay). La réduction de l'unité de temps (de 10 à 5 jours) améliore l'ajustement, mais le progrès ne justifie pas l'augmentation du temps de calcul. La désaisonnalisation des données n'a pas donné de résultats convaincants.

Pour utiliser cette méthode de déconvolution, il apparaît nécessaire de posséder deux axes de mesure de débit et trois axes de pluie. Tous les calculs ont montré qu'à partir de mars ou avril, les pluies n'influencent plus le débit. On peut donc après avoir calé θ prédire le débit jusqu'à la fin de l'été ; cette prévision d'ailleurs pessimiste, permet de fournir une estimation du débit minimum garanti de l'exutoire. Sur 4 ans (1967 à 1970) la prévision est excellente pour 1967, assez bonne mais pessimiste pour deux années (1968 et 1970), trop pessimiste en 1969.

5.4.3. Analyse statistique des données de pluie et de niveaux de nappe

5.4.3.1. Données pluie

Les informations ont été traitées par un programme d'analyse factorielle des correspondances. Les informations journalières ne présentent pas de redondance significative dans l'espace et une réduction importante du réseau aura pour conséquence une perte d'information substantielle. Par contre, la redondance entre pluviomètres à l'échelle mensuelle est beaucoup plus forte que précédemment. Finalement pour le traitement du domaine saturé, étant donné l'effet tampon du réservoir, l'information mensuelle bien autocorrélée spatialement supporte une réduction des points d'observation. Par contre, si l'on veut traiter le domaine non saturé, il semble nécessaire, étant donné la diversification des informations, de garder une information journalière aussi riche que possible spatialement parlant.

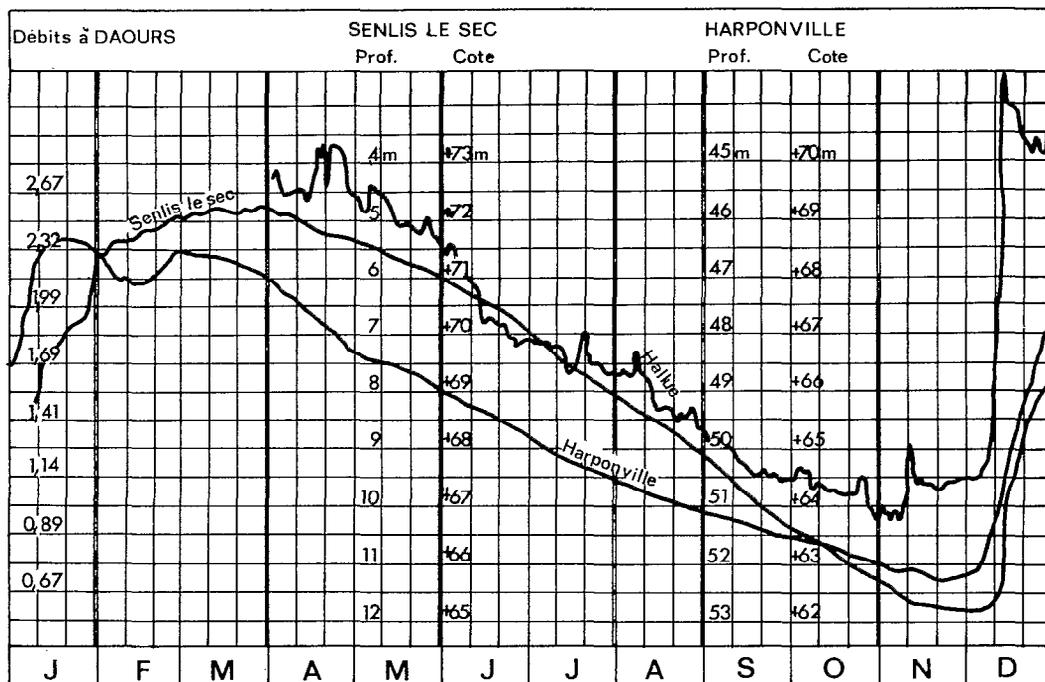
5.4.3.2. Données niveaux

Les données très structurées ont été traitées par un programme de l'analyse en composantes principales. L'information piézométrique peut être considérée comme un scalaire, elle est fortement autocorrélée. Il est possible de reconstituer globalement un mois de mesure et on peut construire un modèle de reconstitution de mesures (optimisation du réseau) simple et robuste donnant pour 95% des observations, une prévision des niveaux à 60 cm près.

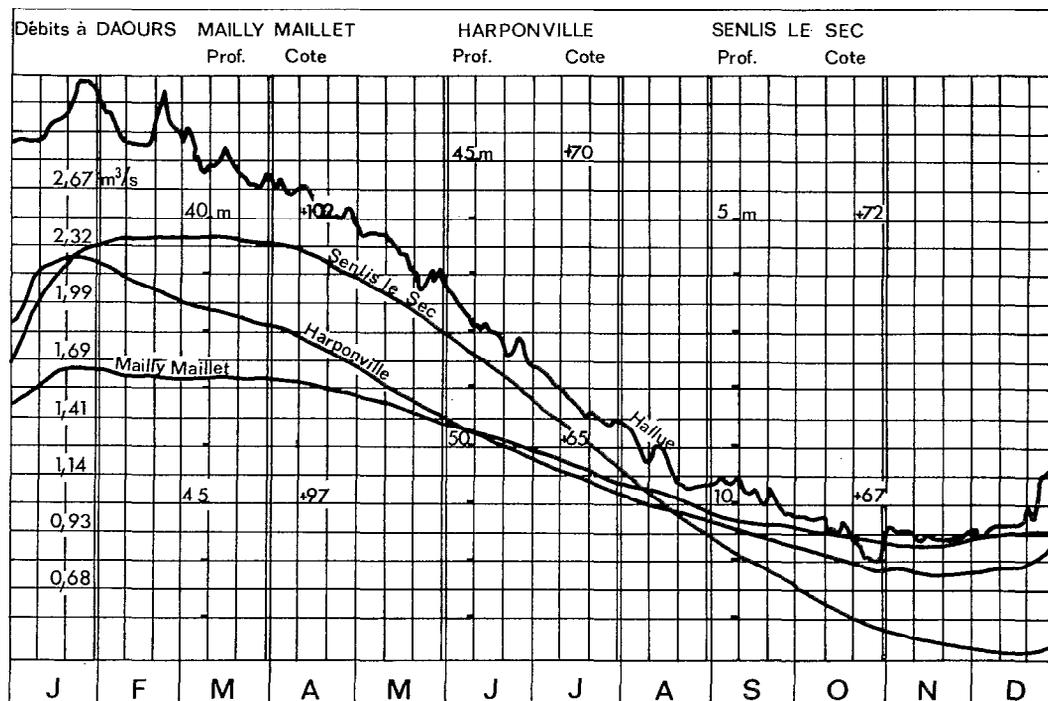
6. CONCLUSIONS

L'étude du bassin de l'Hallue a permis de prévoir les relations pluie-débit-nappe. Le modèle DRTRA permet de simuler les écoulements dans les bassins de craie à 15% près (en l'absence d'une connaissance précise des paramètres hydrodynamiques) et de choisir un régime d'exploitation de la nappe. La déconvolution permet une prévision des débits à court et moyen terme. L'étude statistique des données pluviométriques et piézométriques permet d'optimiser le réseau de mesures (à l'échelle mensuelle suffisante pour traiter le domaine saturé). On dispose donc d'outils suffisamment efficaces pour amorcer la gestion d'aquifères morcelés en bassins considérés comme naturellement indépendants (cas de la Picardie et de la Normandie).

Mont-Saint-Aignan, le 30 octobre 1973.



Hydrogramme de l'Hallue à Daours et fluctuation de la nappe (année 1966)



Hydrogramme de l'Hallue et fluctuation de la nappe (année 1967)