

# Contribution à l'étude de la corrélation entre les précipitations, les débits de sources et les niveaux de nappe dans le bassin amont de la Seine

A contribution to investigations  
on correlating precipitations, source discharges  
and ground water levels in the upper Seine basin

PAR P. KOCH

INSPECTEUR GÉNÉRAL DES PONTS ET CHAUSSÉES  
DIRECTEUR TECHNIQUE DES EAUX ET DE L'ASSAINISSEMENT A LA PRÉFECTURE DE LA SEINE,  
PROFESSEUR D'HYDROLOGIE A L'ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES.

*Les crues de l'hiver 1954-55 sur la plupart des bassins français ont conduit tout naturellement à rechercher leur corrélation avec les précipitations survenues au cours des périodes qui les ont précédées. Il est apparu qu'il serait intéressant d'étendre cette recherche aux niveaux de nappes souterraines, dans le bassin de la Seine en particulier. Malgré la pauvreté relative des observations dont on dispose à cet égard, la présente communication s'est efforcée de dégager les enseignements qu'il apparaissait comme possible d'en tirer avec une portée susceptible d'ailleurs de dépasser le cadre des circonstances récentes.*

*The floods affecting most of the French river basins during the winter of 1954-55 led quite naturally to an attempt to correlate them with the rainfall during the periods which preceded them. An extension of this research to include the ground water levels appeared to be promising, in the Seine basin in particular. Although the observations available on this subject are largely inadequate, an attempt is made in this paper to extract useful information from them. The usefulness of this information might extend beyond the scope of the recent occurrences.*

## CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

La Ville de Paris recourt, pour une partie essentielle de son alimentation en eau potable, à un ensemble de sources situées dans le bassin supérieur de la Seine (\*).

Il a paru intéressant de rechercher les corrélations susceptibles d'exister entre le débit de ces sources et l'importance des précipitations sur les bassins d'alimentation correspondants, en particulier au cours de l'hiver 1954-55 où se sont produites des crues importantes dans les bassins supérieurs de la Seine et de la Marne, non sans répercussion sur la région parisienne.

A la suite d'une première étude A, dirigée dans ce sens, on établira, au cours d'une seconde étude B, des rapprochements sur le même plan

(\*) Sans préjudice des sources de l'Avre en Normandie, dont il ne sera pas question dans la présente étude en raison de leur situation géographique très à l'aval de la région parisienne.

avec d'autres hivers caractéristiques depuis le début du siècle.

Enfin, dans une troisième étude C, on tentera d'étendre le problème en considérant le niveau

des nappes, qui présenterait évidemment un intérêt particulier comme représentatif de la fluctuation des eaux souterraines par comparaison avec celle des eaux de surface.

### A. — ÉTUDE DU DÉBIT DES SOURCES AU COURS DE L'HIVER 1954-55

On discerne, parmi les sources mises à contribution par la Ville de Paris dans le bassin amont de la Seine, trois groupes principaux, à savoir :

- Celui de la Vanne, dans lequel on peut distinguer les sources « hautes », les « sources « basses », et auquel on peut rattacher dans une certaine mesure les sources de Cochepies;
- Celui du Loing, dans lequel on peut distinguer les sources de la vallée du Loing proprement dites et les sources de la vallée du Lunain;
- Celui de la Voulzie, dans lequel on peut distinguer les sources de la Voulzie proprement dites, les sources du Durteint et les sources du Dragon.

On résumera les indications du *graphique n° 1* en observant une hausse générale des sources au début de l'année 1955 :

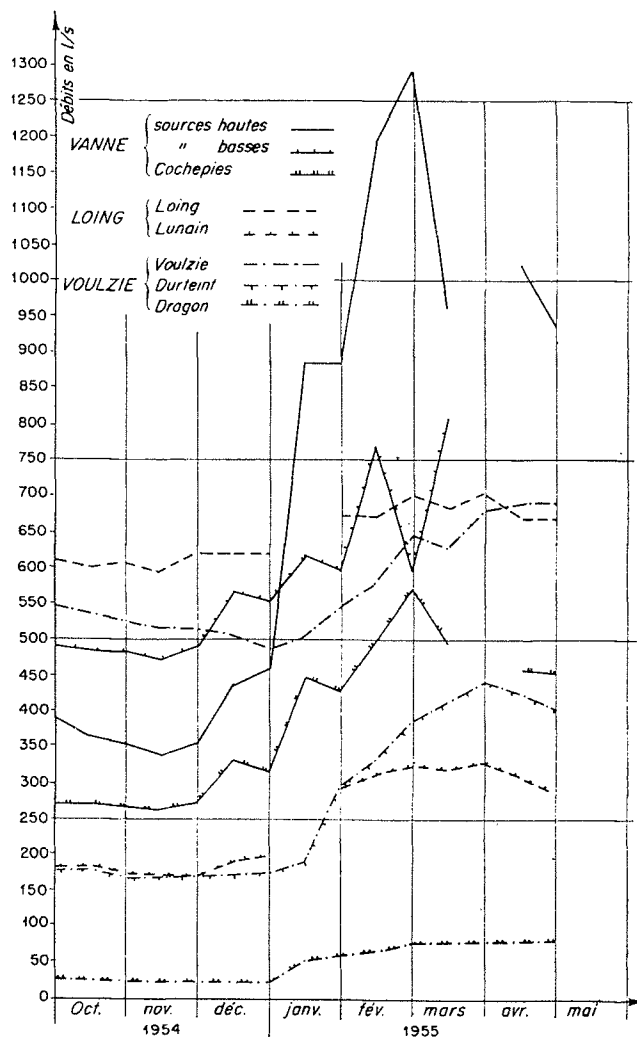
- Particulièrement accusée en janvier et février pour la Vanne Haute et, à un moindre degré, pour Cochepies (du même groupe);
- Particulièrement prolongée pour la Voulzie et pour le Durteint (du même groupe), jusqu'en fin avril pour la première et jusqu'en fin mars pour la seconde;
- Encore sensible, mais limitée au mois de janvier pour le Lunain (du groupe Loing-Lunain) et à deux pointes en février et mars pour la Vanne Basse;
- Plus estompée pour le Loing (du groupe Loing-Lunain) et pour le Dragon (du groupe Voulzie).

Si, indépendamment de la durée (dont l'importance ne saurait d'ailleurs être sous-estimée), on opère un classement d'après les maxima atteints en valeur relative, on aboutit aux constatations suivantes :

- 1° Vanne (sources hautes), maximum fin février 1955 égal à 3,8 fois le minimum de l'année 1954;
- 2° Durteint, max. fin mars 1955 égal à 2,6 fois le min. 1954;

3° Cochepies, max. fin février 1955 égal à 2,2 fois le min. 1954;

4° Lunain, max. fin mars égal à 1,93 fois le min. 1954;



GRAPHIQUE 1

Débits partiels des sources  
(jaugeages bi-mensuels).

5° Vanne (sources basses), max. vers le 15 mars 1955 égal à 1,73 fois le min. 1954;

6° Voulzie, max. fin avril 1955 égal à 1,42 fois le min. 1954;

7° Loing, max. fin mars 1955 égal à 1,15 fois le min. 1954.

On retiendra essentiellement de cette première étude que le contrecoup des précipitations paraît se manifester le plus directement sur les sources du groupe Vanne, considérées

dans leur ensemble, assez nettement encore — quoique avec une hystérèse plus marquée — sur celles du groupe Voulzie, et par contre d'une manière beaucoup plus lâche sur celles du groupe Loing-Lunain. On va voir comment cette conclusion a orienté la manière de poser le problème dans le cadre de l'étude B ci-après.

## B. — CONFRONTATION DES MAXIMA OBSERVÉS SUR LE DÉBIT GLOBAL DES SOURCES AU COURS DE CINQ HIVERS CARACTÉRISTIQUES (\*) DEPUIS LE DÉBUT DU SIÈCLE.

Pour les raisons relevées au cours de l'étude A, on a limité les comparaisons d'abord à l'ensemble des sources de la Vanne (étude B 1), puis à l'ensemble des sources de la Voulzie (étude B 2).

En ce qui concerne l'importance des précipitations, on a retenu les quatre stations de Troyes, Sens, Provins et Nemours pour lesquelles il a été possible de compléter la période 1954-55 par des observations relatives à 1944 et par d'autres relatives à la période 1930-31.

Afin de ne pas surcharger la présentation, on ne produira pas les graphiques correspondants, d'ailleurs incomplets. On se contentera de souligner ici que l'importance globale des relevés de l'hiver 1954-55 ne vient qu'en troisième position, après ceux de l'hiver 1930-31 et ensuite de l'hiver 1954-55. Comme on ne possède pas les relevés correspondants pour les hivers antérieurs 1909-10 et 1922-23, on en sera quitte à formuler des hypothèses revenant à admettre *a priori* l'existence d'une corrélation entre le volume des précipitations et le débit global des sources dans le cadre de chacun des deux bassins considérés.

### B<sup>1</sup>) GROUPE DE LA VANNE.

*Hiver 1909-10.* — Absence de renseignements pluviométriques (mais vraisemblablement valeur maximum des précipitations sur le bassin de la Vanne).

Hausse prolongée du débit des sources d'octobre 1909 à janvier 1910, accélération progressive, et *pointe extrême en fin janvier* (débit égal à 2,21 fois le débit minimum de l'année 1909) suivie d'une baisse assez prononcée jusqu'en fin avril.

(\*) A noter que les cinq hivers caractéristiques, qui ont été choisis comme correspondant aux maxima observés sur les débits sourciers dont il sera question ci-après, ne coïncident pas exactement avec ceux que l'on aurait retenus d'après la considération des maxima de débits fluviaux.

*Hiver 1930-31.* — Maximum des précipitations observées sur les quatre stations ci-dessus définies (vraisemblablement en deuxième position par rapport à la valeur de 1909-10).

Hausse prolongée du débit des sources en octobre et novembre 1930, à partir d'un point de départ déjà élevé en fin septembre, et *persistance de forts débits*, quoique avec quelques oscillations, *de décembre 1930 à mars 1931 inclus*, avec un maximum en mi-mars de peu inférieur à celui de l'hiver 1909-10, mais supérieur à la courte pointe de l'hiver 1944-45 (dont il sera question plus loin) : 1,66 fois le débit minimum de fin septembre 1930.

*Hiver 1944-45.* — Importance des précipitations observées en deuxième position (vraisemblablement en troisième position si l'on tenait compte de l'hiver 1909-10).

Hausse marquée, mais irrégulière, du débit des sources à partir de fin octobre (point de départ légèrement inférieur à celui de fin septembre 1909) avec une première pointe en mi-décembre 1944, puis à partir de mi-janvier 1945, et un maximum très accusé en mi-février 1945 (2,21 fois le débit minimum de fin septembre 1944).

*Hiver 1954-55.* — Importance des précipitations observées en troisième position (vraisemblablement en quatrième position si l'on tenait compte de l'hiver 1909-10).

Deux fortes hausses à allure record du débit des sources, de fin décembre 1954 au 15 janvier 1955, puis à partir de fin janvier avec pointe prolongée sur la seconde quinzaine de février, en quatrième position (débit 2,5 fois supérieur au minimum d'octobre-novembre 1954).

*Hiver 1922-23.* — Absence de renseignements pluviométriques sur les quatre stations ci-dessus définies (importance des précipitations vraisemblablement en cinquième position).

Deux hausses successives de débit des sources, du 15 décembre 1922 au 15 janvier 1923, puis à partir du 15 février, avec une pointe au 15 mars 1923 en cinquième position, mais très proche de celle du 15 février 1955.

REMARQUES. — Les observations des cinq hivers caractéristiques semblent confirmer le fait que le débit global des sources de la Vanne suit avec un décalage limité l'importance des précipitations.

Au point de vue de la comparaison des cinq hivers entre eux, celui de 1909-10, qui a correspondu aux inondations catastrophiques de la région parisienne, paraît bien avoir donné le maximum des précipitations sur le bassin de la Vanne et a provoqué en tout cas un maximum très prononcé sur le débit global des sources correspondantes.

Quant à l'hiver 1954-55, il vient en quatrième position pour le débit des sources et sans doute pour l'importance des précipitations dans le cadre de ce même bassin.

## B<sup>2</sup>) GROUPE DE LA VOULZIE.

*Hiver 1930-31.* — Maximum des précipitations observées sur les quatre stations ci-dessus définies.

Hausse prolongée du débit des sources de fin octobre 1930 à fin février 1931, avec une *pointe en première position très marquée* (voisine de deux fois le débit de fin septembre correspondant au minimum de 1930).

*Hiver 1944-45.* — Importance des précipitations observées en deuxième position.

Hausse prolongée du débit des sources de fin octobre 1944 à fin février 1945, selon une allure comparable à celle de l'hiver 1930-31, mais avec un décalage très net en importance. Maximum sensiblement prolongé d'ailleurs sur mars 1945, 2,38 fois supérieur au débit d'octobre (minimum de 1944).

*Hiver 1909-10.* — Absence de renseignements pluviométriques (hypothèse d'une importance en troisième position sur le bassin de la Voulzie en particulier).

Hausse prolongée du débit des sources à partir de fin novembre 1909, et plus accusée à partir de mi-janvier 1910, avec une pointe pour mi-mars en troisième position (mais très proche des valeurs atteintes en mars 1945).

*Hiver 1922-23.* — Absence de renseignements pluviométriques (hypothèse d'une importance en quatrième position sur le bassin de la Voulzie en particulier).

Hausse prolongée du débit des sources du 15 décembre 1922 à fin mars 1923, avec un maximum, sensiblement prolongé d'ailleurs sur avril 1923, en quatrième position : 2,13 fois le débit antérieur au 15 décembre (minimum de 1922).

*Hiver 1954-55.* — Importance des précipitations observées en troisième position (hypothèse d'une cinquième position si l'on tenait compte des hivers 1909-10 et 1922-23).

Hausse du débit des sources pendant le premier trimestre 1955, mais avec un départ tardif en fin décembre 1954; le maximum, sensiblement prolongé d'ailleurs sur avril 1955, n'a pas dépassé 1,71 fois la valeur de fin d'année (minimum de 1954), se situant dès lors en cinquième position très marquée.

REMARQUES. — Les observations des cinq hivers caractéristiques semblent confirmer le fait que le débit global des sources de la Voulzie suit assez bien l'importance des précipitations, quoique avec une hystérèse plus marquée que pour les sources de la Vanne.

Au point de vue de la comparaison des cinq hivers entre eux, le maximum des débits et peut-être des précipitations a été atteint en 1930-31, l'hiver de 1909-10 ne vient qu'en troisième position (au moins pour le débit global des sources) et l'hiver 1954-55 en cinquième position.

## C. — RECHERCHES DE CORRÉLATIONS ENTRE LES PRÉCIPITATIONS ATMOSPHÉRIQUES, LES DÉBITS DES SOURCES ET LES NIVEAUX DE LA NAPPE ENTRE LES ANNÉES 1944 ET 1955.

NIVEAUX DE LA NAPPE. — L'observation directe des fluctuations accusées par le niveau des nappes souterraines, qui présenterait un intérêt propre, se trouve gênée par l'absence de campagnes de relevés systématiques à leur égard dans le cadre du bassin de la Seine.

On a toutefois pu se procurer, grâce à la complaisance du Service des barrages-réservoirs, les

observations poursuivies par le Service des Ponts et Chaussées de l'Aube depuis 1926 sur les puits forés dans la craie de la Champagne pouilleuse au lieu dit la Folie-Godot, à une dizaine de kilomètres au nord d'Arcis-sur-Aube, un peu au sud du camp de Mailly.

En les rapprochant des relevés hydrométriques de la Marne à Châlons-sur-Marne et de la Seine

à Nogent-sur-Seine, on a reconnu que la nappe rencontrée par les puits suit de manière relativement étroite les variations des niveaux fluviaux, quoique évidemment avec une plus large amplitude. On peut dès lors admettre que ces puits constituent un indicateur témoin de l'emmagasinement des eaux météoriques dans les diaclases de la craie.

Sans doute l'assise des puits en question ne représente pas exactement les terrains d'infiltration du bassin de la Vanne, et moins encore ceux de la Voulzie. Toutefois la faible étendue de la zone intéressée, laquelle n'englobe guère que la région comprise entre le Loing et la Vanne, permet d'admettre une certaine correspondance que

les conclusions de la présente étude tendront d'ailleurs à confirmer.

**RELEVÉS PLUVIOMÉTRIQUES.** — On a pu compléter pour la période 1945-54 les renseignements relatifs aux précipitations en prenant la moyenne des relevés sur les six stations de Montargis, Nemours, Sens, Troyes, Provins et Epernay.

**DÉBITS DE LA VANNE ET DE LA VOULZIE.** — On a reporté sur le graphique n° 2, outre les indications précédentes à des échelles conventionnelles, les débits mensuels du groupe Vanne et du groupe Voulzie entre août 1944 et mars 1955.

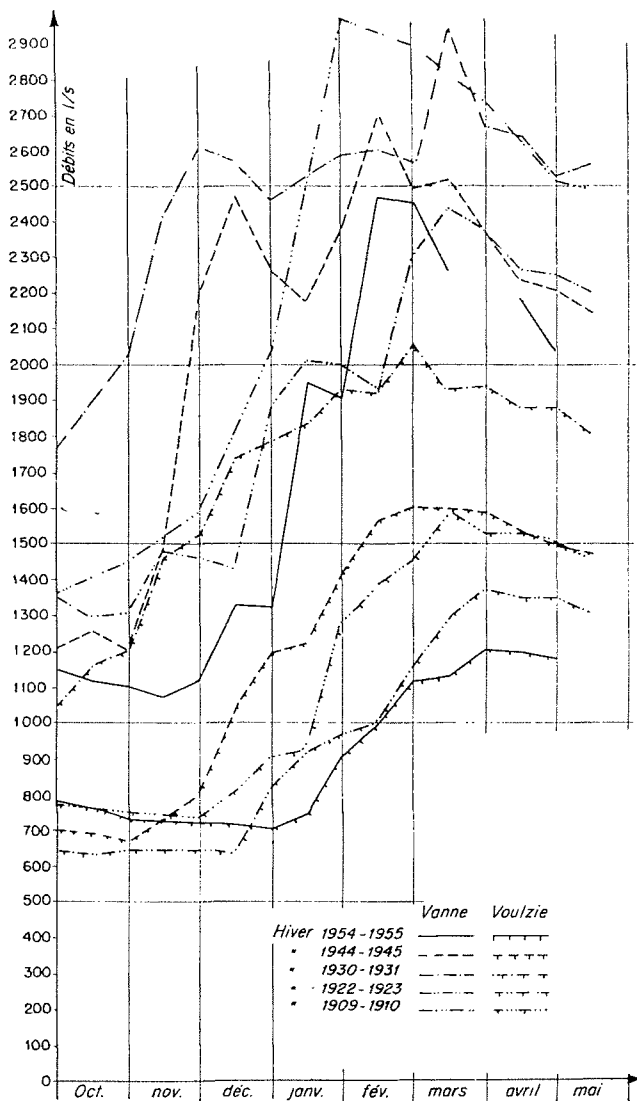
**CORRÉLATIONS A RELATIVEMENT COURT TERME.** — On constate d'abord un emboîtement assez régulier entre les débits de la Vanne et les niveaux de la nappe de la Folie-Godot, la coïncidence se révélant moindre, mais encore valable pour la Voulzie, ce qui confirme, sur une période de temps prolongée, les indications des études précédentes A et B.

On constate également une relation persistante entre les pointes de pluies, les remontées de nappes et les changements notables de débit (principalement aux grosses précipitations périodiques d'automne ou de printemps).

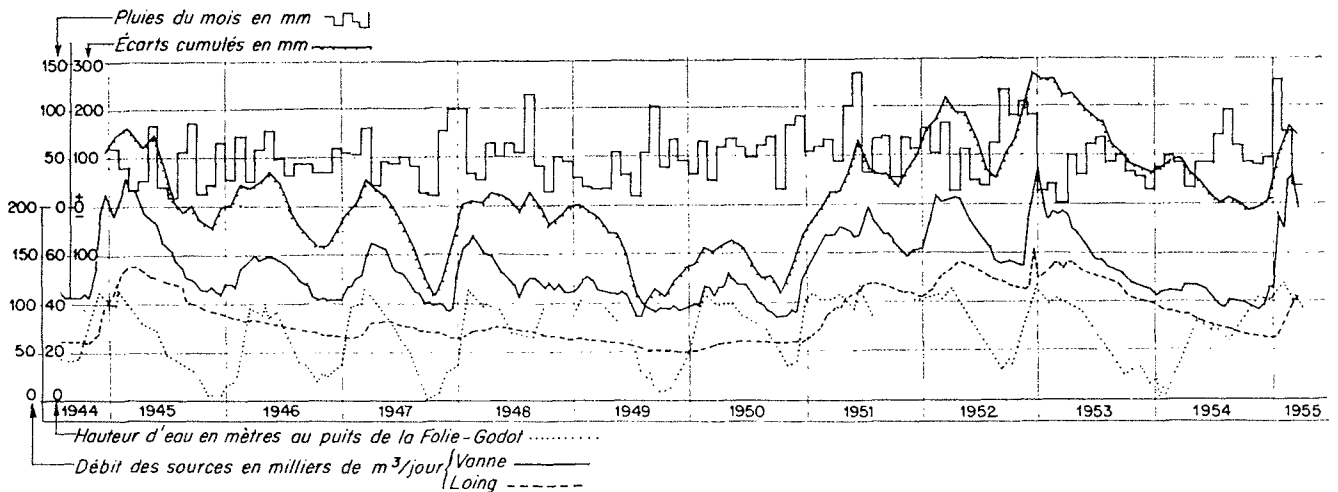
Abstraction faite des irrégularités très momentanées ou très localisées, les corrélations à relativement court terme, dont on vient de dégager certains aspects, apparaissent d'ailleurs comme plus précieuses au titre de témoignage des relations existant entre les précipitations et la circulation ou l'emmagasinement des eaux souterraines dans tel niveau aquifère ou dans tel bassin sourcier qu'au titre des applications pratiques.

**CORRÉLATIONS A LONG TERME.** — Compte tenu de l'hystérèse plus ou moins marquée dont témoignent les niveaux aquifères du sous-sol, si l'on considère une succession d'années sèches ou humides, on obtient généralement sur les courbes représentatives du niveau des nappes ou des débits sourciers des ondulations à longue période chevauchant d'une année sur l'autre.

Pour tenter d'illustrer cet aspect du phénomène dans le cadre des périmètres sourciers à l'amont du bassin de la Seine, on a été amené à établir le graphique n° 3 qui donne mois par mois, pour la période de dix ans 1945-1954, amplitude analogue à celle dont on se sert normalement pour établir la courbe des débits moyens sur un cours d'eau, les relevés pluviométriques, les débits des sources de la Vanne et de la Voulzie respectivement, enfin les niveaux des puits de la Folie-Godot, le tout dans les conditions précisées plus haut.



GRAPHIQUE 2  
Adductions Vanne et Voulzie.  
Débits totaux des sources



GRAPHIQUE 3

Mais on a eu l'idée de compléter ce graphique par une courbe représentative de l'écart entre :

- d'une part, l'importance, mois par mois, des précipitations effectivement relevées (plus exactement de leurs valeurs moyennes sur les six stations d'observation, c'est-à-dire des ordonnées de la courbe des précipitations proprement dite);
- d'autre part pour chacun des douze mois de l'année, une certaine valeur caractéristique des précipitations dont on a cherché à définir l'ordre de grandeur par l'observation des circonstances où, au cours de la période encadrant le mois en cause, l'on relève, telle ou telle année de la décennie, une certaine stabilité tant des précipitations elles-mêmes que des débits sourciers et des niveaux de la nappe.

Dans le cadre des dix années considérées, on a été ainsi amené à dégager les valeurs caractéristiques ci-après :

Janvier .....	25 mm
Février .....	30 mm
Mars .....	35 mm
Avril .....	45 mm
Mai .....	60 mm
Juin .....	75 mm
Juillet-Août ....	85 mm
Septembre .....	70 mm
Octobre .....	55 mm
Novembre .....	35 mm
Décembre .....	25 mm

Ces valeurs revêtent, bien entendu, un assez large degré d'approximation et ne sauraient notamment être extrapolées sans réserve au

cas d'une année quelconque en dehors de la décennie 1945-1954. Leur sommation, qui donnerait 625 mm de pluies annuelles, s'aligne sensiblement sur la moyenne de 623 mm relevée par BELGRAND pour la période de 1850 à 1868. Elle dépasse légèrement la moyenne de 614 mm que donne la décennie 1945-1954 incluant des années très sèches.

Sur le graphique n° 3, la courbe des écarts de précipitations cumulés, établie avec une échelle conventionnelle, part d'une origine arbitraire au 1<sup>er</sup> janvier 1945 et se développe jusqu'en mars 1955.

Ceci posé, si l'on considère la succession d'années sèches 1945-1949, on relève évidemment sur la courbe des écarts de précipitations cumulés un déficit global par l'addition d'une succession de déficits annuels; mais on observe aussi que l'allure des courbes représentant les débits des sources de la Vanne et de la Voulzie suit avec une assez grande fidélité, dans ses grandes lignes, celle de la courbe précédente. De même pour la période plus humide qui s'est étendue de 1950 à 1953.

Le cas des deux années 1953-1954, qui doit correspondre à des circonstances assez exceptionnelles, est peut-être encore plus symptomatique, car il traduit une corrélation à terme limité et cependant assez nette, la même durée d'environ deux années entières séparant à la fois deux pointes consécutives des débits sourciers (*notamment maxima sensiblement égaux de la Vanne*, le 1<sup>er</sup> janvier 1953 et le 1<sup>er</sup> mars 1955) et deux maxima sensiblement égaux de la nappe (fin décembre 1952 et fin janvier 1955), avec une amplitude à peine plus étendue entre deux ordonnées égales de la courbe des écarts de précipitations cumulés (mi-novembre 1952 et mi-février 1955).

## CONCLUSIONS PROVISOIRES

Avec toutes les réserves qu'appellent les études menées au vu de renseignements incomplets et provenant de points d'observation plus ou moins heureusement répartis les uns par rapport aux autres, sur le plan géographique et *a fortiori* sur le plan hydrogéologique, il est remarquable que l'on ait pu dégager cependant dans le bassin amont de la Seine des indices de corrélation non négligeables, tant à court terme qu'à long terme, entre les débits des sources auxquelles recourt la Ville de Paris pour son alimentation en eau, les niveaux de nappe sur lesquels on ne disposait malheureusement que

des indications localisées des puits de la Folie-Godot, et les relevés pluviométriques sur un nombre limité de stations retenues à défaut de mieux.

Quant au mode de représentation utilisé, on peut espérer, d'après l'intérêt des résultats dégagés dans des conditions aussi imparfaites, qu'une courbe du genre de celle des écarts de précipitations cumulés est susceptible d'applications fructueuses dans la recherche plus systématique des corrélations à laquelle la présente contribution ne saurait prétendre qu'à ouvrir la voie.

## DISCUSSION

Président : M. GIBRAT

Sur la demande de M. le Président, M. KOCH fournit les précisions suivantes :

1° Les prélèvements ne sont guère susceptibles de troubler le régime des sources étudiées, du fait que, dans l'ensemble, celles-ci représentent des déversements : c'est, somme toute, le trop-plein de la nappe que l'on recueille;

2° Les données ne lui ont pas paru suffisamment sûres pour permettre de pousser, sur un plan numérique, les comparaisons entre les variations du débit des rivières, telles que la Vanne, et des infiltrations concomitantes.

M. le Président remarque que la ressemblance des courbes du puits et de la Vanne est frappante jusqu'en 1954; à ce moment-là le puits se remplit, alors que la source de la Vanne elle-même reste rigoureusement constante.

M. KOCH souligne que le point d'observation (Puits de la Folie Godot) a été choisi d'une manière assez arbitraire, ce qui justifiait une grande prudence mais que, malgré cela, on est arrivé à des résultats intéressants, peut-être en raison de ce que le Puits de la Folie Godot, non influencé par les prélèvements, fournissait la représentation de la nappe à l'état pur.

M. le Président estime, d'autre part, très originale l'idée de déterminer les douze chiffres mensuels, qui sont à la base de la comparaison, par la recherche de paliers dans le niveau de la nappe; il remarque que l'amplitude de chaque palier doit, suivant le principe admis, être d'autant plus grande qu'il fait plus chaud et c'est bien ce qui se vérifie, d'après les observations, en juillet, août et même septembre.

M. KOCH indique, sur la demande de M. le Président, que la part du ruissellement non susceptible, tôt ou tard, de profiter aux sources doit être très faible, vu la nature essentiellement perméable du bassin de la Seine dans les régions correspondantes; c'est dès lors plutôt l'évaporation qui doit jouer dans le sens de la dissemblance entre les variations des précipitations et des nappes.

M. le Président reconnaît que la variation de cette dissemblance entre janvier et juillet semble bien confirmer l'influence de l'évaporation.

En conclusion, M. le Président estime qu'il serait intéressant de faire dépouiller matériellement ces résultats, d'apparence très satisfaisants, par des statisticiens, ceux des Etudes et Recherches E.D.F., par exemple, qui

sont spécialisés dans l'étude mathématique des corrélations.

M. KOCH rend hommage à M. MORDILLAT pour lui avoir suggéré l'idée de cette étude comparative et se déclare d'accord pour la pousser avec les ressources de la statistique.

M. GASPARD signale que le bassin versant de la Seine à Paris comporte moitié de terrains perméables et moitié de terrains imperméables; l'influence du ruissellement et l'influence des sources doivent être à peu près équivalentes : si l'effet du ruissellement semble éliminé dans les courbes de M. KOCH, cela provient sans doute de ce qu'il a pris comme échelle du temps le mois qui correspond à une période d'égalisation de ces phénomènes, l'allure des précipitations coïncidant, à cette échelle, avec la période d'infiltration : une échelle du temps différente, plus grande ou plus petite, pourrait conduire à des conclusions différentes.

M. KOCH répond que le changement d'échelle lui paraît devoir influer beaucoup moins sur les corrélations à long terme que sur les corrélations à court terme; que, d'ailleurs, les phénomènes que M. GASPARD a signalés, avec certains autres, tels que la différence de comportement des paliers suivant l'altitude des sources, les variations journalières ou mensuelles des précipitations, etc., sont traduits par la non-concordance absolue des courbes de l'abaque; enfin la partie imperméable du bassin n'intéresse pas l'étude des nappes et des débits sourciers à l'amont.

M. le Président met en garde contre les difficultés stochastiques qui surgissent lorsqu'on réduit exagérément les périodes d'observation en statistique. M. HALPHEN a démontré que les équations différentielles mises en jeu tendent alors vers des équations d'ordre 1/2 et l'allure des phénomènes se rapproche du mouvement brownien. Il est donc sage de rester à l'échelle du mois, qui sans doute, vaut ce qu'elle vaut, mais ne soulève pas de difficultés mathématiques encore irrésolues.

M. LUGIEZ a remarqué la corrélation intéressante qui existe, dans le temps, entre les maxima et les minima des courbes cumulées et des débits de la Vanne, mais il ne croit pas que cette corrélation permette de faire des prévisions à long terme mieux qu'avec la courbe des débits elle-même.

M. KOCH précise que son étude a tendu à rechercher des éléments de corrélation générale, mais ne s'est pro-

posé aucun but précis en ce qui concerne les prévisions. Celles-ci pourront être faites à long terme si une corrélation précise se dégage d'un complément d'étude, car seules les prévisions à long terme sont pratiquement intéressantes pour les programmes d'opérations. Actuellement, les Services disposent de renseignements à longue échéance provenant d'études statistiques sur les variations des débits sourciers mais, ceux-ci correspondant au déversement des nappes, il paraissait normal de rechercher, sur le plan conceptionnel, une corrélation entre les débits, qui représentent des phénomènes indirects, et les nappes, qui les alimentent. Sur un autre plan, comme Directeur d'un Service de distribution, M. KOCH ne manque pas d'utiliser les prévisions à court terme pour régler les modalités d'exploitation du réseau.

M. LARRIEU confirme que les statisticiens n'ont pas encore résolu les difficultés relatives aux corrélations à court terme et ajoute que la recherche de corrélations à long terme, dans les problèmes de ce genre, semble devoir reposer sur une étude des données considérées globalement à l'échelle annuelle, car le niveau de la nappe à une époque donnée dépend non seulement du débit de la

source à cette époque, mais aussi des débits antérieurs. M. LARRIEU indique qu'il a observé, d'autre part, des corrélations parfois assez satisfaisantes entre les niveaux des nappes et les niveaux des rivières. Enfin la corrélation entre la pluie et la nappe, bien que moins forte que celle qui existe entre la nappe et le débit de la Vanne, lui paraît remarquable vis-à-vis de celle qu'il a obtenue lui-même dans un autre cas, entre les mêmes données, et dont le coefficient ne dépassait pas 0,10, valeur non significative si l'on tient compte des erreurs d'échantillonnage; il attribue ce résultat à la régularité des pluies du bassin parisien.

M. KOCH remarque que la divergence entre les variations de la nappe et celles du débit de la Vanne en 1954 constitue un point singulier qui justifierait, à lui seul, de plus amples recherches.

M. le Président pense que la corrélation observée en général entre les niveaux des nappes et les niveaux des rivières peut être due à la simplicité de la structure géologique du bassin. Il félicite et remercie M. KOCH d'avoir éveillé l'intérêt sur cette question et de promettre d'en poursuivre l'étude.

#### COMMENTAIRE DE M. PARDE

On ne saurait trop souligner la valeur de cette communication. Une seule semi-critique. Pourquoi M. KOCH étudie-t-il les débits des sources et les variations des niveaux d'un puits en 1922-23 et non en 1923-24, date d'une crue fluviale beaucoup plus forte qu'en 1922-23. En décembre 1919-janvier 1920 aussi, la Seine a éprouvé des crues très supérieures à celles de 1922-23. Il me semble que la première, due à deux grosses averses séparées par deux ou trois jours, et à deux ondes de crues élémentaires fusionnées en une seule à Paris, a dû avoisiner 6,60 m à Austerlitz (je n'ai point ici mes chiffres). Les niveaux des puits et les débits des sources ont dû être alors très intéressants, d'autant plus qu'il y a eu vers le 15 janvier une nouvelle crue, contemporaine d'une crue énorme du bas Rhin.

Les Archives de la Météorologie Nationale doivent contenir des données pluviométriques assez nombreuses (voir aussi les Annales de B.C.M. jusqu'à 1920) pour qu'on puisse, depuis 1910, évaluer les pluies des mois successifs sur des bases comparables entre elles; au besoin en prenant des stations de remplacement et en majorant ou diminuant leurs chiffres de quelques centièmes, d'après les rapports des précipitations observées à ces postes et à d'autres en quelques dizaines d'années.

Un point très intéressant serait aussi l'examen des eaux souterraines au cours de la période mai-août 1910, en comparaison avec les pluies et les eaux superficielles, qui de mai au 10-15 juillet à peu près ont marqué une surabondance très rare en cette saison.

Je me suis demandé encore si des études plus approfondies et portant sur de nombreuses années ne révéleraient pas des déperditions moindres, par évaporation,

pour les mois d'hiver. Réflexion faite, ce serait une erreur, sans doute. Certes l'évaporation en janvier-février est très faible, sans doute nettement inférieure à 25 et 30 mm, mais il y a le débit de ruissellement qui ne doit pas, naturellement, être inclus dans l'infiltration.

Mais, ma principale remarque sera la suivante: il est bien triste que M. KOCH n'ait eu à sa disposition que les observations piézométriques d'un seul poste pour sa belle étude. En Italie et au moins dans toute la plaine du Pô, puis en Autriche (au moins dans la plaine de Vienne) et en Allemagne en certaines régions, les niveaux d'eau de puits sont observés à un grand nombre d'échelles, depuis longtemps. D'où une documentation de la plus haute valeur et d'une grande richesse.

Aux Etats-Unis ces observations me semblent aussi très nombreuses. Dans le Bulletin mensuel *Water Resources Reviews*, que je reçois du Geological Survey, et qui est édité huit à quinze jours au plus après la fin de chaque mois, je trouve la comparaison représentée sur des figures, des conditions du mois écoulé, avec les conditions normales non seulement pour les débits des rivières, mais encore pour les niveaux phréatiques.

Il me semble qu'on devrait créer en France des observations régulières de ce genre, au moins à une centaine de postes, en des régions variées; et publier des résultats graphiques à une dizaine d'entre eux dans les Annales de la S.H.F.

A vrai dire, la lacune pour notre pays est si grave, que je me demande si elle n'est pas imaginaire, et due, dans mon esprit à l'ignorance d'observations qui se feraient.