

CARTE
HYDROGÉOLOGIQUE

BUREAU DE
RECHERCHES
GÉOLOGIQUES
ET MINIÈRES

PARIS

XXIII-14

1/50.000



DIRECTION DU SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL
Boîte Postale 818 - 45 - Orléans-la-Source

Carte hydrogéologique Paris à 1/50 000 (édition de 1970)

Additif à la notice explicative

Comme cela est indiqué dans la légende, les courbes hydro-isohypsées dessinées sur la carte publiée en 1970, représentent l'état moyen des nappes en 1965. Les paragraphes consacrés à "l'abaissement des niveaux piézométriques" (p. 16) et aux "prélèvements par nappe" (p. 21) commentaient l'état de dépression artificielle des aquifères à cette époque, les pompages dans les forages et les travaux souterrains étant alors relativement importants. Des relevés ultérieurs (1 et 2) ont permis de constater une remontée des niveaux, à partir de 1972, dans certains quartiers. Cette remontée a été expliquée par la diminution des prélèvements par forages entre 1971 et 1980, particulièrement sensible dans la proche banlieue nord et dans les arrondissements du centre en rive droite, et aussi par la diminution des débits d'exhaure temporaires pour des travaux souterrains. Elle a été à l'origine de désordres dans des sous-sols construits sans tenir compte de l'évolution possible de ces niveaux en cas de modification du régime des prélèvements (3, 4 et 5). Pour prévoir l'évolution du niveau des eaux souterraines, il est indispensable de tenir compte non seulement des causes de fluctuations naturelles (pluviométrie, niveaux de la Seine), mais de l'influence des prélèvements par les propriétaires qui disposent de l'usage de l'eau de leur sous-sol jusqu'à 80 mètres de profondeur.

(1) BRGM 1979 - Evolution récente du niveau des nappes peu profondes dans Paris et historique des prélèvements. Agence Financière du Bassin Seine Normandie. Rapport 79 SGN086IDF.

(2) BRGM 1983 - Etude de l'évolution piézométrique des nappes d'eau souterraines à Paris et en proche banlieue au cours des dix dernières années Ministère de l'Industrie et Agence Financière de Bassin Seine Normandie. 83 SGN 098IDF.

(3) DIFFRE 1979 - Désordres dus à une remontée du niveau des nappes peu profondes sous Paris. Connaître le sous-sol un atout pour l'aménagement urbain. Colloque de Lyon. Mars 1979. Document BRGM n°8.

(4) BRGM 1983 - Remontée des nappes Désordres engendrés en milieu urbain. Agglomération parisienne. Ministère de l'Industrie et de la Recherche 83 SGN 008 IDF.

(5) BRGM 1983 - Remontée des nappes d'eau souterraine. Causes et effets. Ministère de l'Industrie et de la Recherche. 83 SGN 353 EAU.

NOTICE EXPLICATIVE

AVANT-PROPOS

Les travaux d'établissement de cette carte, financés par la Délégation à l'aménagement du territoire et à l'action régionale ont été effectués entre 1965 et 1968, uniquement d'après documents; les courbes isopièzes ont été construites à partir de niveaux relevés en 1965. Les données sur l'exploitation ont été actualisées au début de 1968 (forages déclarés entre 1965 et 1968). La carte et la notice ont été réalisées par Ph. DIFFRE.

INTRODUCTION

Entre le Parisis au Nord, la Brie à l'Est et le Hurepoix au Sud-Ouest, le site de Paris ne forme pas une unité morphologique bien définie : c'est une confluence aussi bien de rivières que de régions naturelles.

Au point de vue de la géographie physique, la Seine avec ses méandres est le trait caractéristique de cette région. Ce fleuve est bordé de petites plaines alluviales (centre rive droite, le Marais, plaine de Grenelle, boucles de Boulogne et de Gennevilliers) ou de coteaux limitant des plateaux (Villejuif, Charenton, Passy, Meudon - Clamart, Garches). Les collines de Belleville, Romainville, Montreuil, de Montmartre, du Mont-Valérien et du Moulin d'Orgemont sont les principales buttes-témoins de son érosion.

En 1962, on a recensé plus de 6 millions d'habitants dans les limites de la feuille de Paris entièrement comprise dans « l'agglomération parisienne restreinte ». Les activités humaines ont modifié certains caractères naturels de cette région, en particulier le relief (remblais), le climat (effet urbain) et l'état des nappes souterraines.

CONDITIONS GÉOLOGIQUES

Les faciès et épaisseurs des principales formations **reconnues sous Paris** sont résumés dans le tableau suivant :

ÉTAGE	DÉNOMINATION	FACIÈS	ÉPAISSEUR
QUATERNNAIRE	Alluvions	argiles, sables, graviers et cailloutis	10 m (Opéra)
STAMPIEN	Meulière de Montmorency	calcaire siliceux souvent enrobé d'argile de décalcification	6 m (Clamart)
	Sables de Fontainebleau	sable quartzeux fin	64 m (Bois de Meudon)
	Marnes à Huîtres	marnes	5 m (Montmartre)
	Formations de Brie	calcaire siliceux et marnes	4 m (Belleville)
	Marnes vertes	argile compacte	7 m (Montmartre)
BARTONIEN	Marnes et gypses ludiens	marnes et gypses ou pseudomorphoses calcaires et siliceuses	48 m (Montmartre)
	Sables de Monceau	sables fins argileux et grès	2 m (Batignolles)
	Calcaire de Saint-Ouen	alternance de bancs calcaires et marneux (gypse)	12 m (la Villette)
	Sables de Beauchamp	sables fins argileux et grès (gypse)	12 m (la Villette)
LUTÉTIEN	Marnes et caillasses	alternance de bancs calcaires et marneux (gypse)	18 m (République)
	Calcaire grossier	calcaires massifs puis sableux	16 m (République)
YPRÉSIEN	Sables cuisiens	alternance de sables quartzeux parfois grossiers et d'argiles ligniteuses	14 m (Arsenal)
	Fausses glaises		
	Sables d'Auteuil		
MONTIEN	Argile plastique	argile bariolée ou grise	12 m (Arsenal)
	Calcaire et marnes de Meudon	marnes et calcaires de faciès très variables	15 m (Halles)
SENONIEN TURONIEN	Craie	craie à silex	390 m (Ivry)
CENOMANIEN	Craie	craie, marnes, calcaires, argiles	60 m (Ivry)
ALBIEN	(Marnes de Brienne)		20 m (Ivry)
	Argiles du Gault		20 m (Ivry)
	Sables de Frécambault		30 m (Ivry)
	Argiles tégulines		10 m (Ivry)
	Sables de Brillons		13 m (Ivry)
	Argile de l'Armance		3 m (Ivry)
	Sables verts		11 m (Ivry)

Les formations superficielles : naturelles (éboulis, limons de plateau, éluvions) ou artificielles (remblais) d'épaisseur très variable, n'ont pas été représentées sur le fond géologique. Les Marnes à Huîtres et les formations de Brie ont été groupées sous le même figuré. Les Sables de Monceau, peu épais et peu visibles à l'affleurement, ont été groupés avec les masses et marnes du gypse et leurs faciès de substitution sous lesquels ils sont très constants, en particulier dans le quart NE de la feuille.

Structure et variation de faciès et d'épaisseur. La surface de base du Lutétien, représentée en courbes de niveau (trait continu noir) indique la structure tectonique de la région. Le synclinal de la Seine s'étalant entre Argenteuil et Sevran s'approfondit sous les communes de Saint-Denis, Épinay, Saint-Ouen, Clichy (fosse de Saint-Denis). L'anticinal de Meudon -Saint-Maur longe la limite sud de la feuille. La ville de Paris est située entre ces deux structures; ses assises pendent donc vers le Nord. De l'anticinal de Meudon semblent se détacher quatre axes anticlinaux secondaires en direction du NE. Le plus important passe sous Ivry, Bercy, Bagnolet, Romainville et Bondy. Dans le détail, on constate parfois des différences d'altitude relativement importantes entre des sondages voisins. Le pendage qui est en moyenne de 7 pour mille entre Clamart et Saint-Denis peut donc atteindre des valeurs beaucoup plus importantes localement. D'une façon générale, l'épaisseur des formations augmente depuis l'anticinal vers la fosse de Saint-Denis. Les épaisseurs indiquées dans le tableau ci-dessus sont à peu près intermédiaires entre les valeurs extrêmes.

Sables yprésiens (cuisiens ou sparnaciens : Sables du Soissonnais, Sables d'Auteuil). Cette variation d'épaisseur est surtout importante au niveau de l'Yprésien.

A Paris (centre rive gauche), on observe la succession suivante de haut en bas :

- Fausses glaises constituées d'alternances d'argiles, de lignites et de bancs sableux.
- Sables d'Auteuil, quartzeux et feldspathiques.
- Argile plastique grise ou bariolée.

Sur l'anticinal de Meudon, cet étage n'est représenté que par l'Argile plastique. Dans la fosse de Saint-Denis, d'après les coupes des sondages, la succession des couches sableuses et argileuses est très désordonnée (lentilles). Le cartouche reproduit en bas à gauche de la feuille représente l'épaisseur cumulée des sables de l'Yprésien quelle que soit leur position par rapport aux Fausse glaises (ou à l'Argile plastique). Dans Paris, sur la rive gauche de la Seine, elle est inférieure à 10 mètres. Elle augmente sur la rive droite pour dépasser 30 m sous certaines communes en zone synclinale.

Faciès gypseux antéludiens. On rencontre du gypse en bancs, lentilles et cristaux isolés ou diffus dans presque toutes les formations antéludiennes, en particulier en zone synclinale dans la fosse de Saint-Denis et dans la moitié nord de Paris. Ces faciès sont fréquents dans les Sables de Monceau, les Calcaires de Saint-Ouen, les Sables de Beauchamp, les Marnes et caillasses, plus rares dans le Calcaire grossier et le Montien (?).

TYPES DE PERMÉABILITÉ

Alluvions. Étant donné leur composition granulométrique plus grossière, les alluvions anciennes (perméabilités mesurées entre 1.10^{-5} et 1.10^{-3} m/s) sont plus perméables que les alluvions modernes (perméabilités mesurées entre 1.10^{-8} et 1.10^{-4} m/s).

Meulière de Montmorency. Souvent recouverte d'argile de décalcification, cette formation est peu perméable.

Sables de Fontainebleau. De composition granulométrique très fine mais homogène, ils ont une porosité d'interstices importante.

Marnes à Huîtres. Peu perméables.

Formation de Brie. Perméable en grand sous son faciès calcaire (souvent fissuré) au sommet de la colline de Belleville, Romainville, Montreuil. Peu perméable, mais très réduite sur l'anticinal de Meudon.

Marnes vertes. Imperméables en pratique.

Marnes et gypses ludiens. Les masses de gypse fissurées peuvent être le siège de quelques circulations d'eaux qui sont arrêtées verticalement par les différentes couches de marnes intra et infragypseuses. Les marnes supragypseuses souvent calcareuses seraient plus perméables que les marnes infragypseuses.

Sables de Monceau. Ils possèdent une perméabilité d'interstices qui varie avec le pourcentage d'argile.

Calcaire de Saint-Ouen. L'eau peut circuler entre les bancs de calcaires et de marnes parallèlement à la stratification et également dans les cas sûrs perpendiculaires. Dans certains quartiers, R. Soyer a signalé des vestiges de réseaux aquifères fossiles créés par dissolution d'inclusions gypseuses.

Sables de Beauchamp. Leur perméabilité d'interstices dépend de leur classement granulométrique assez variable. Des bancs gréseux et des passages argileux peuvent diminuer la perméabilité verticale. Perméabilité horizontale mesurée à Cormeilles : 4.10^{-4} m/s.

Marnes et caillasses. Constituées d'une alternance de bancs calcaires et marneux, elles sont en général peu perméables dans leur partie supérieure en particulier. Cependant, les joints marneux horizontaux ou perpendiculaires à la stratification peuvent se «décolmater» rapidement à partir du moment où il y a circulation d'eau (pompage ou dissolution de gypse). Ceci peut expliquer les variations de perméabilité constatées d'un quartier à un autre (à Bercy, $K = 8.10^{-6}$ m/s; à la Porte de la Chapelle, $K = 5.10^{-3}$ m/s).

Calcaire grossier. Les propriétés aquifères du Calcaire grossier varient beaucoup suivant le niveau considéré. En général, du fait des fissures.

Il est perméable en grand. Certains bancs compacts très épais (plus de 2 m d'épaisseur) ne sont interrompus que rarement par des fissures généralement verticales, étroites (1 à 2 cm). Dans sa partie inférieure surtout, devenant gréseuse puis sableuse, la formation possède aussi une imperméabilité d'interstices. Les valeurs de perméabilité mesurées *in situ* par essai de pompage sont généralement comprises entre 1.10^{-4} et 1.10^{-6} m/s. Les mesures ne sont pas encore assez nombreuses pour que l'on puisse fournir des données numériques à différents niveaux et suivant les quartiers. Pour Paris, en général, il semble toutefois que l'on puisse distinguer trois niveaux :

- un niveau moyennement perméable au sommet (Calcaire grossier supérieur : nombreux joints de stratification, fissures fréquentes, entre-bancs marneux facilement entraînés);
- un niveau peu perméable au milieu (Calcaire grossier moyen : bancs épais très compacts);
- un niveau inférieur sableux très perméable (Calcaire grossier inférieur : les sables de la glauconie grossière pouvant être plus perméables que les sables yprésiens sous-jacents).

Sables yprésiens. Ces sables de composition granulométrique variable peuvent avoir une perméabilité d'interstices importante (porosité totale estimée à 40% entre la Défense et la Seine d'après la R.A.T.P.). Les essais de pompage fournissent des valeurs de perméabilité horizontale *in situ* de l'ordre de 1.10^{-4} m/s. Du fait des lentilles argileuses et ligniteuses (des Fausses glaises en particulier), la perméabilité verticale, non négligeable si l'on considère une grande surface, est cependant bien moindre localement.

Argile plastique. Cette formation argileuse très compacte, constituée surtout de minéraux du kaolin, de montmorillonite et d'illite, forme une couche en pratique imperméable, continue à la base de l'Éocène ($1.10^{-8} > K > 1.10^{-9}$ m/s).

Calcaires et marnes du Montien. Ces formations très variées peuvent avoir une perméabilité non négligeable ponctuellement, mais à une échelle plus vaste, du fait de leur discontinuité, leur productivité dépend des roches encaissantes (craie, argile plastique ou alluvions).

Craie. Là où elle affleure, ou immédiatement au-dessous des alluvions, la craie peut être le siège de circulations d'eau « en grand » (diaclasses importantes) ou « en petit » (microfissures). La perméabilité totale peut alors être assez importante (1.10^{-4} m/s). Sous recouvrement tertiaire, la microfissuration est en général moins développée et la perméabilité diminue (1.10^{-5} m/s).

Albien. Les Sables de Frécamault et des Drillons de l'Albien moyen et les Sables verts de l'Albien inférieur (J. Lauverjat, 1967) contiennent des intercalations argileuses. Sous Paris, leur perméabilité moyenne calculée d'après les essais de débit est de $5 \cdot 10^{-5}$ m/s. J. Lauverjat a admis une porosité efficace de 10 %. Mais, s'agissant d'une nappe captive, le coefficient d'emmagasinement est naturellement beaucoup plus faible (ordre de 10^{-4}).

TRANSMISSIVITÉS

La transmissivité des calcaires lutétiens et des sables yprésiens est connue grâce à quelques essais de pompage au cours desquels des descentes et remontées ont été mesurées. En plus de ces valeurs malheureusement trop rares, des valeurs approchées ont pu être obtenues pour chacun des nombreux forages dont un débit spécifique était connu. Elles ont été calculées d'après les valeurs de débit et de rabattement en tenant compte du diamètre du forage et de la hauteur crépinée suivant une méthode inédite due à S. Ramon (à partir des formules de Forcheimer et de Dupuit).

T m ² /s	« YPRÉSIEN »		LUTÉTIEN			
	captif	libre	captif	libre		
Aux essais (courbes de Theis) « Approchée »	1.10^{-4} 3.10^{-4}	\rightarrow \rightarrow	7.10^{-3} 9.10^{-3} (33)	6.10^{-5} 8.10^{-1}	\rightarrow \rightarrow	9.10^{-2} 1.10^{-1}

Mais les deux réservoirs ne sont pas réellement indépendants (drainance) et lorsque l'on pompe dans l'une des deux formations, la transmissivité apparente ne semble pas exclusivement représentative de ce réservoir qui n'est pas séparé de l'autre par un imperméable continu. Les caractéristiques indiquées correspondent un peu à l'ensemble du système multi-couche vu d'une part « à travers » les sables yprésiens, d'autre part « à travers » les marnes et calcaires lutétiens.

Pour le Lutétien, les valeurs moyennes sont de l'ordre de 1.10^{-3} m²/s. On constate que les fortes valeurs ($> 1.10^{-2}$ m²/s) sont fréquentes dans les zones de pompages importants.

Figurés employés. Les Marnes vertes et l'Argile plastique sont les seules couches imperméables de cette série : elles ont été représentées sur le fond géologique par des couleurs foncées unies. Les Meulières de Montmorency, les Marnes à Huîtres et la Formation de Brie ainsi que les calcaires et marnes du Montien peu perméables ont été représentés avec des figurés lithologiques « négatifs ». Les autres assises géologiques de perméabilité moyenne sont représentées par des figurés « positifs » correspondant à leur lithologie. Les terrasses alluviales importantes sont représentées par des hachures noires laissant voir le figuré de la formation sous-jacente. Les contours entre ces formations masquées par les alluvions sont dessinés en trait tireté.

CLIMAT ET EAUX DE SURFACE

Le climat « séquanien » (J. Sanson, 1949) qui intéresse tout le Bassin parisien est caractérisé par une température moyenne annuelle relativement froide, des précipitations peu importantes et la faiblesse des vents. En moyenne, la fréquence de ces vents se répartit ainsi suivant les directions (Pedelaborde, 1957) :

Directions des vents									
N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	calmes	
%	14	8	4	6	16	15	12	10	15

La nébulosité moyenne est de 6/10 et le nombre d'heures d'insolation (1 600 à 1 800 par an) est faible par rapport au reste de la France (1 700 à 3 000).

Précipitations et températures. 48 postes pluviométriques et thermométriques situés dans Paris ou sa banlieue ont donné des informations précises sur la région parisienne immédiate (Grisollet, 1958). Il tombe en moyenne 603 mm de pluie, le maximum se situant en octobre (57 mm) et le minimum en février (39 mm).

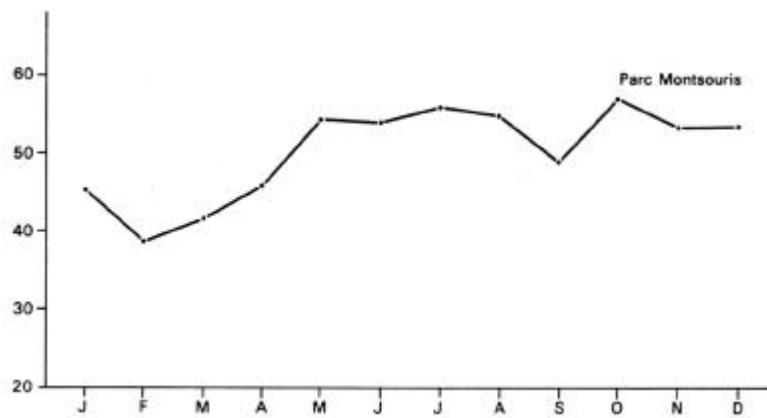


Fig. 1. — Précipitations. Hauteur moyenne en mm. 1873-1952.

Dans une année il pleut en moyenne (1873-1952) 167 jours; il neige 16 jours, mais le sol ne reste couvert de neige que 12 jours. La température moyenne est de 11 °C; elle atteint 19,2 °C en juillet.

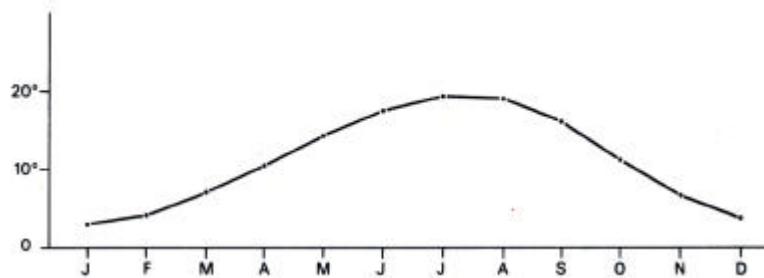


Fig. 2. — Température moyenne 1873-1952.

Effet urbain. L'agglomération parisienne, comme la plupart des grandes cités, perturbe le climat régional. Les immeubles constituant des sources de chaleur surtout en hiver, la température est plus élevée en ville, bien que l'insolation soit moindre par suite de la pollution atmosphérique.

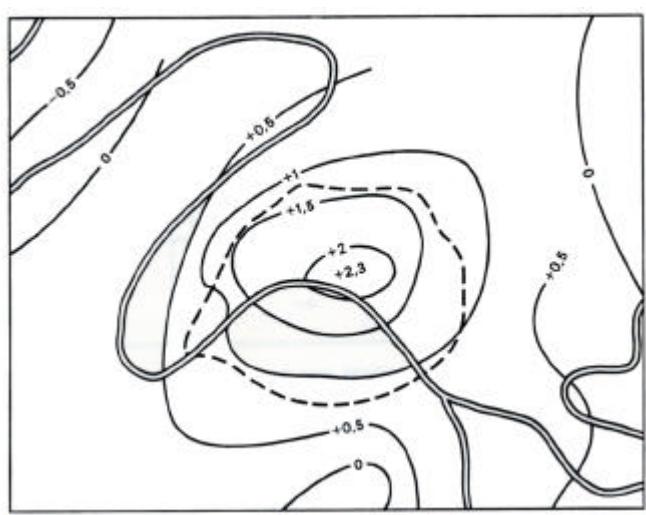


Fig. 3. — Écarts moyens annuels des températures minimales relativement à leur valeur moyenne en banlieue (d'après Grisollet).

Généralement les villes reçoivent plus de pluie que les campagnes à cause de l'abondance des noyaux de condensation. Pour Paris, l'effet de relief l'emporte : le centre déprimé de la capitale où la pollution est pourtant plus intense correspond aux pluies les plus faibles.

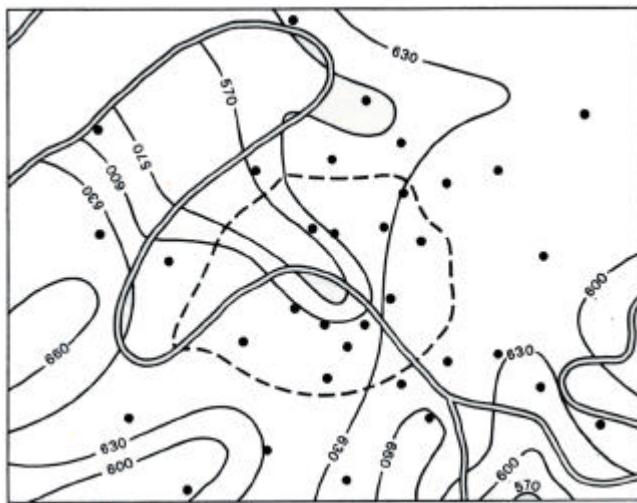


Fig.4. — Hauteurs annuelles moyennes des précipitations (1920-1949) (d'après Grisollet)

La température étant plus élevée et l'eau de pluie qui ruisselle rapidement sur les toitures et les rues bitumées n'imprégnant pas le sol, l'humidité relative présente une anomalie négative constante. La différence atteint 6 à 7 centimètres en toute saison entre le square Saint-Jacques et le parc Saint-Maur.

La Seine. La Seine parcourt 56 km à travers la feuille de Paris. Si l'on ne tient pas compte du réseau artificiel d'assainissement, ce territoire est entièrement drainé par ce fleuve (et la Marne) soit directement, soit par l'intermédiaire de quelques ruisseaux secondaires.

Son débit moyen qui est à Paris de $275 \text{ m}^3/\text{s}$ peut tomber en période d'étiage (août-septembre) en dessous de $100 \text{ m}^3/\text{s}$ et dépasser en période de crue (février) $2\,000 \text{ m}^3/\text{s}$. Ses crues accidentielles sont dues à des averses océaniques répétées. Le tableau suivant résume les valeurs calculées par le Service de la Navigation pour les cotes des crues à craindre.

		Crue					
Point d'observation		annuelle	bisannuelle	quinquennale	décennale	de 25 ans	1910
Marne	Pont de Bry	34,30	35,70	36,80	37,10	37,80	38,60
	Port de Bonneuil	30,70	32,20	33,50	34,00	34,90	36,00
Seine	Port à l'Anglais					33,55	35,10
	Pont National	28,20	29,70	31,20	31,90	33,10	34,50
	Pont de la Tournelle	27,80	29,30	30,90	31,50	32,70	34,12
	Pont Notre-Dame	27,60	29,10	30,70	31,20	32,40	33,75
	Pont de l'Alma	27,10	28,65	30,10	30,50	31,45	32,50
	Pont du Garigliano	26,60	28,10	29,50	30,00	30,90	31,80
	Pont de Saint-Cloud	26,15	27,65	28,80	29,20	29,80	30,90
	Pont de Neuilly	25,70	27,10	28,05	28,50	29,20	30,30
	Pont de Saint-Denis	24,80	26,20	27,10	27,60	28,20	29,20
	Pont d'Argenteuil	24,50	25,50	26,60	26,90	27,40	28,50

Au Pont Royal, les cotes maximales ont été ces dernières années :

1955	1957	1958	1959	1961	1966
+31.80	+29.60	+30.30	+31.00	+28.70	+29.45

Par le jeu des barrages-écluses, le Service de la Navigation s'efforce de maintenir le plan d'eau à + 26,39 dans Paris (retenue normale).

La largeur de la Seine varie entre 105 et 200 mètres. La pente de fond du lit est en moyenne de 0,013 %. A l'état naturel, elle coule sur ses alluvions (quelques mètres) mais, dans Paris même, pendant longtemps ces alluvions ont été exploitées.

Actuellement, le lit est dragué chaque année en certains endroits pour enlever les limons et les sables apportés par les crues et les déversoirs d'orage.

les déversoirs d'orage. Au point de vue chimique, l'eau de Seine est de qualité variable suivant la saison et le long de son cours. Le degré hydrométrique est inversement proportionnée la hauteur d'eau (Belgrand, 1872). A l'étiage, elle est très chargée en matières organiques. En période de hautes eaux, la pollution organique est faible; par contre, elle est chargée en argile colloïdale. La teneur en ammonique varie de 0,5 à 10 mg de NH_4 , l'alcalinité de 110 à 124, les sulfates de 22 à 40 (Massoulié, 1961). A la traversée de Paris, la température augmente ainsi que le pH, le TAC, les teneurs en chlore et la DBO 5, par contre la résistivité et la quantité d'oxygène diminuent.

Sous-bassins et rivières secondaires. Les limites du bassin de la Marne qui vient se terminer dans le quart SE de la feuille ont été indiquées sur la carte en pointillés bleus.

Il est possible de différencier un certain nombre de sous-bassins correspondant aux anciennes rivières secondaires naturelles de la région :

Sur la rive droite :

- ruisseau de la Fontaine du Vaisseau (Marne R.D.);
- ru de Montreuil;
- ru de Belleville;
- ruisseau de la Vieille Mer recevant les eaux de la Morée, de la Molette et du ru de Montfort;
- ru d'Enghien.

Sur la rive gauche :

- Bièvre;
- ru de Marivel (Sèvres).

Dans le cadre de travaux d'assainissement, la plupart de ces cours d'eau ont été ou doivent être aménagés, transformés en égouts, canalisés ou supprimés. Leurs tracés ont été schématisés. Les ruisseaux importants remblayés ont été représentés en raison du rôle que peut jouer encore leur ancien talweg « souterrain ».

Canaux. Leur fond étant corroyé (ou même cimenté par endroits), ils n'ont en principe pas de relations avec les eaux souterraines. Ils ont pourtant été jadis la cause d'« inondations souterraines » (Delesse, Beaulieu et Yvert, 1861). Actuellement on remarque localement à proximité de leurs rives, quelques niveaux piézométriques parfois proches de leur plan d'eau. La mise en place de palplanches diminue ces infiltrations.

Pièces d'eau et rivières artificielles. Les petits lacs et étangs situés dans Paris et surtout dans sa périphérie (Bois de Boulogne, Bois de Vincennes. Parcs de Meudon et de Saint-Cloud) sont artificiels. Seul le Lac de Saint-Mandé est situé à l'emplacement d'un ancien étang naturel, exutoire du ru de Montreuil. Les rivières des Bois de Boulogne et de Vincennes reliant les différentes pièces d'eau sont également artificielles. Ces ensembles sont alimentés par de l'eau de la Seine ou de la Marne.

Égouts. Peu à peu, le réseau d'assainissement (égouts, collecteurs, émissaires, déversoirs) s'est substitué au réseau hydrographique naturel. Dans les secteurs équipés en système « séparatif », les eaux de pluies s'écoulent directement dans la Seine ou les rivières affluentes. Dans les secteurs équipés en système « unitaire », elles sont emmenées, comme les eaux usées, à Achères en dehors des limites de la feuille. La plus grande partie de la région envisagée étant équipée en système unitaire, seul le surplus des eaux des forts orages se déverse directement dans la Seine.

Le volume journalier d'eau d'égout reçu à Clichy pour être refoulé à Achères est supérieur à 1 000 000 m³.

Infiltration. Les surfaces libres à l'infiltration sont très limitées dans Paris intra-muros (squares et jardins publics, jardins privés, terrains de sport, cimetières) = 700 ha environ, soit 8 % de la surface totale. Dans les communes de banlieue très construites, la proportion peut être estimée à 30 %. Compte tenu des superficies respectives de Paris, des communes de banlieue et des zones non construites (bois, régions encore agricoles) on peut estimer que les « précipitations efficaces », elles-mêmes relativement faibles, ne peuvent donner lieu à infiltration que sur 40 % de la superficie de la feuille de Paris. Les puisards et des fuites d'ouvrages vétustés peuvent compenser ce défaut d'alimentation naturelle des nappes souterraines dû à l'urbanisation.

LES NAPPES SOUTERRAINES

Points d'eau utilisés. Les puits classiques tels que l'on en rencontre encore dans nos campagnes ont été jadis très nombreux à Paris, mais à l'heure actuelle il en reste peu.

Cependant, le niveau piézométrique des nappes est connu grâce aux forages réalisés pour recherche d'eau, aux piézomètres posés de plus en plus fréquemment dans les sondages de reconnaissance, enfin aux sondages de reconnaissance dans lesquels on a noté le niveau de l'eau (en début de poste).

Pour les forages en état d'exploitation, c'est-à-dire exploités ou pouvant être exploités (représentés sur la carte par des cercles rouges), la période de référence adoptée est 1965-1966, années pendant lesquelles a été faite une enquête sur tous les forages d'eau archivés au B.R.G.M. On a représenté également les forages déclarés en 1967.

La légende de la carte indique par des signes distinctifs la ou les formations contenant les captages de la couche aquifère. Elle permet en outre de distinguer les forages captant une nappe libre (cote de l'eau inférieure à la cote du toit du réservoir), ceux qui captent une nappe captive (cote de l'eau supérieure à celle du toit du réservoir), ceux qui captent plusieurs réservoirs et enfin les anciens forages, abandonnés, rebouchés, mais ayant fourni des renseignements hydrogéologiques, ainsi que les piézomètres et sondages de reconnaissance.

Compte tenu de la position des couches imperméables et de l'épaisseur des différentes formations aquifères, les niveaux d'eau fournis par ces ouvrages ont permis de construire par interpolation trois systèmes de courbes de niveau schématisant trois nappes semi-profondes différentes, soit de haut en bas :

- la nappe perchée surmontant les Marnes vertes;
- la nappe libre générale ou nappe phréatique;
- la nappe captive des sables yprésiens.

Les courbes hydro-isohypses construites représentent l'état moyen de ces nappes en 1965.

Nappe perchée surmontant les Marnes vertes (courbes vertes). Cette nappe libre circulant dans les Sables de Fontainebleau et la Formation de Brie a une extension limitée à quelques zones élevées.

Sur le plateau de Villejuif, la nappe très peu épaisse (moins de 3 m) située dans la partie inférieure du Calcaire de Brie, n'est sans doute pas continue. S'écoulant vers le Sud, elle émerge par quelques sources à Vitry et Cachan.

Plus au Sud (en dehors de la feuille de Paris), elle s'écoule par des sources beaucoup plus nombreuses dans les communes d'Orly, Rungis, Thiais, l'Hay-les-Rosés. L'aqueduc d'Arcueil amenait à Paris les eaux captées au Nord de Rungis dans la propriété du Grand Carré (Belgrand, 1872).

Sous le plateau de Meudon - Clamart (Bois de Meudon, Vélizy-Villa-coublay, Clamart et le Plessis-Robinson), les Sables de Fontainebleau, dont l'épaisseur peut atteindre 60 m, sont aquifères dans leur partie inférieure (épaisseur saturée : environ 15 m au centre du massif).

Peu de forages ou puits atteignent cette nappe dont les isopières ne sont pas connus avec précision. Ils ont été tracés à l'aide de quelques niveaux récents et en tenant compte de la carte de Delesse. De nombreuses sources émergent autour de ce massif au contact des Marnes à Huîtres ou des Marnes vertes. La Fontaine Sainte-Marie, dans le bois de Clamart, sort au-dessus des Marnes vertes, à la cote + 103. Au Plessis-Robinson, plusieurs sources sortent des Sables de Fontainebleau à la surface des Marnes à Huîtres en tête du vallon du ruisseau de la Fontaine du Moulin.

Sous le plateau de Garches, il existe sans doute une couche aquifère sur les Marnes vertes ou supragypseuses. La carte de Delesse indique quelques niveaux relevés dans des puits (+ 106, + 114 à Garches). Il est vraisemblable qu'actuellement une nappe peu épaisse s'écoule vers la vallée de la Seine en passant sous les éboulis.

Au Mont-Valérien, d'après Delesse, on peut tracer une courbe hydro-isohypse fermée à la cote + 105. Dienert pensait que la source émergeant à la cote + 50, rue du Val-d'Or à Suresnes, provenait de cette nappe par l'intermédiaire d'une pierrée. A Nanterre, cet auteur signale deux autres sources au niveau des glaises vertes sous la rue de la Source.

A Montmartre, les eaux d'infiltration circulant dans le Calcaire de Brie surtout, s'écoulent vers le Nord entre les altitudes + 105 et + 90. La Fontaine du But émergeant sur le flanc nord de la colline, vers + 93, alimentait un petit ruisseau qui suivait le tracé actuel de la rue de la Fontaine-du-But et de la rue du Ruisseau. Actuellement, elle s'écoule en égout.

La partie supérieure de la colline de Belleville - les Lilas - Montreuil contient une nappe non négligeable circulant dans le Calcaire de Brie, principalement. Les Sables de Fontainebleau, dont l'affleurement est beaucoup plus réduit, ne sont aquifères, sur 1 ou 2 m, que dans la partie haute des Lilas au Sud du Fort de Romainville. L'épaisseur mouillée du Calcaire de Brie est en général plus importante (jusqu'à 5 m). La forme de cette nappe épouse la topographie, donnant naissance à des sources à Belleville, Bagnolet, Montreuil, Fontenay-sous-Bois, Nogent-sur-Marne, Romainville, Pantin et au Pré-Saint-Gervais. Celles du Pré-Saint-Gervais et de Belleville (sources du Nord) captées dès le Moyen Age ont alimenté pendant longtemps des fontaines dans Paris (aqueducs de Belleville, de Saint-Martin, de Saint-Louis). Certaines pierrées coulent encore (2,5 l/s au Trou Morin en juin 1966), mais la plupart se déversent maintenant dans les égouts.

La nappe surmontant les Marnes vertes est donc peu importante en extension et en épaisseur sur la feuille de Paris. Elle peut alimenter quelques forages dans la région de Villacoublay. Ailleurs, elle doit être considérée pour les travaux de fouilles ou galeries, mais ne peut être exploitée.

Nappe phréatique (ou nappe libre générale) (courbes bleues). La surface représentée correspond à l'enveloppe supérieure de tous les premiers niveaux d'eau que l'on observe en forages, sondages ou fouilles. En relation hydraulique étroite avec la Seine, cette surface libre intéresse tout d'abord les alluvions au fond de la vallée puis s'étend latéralement dans les formations encaissantes passant en général sous les collines coiffées par la nappe perchée au-dessus des Marnes vertes. Dans les grandes lignes, la forme de cette surface épouse donc la surface topographique atténuant particulièrement les reliefs recouverts par les Marnes vertes.

Le carton II indique la formation aquifère dans laquelle on rencontre cette première nappe libre générale.

Eaux des alluvions. Théoriquement la nappe alluviale reste importante, bordant largement la Marne et la Seine tout au long de leur parcours.

L'épaisseur mouillée des alluvions, qui dépend surtout de l'altitude de leur base, peut atteindre 10 m dans certaines zones : centre de Paris R.G. (Monnaie), Issy-les-Moulineaux, Gennevilliers, Nanterre. En moyenne, elle est de 5 mètres.

Mis à part le cas spécial du centre de Paris R.D. où l'assèchement est artificiel, dans les zones suivantes, les alluvions sont dénoyées car elles sont nettement perchées au-dessus de la vallée :

- Bois de Vincennes.
- Parties hautes de Maisons-Alfort - Crétel.
- Terrasses élevées sur la rive gauche (dans Paris, au Kremlin-Bicêtre, à Malakoff).
- Centre de Paris, R.D. entre Saint-Merri, le Faubourg Montmartre et la gare Saint-Lazare.
- Bois de Boulogne - Neuilly - Levallois.
- La Garenne-Colombes

Eaux des Sables de Monceau. Par suite de l'abaissement général des eaux souterraines, les Sables de Monceau, remarquablement constants sous le Ludien inférieur dans le quart NE, ne sont aquifères actuellement que par endroits à Pierrefitte et au Nord de Saint-Denis ainsi qu'à Blanc-Mesnil, Aulnay-sous-Bois, Noisy-le-Sec, Rosny-sous-Bois, Villemomble.

Eaux du Calcaire de Saint-Ouen. Le Calcaire de Saint-Ouen constitue le réservoir de la première nappe libre dans la zone synclinale : 18^e arrondissement, Aubervilliers, la Courneuve, Pantin, Drancy, Dugny, Aulnay. Dans ces deux dernières localités, la nappe, dont la surface est très proche du sol, émerge par quelques sources. Le Calcaire de Saint-Ouen est également aquifère sous les alluvions à Saint-Maur, Bonneuil, Crétel, Maisons-Alfort, Alfortville, Vitry et sous la boucle de Gennevilliers.

Eaux des Sables de Beauchamp. Les Sables de Beauchamp, en position plus basse, sont aquifères sur des aires plus importantes sous la boucle de Gennevilliers, sous la Butte Montmartre et sous la colline de Belleville -Montreuil jusqu'au Perreux.

Eaux du Lutétien. Presque partout présent sous Paris et sa banlieue, le Lutétien contient une nappe très importante par son extension et son épaisseur. Le carton II indique les zones où cette nappe est libre. L'épaisseur mouillée est variable avec la structure (20 m sous la place du Panthéon, 6 m sous l'Étoile). Par endroits l'épaisseur mouillée du Lutétien diminue jusqu'à s'annuler, par exemple à Ivry-sur-Seine, dans le quartier Croulebarbe (13^e arrondissement). Porte de Vanves, dans le 16^e arrondissement et à Rueil-Malmaison où il est entièrement dénoyé, les eaux de la première nappe, peu épaisse, se trouvent exceptionnellement dans les sables yprésiens.

La nappe libre du Lutétien s'écoule par quelques sources. Gérards (1908) en a signalé dans le 13^e arrondissement et Dienert (1948), à Vanves et Issy-les-Moulineaux. Certaines coulent encore actuellement. Sous l'anticlinal de Meudon, la nappe du Lutétien ne semble pas captive.

Nappe captive du Lutétien (non représentée). Sous les alluvions et les Sables de Beauchamp aquifères (dans la vallée et en zone synclinale), la nappe du Lutétien devient captive. Sous les alluvions, elle est en charge de chaque côté de la Marne et de

la Seine, surtout à Champigny, Saint-Maur, Maisons-Alfort, dans Paris dans les 12°, 8° et 7° arrondissements, à Levallois, Colombes et Bezons. Dans ces zones, la charge ascensionnelle n'est jamais très importante, mais tout le réservoir Lutétien est plein d'eau, les niveaux piézométriques étant voisins de ceux des eaux, des alluvions, eux-mêmes en relation avec la Seine. Sous les Sables de Beauchamp, dans la zone synclinale, le Lutétien mouillé sur toute sa hauteur contient une nappe très importante. L'épaisseur mouillée varie entre 25 et 50 mètres. Les épaisseurs les plus importantes (> 50 m) sont situées sous Montmartre, sous les Buttes-Chaumont et sous les communes de Blanc-Mesnil, Aubervilliers et la Courneuve. Dans cette zone synclinale, les niveaux piézométriques diffèrent selon la profondeur de la prise de pression. On observe en général une diminution progressive des pressions en profondeur. En effet, dans l'ensemble, les niveaux relevés dans le Calcaire grossier indiquent une dépression centrée sur la région de Saint-Denis, Aubervilliers, la surface piézométrique étant intermédiaire entre la nappe phréatique et la nappe captive des sables yprésiens à pression encore inférieure. En certains points, cette dépression artificielle peut faire considérer la nappe comme étant libre (réservoir en partie dénoyé).

Nappe captive des sables yprésiens (couleur mauve). La carte d'épaisseur cumulée des sables yprésiens montre l'importance de cette nappe dite « du Soissonnais ». En effet, partout où ils existent, ces sables sont aquifères. Ils recouvrent une grande partie de la feuille; seuls les sondages implantés sur l'anticlinal de Meudon n'en ont pas indiqué. A proximité des rares affleurements, la nappe des sables yprésiens est libre sur de petites surfaces à Auteuil, Passy, dans le quartier Croule-barbe, à la Porte de Vanves et à Rue-Malmaison. Elle s'écoule même par quelques sources jadis très connues à Auteuil et Passy, ainsi qu'à Nanterre. Partout ailleurs l'aquifère s'enfonce sous le Lutétien et la nappe devient captive. Elle est donc particulièrement épaisse en zone synclinale sous les communes de Blanc-Mesnil, la Courneuve, Aubervilliers, Villeneuve-la-Garenne et Argenteuil (épaisseur des sables supérieure à 30 m). Les courbes hydro-isohypses indiquent une dépression centrée sur les communes industrielles de la banlieue nord de Paris où certains niveaux relevés récemment se maintiennent à la cote zéro. Du quai des Tuilleries au centre de cette dépression, le gradient est de 3 pour mille environ. Cette valeur est à peu près identique à la pente structurale du synclinal que cette dépression épouse sensiblement. Sous la colline de Montreuil, où l'épaisseur cumulée des sables yprésiens reste importante, la piézométrie est mal connue. Il est probable que la dépression atteigne également cette zone. Cette nappe est alimentée par écoulement latéral depuis le Nord et l'Est, par drainance des nappes supérieures et par infiltration d'eau de Seine.

Eaux de la craie sous les alluvions. Dans la boucle de Boulogne et dans la plaine de Grenelle (15° arrondissement), les eaux de la partie supérieure de la craie, en équilibre avec celles des alluvions, constituent une nappe très plate qui se maintient au niveau de la Seine.

A Rueil-Malmaison, en bordure de Seine, les niveaux relevés dans plusieurs forages ou sondages de reconnaissance montrent qu'ici la nappe de la craie est beaucoup plus basse (cote + 10 environ).

Eaux de la craie sous le Tertiaire. Actuellement sous recouvrement tertiaire, les eaux de la craie ne remontent pas au-dessus du niveau de la Seine. Dans le centre de Paris, rive droite et dans la fosse de Saint-Denis, nous ne possédons pas de mesures récentes de niveau piézométrique, plusieurs forages l'atteignent mais captent simultanément l'Éocène inférieur; d'après des mesures anciennes, il serait inférieur à celui des nappes sus-jacentes.

Sur la rive gauche de la Seine, sous les 6° et 13° arrondissements et sous Ivry et Gentilly, les niveaux se maintiennent au-dessous de + 20, plus bas que ceux de la nappe libre du Calcaire grossier.

Relativement bien séparé des eaux de l'Éocène par l'Argile plastique, le réseau aquifère de la craie semble donc être alimenté surtout par écoulement subhorizontal depuis la nappe présente sous les alluvions à la faveur du pendage vers le Nord.

Nappe de l'Albien (cartouche III). Cette nappe réputée peut être atteinte sous n'importe quel point de la feuille de Paris à une profondeur variant entre 450 m et 750 m suivant la position tectonique et la cote au sol. Elle est contenue dans les trois couches sableuses de Frécamault, des Drillons et des Sables verts. Les argiles du Gault et les Marnes de Brienne forment le toit imperméable. Dans l'ensemble du Bassin de Paris, son écoulement est convergent vers un axe de drainage apparent correspondant à peu près à la vallée de la Seine. Sur la feuille de Paris où les forages sont particulièrement nombreux, les courbes hydro-isohypses se ferment, indiquant une dépression centrée sur la banlieue nord et qui est l'effet cumulé des exploitations par forage depuis un siècle. Dans l'agglomération parisienne, les eaux de l'Albien ne sont plus artésiennes au sol, comme elles l'étaient à l'origine.

Relations entre les nappes. Le long de l'anticlinal de Meudon, la nappe captive des sables yprésiens est reliée horizontalement à la nappe phréatique. Il n'y a discontinuité que lorsque l'argile plastique affleure, par exemple à Auteuil. En zone synclinale, ces deux nappes communiquent par drainance provoquée par les pompages.

Entre la nappe perchée au-dessus des Marnes vertes et la nappe libre générale, on rencontre des réseaux intermédiaires d'infiltration, en particulier dans les masses et marnes du gypse, les Sables de Monceau, les faciès de substitution du gypse et surtout dans les éboulis, très importants dans la région parisienne autour des collines. Par exemple, autour de Montmartre, on rencontre des niveaux d'eau dans le Ludien vers + 50, + 53, + 56 et dans les éboulis à + 62.

Passant sous les éboulis, une partie des eaux issues de la nappe surmontant les Marnes vertes se réinfiltre dans les formations inférieures. Ayant traversé des formations gypseuses, ces eaux augmentent considérablement la minéralisation de la nappe libre générale, souvent séléniteuse même dans les alluvions.

Variations piézométriques. Les surfaces de la nappe phréatique libre et de la nappe captive des sables yprésiens sont souvent plus basses que le niveau de la Seine. Leurs variations naturelles saisonnières sont liées aux variations du niveau du fleuve indiquées plus haut.

Dans Paris, sur la rive droite, on a observé les variations suivantes :

Distance à la rive		Amplitude des variations annuelles	Nappe
Seine	0 m	3,00 m	
Hôtel de Ville	21 m	2,44 m	Phréatique (Lutétien)
Place Saint-Gervais	112 m	1,36 m	Phréatique (Lutétien)
Avenue de Wagram	1 350 m	1,50 m	Sables yprésiens (+ calc. grossier inférieur)

Sur la rive gauche de la Seine, dans la région de la Défense où l'écoulement de la nappe est dirigé vers le fleuve qui joue le rôle de niveau de base :

Distance à la rive		Amplitude des variations annuelles	Nappe
Seine	0 m	2,85 m	
Piézomètre situé à	70 m	2,60 m	Phréatique (alluvions)
	210 m	1,56 m	
	490 m	1,52 m	
	580 m	1,13 m	
	70 m	2,48 m	
Piézomètre situé à	490 m	1,40 m	Sables yprésiens
	800 m	1,28 m	

La pointe de la crue se manifeste dans la nappe avec un retard qui croît avec l'éloignement du fleuve.

Sur l'anticlinal de Meudon, la nappe qui circule dans le Calcaire grossier semble être haute en été et basse en hiver (janvier). Les fluctuations hebdomadaires ou même quotidiennes correspondant à la mise en marche et à l'arrêt des nombreux captages qui existent dans cette région masquent ces variations naturelles. Dans Paris, avenue de Wagram, ces variations artificielles atteignent 40 cm, mais elles augmentent lorsque l'on se rapproche des secteurs exploités; la fermeture des usines en août provoque une remontée du niveau de 7 m à proximité de la Porte de la Chapelle. La plupart des variations maximales observées correspondent à la somme des fluctuations artificielles et naturelles.

ABAISSEMENT DES NIVEAUX PIÉZOMÉTRIQUES

Nappe phréatique. Les quelques chiffres du tableau ci-dessous permettent de comparer les niveaux relevés par Delesse en 1854 et ceux que l'on peut observer actuellement .

Localisations	Delesse	1960-1965	Abaissement
Gare Saint- Lazare	+ 29	+ 17	12
Etoile	+ 28	+ 24	4
Porte Saint-Denis	+ 30	+ 25	5
Bastille	+29	+ 25	4
Gare Montparnasse	+ 29	+ 29	0
Ecole militaire	+ 28	+ 28	0
Luxembourg	+ 27	+ 27	0
Grennevilliers	+ 24	+ 20	4
Niveau moyen de la Seine	en amont du barrage-écluse de la Monnaie : + 26,3; en aval : + 24,6 Île Saint-Denis : + 22,30	en amont de Suresnes : + 26,39; en aval : + 23,22.	

Nappe des sables yprésiens. Lors de l'exécution des premiers forages dans Paris et sa banlieue, au début du XIX^e siècle, le niveau piézométrique de cette nappe s'établissait entre les altitudes + 40 et + 50. Héricart de Thury cite + 46 m à la brasserie de Maison-Blanche (13^e arrondissement), + 49 à Montrouge, + 40 à Épinay. Actuellement, on constate que dans la banlieue nord de Paris, les cotes piézométriques sont souvent inférieures à + 5 sous les communes de Saint-Denis et Aubervilliers. Le carton V représente l'extension géographique de l'abaissement constaté depuis 1854; les cotes d'origine ont été fournies par la carte de Delesse (1862).

Nappe de l'Albien. Dans les forages à l'Albien exécutés depuis 1841, on constate une diminution des débits artésiens et un abaissement du niveau piézométrique. D'une façon générale, pour Paris et la banlieue nord, J. Lauverjat (1967) a mis en évidence une baisse annuelle moyenne de 1 m entre 1841 et 1933, et de 1,90 m entre 1933 et 1941. Mais de 1941 à 1945, par suite de la guerre et de la mise hors service de nombreux forages exploitant la nappe de l'Albien, l'abaissement moyen n'a été que de 0,15 m par an. Depuis 1945, cette valeur semble se stabiliser en moyenne à 0,70 m par an. Cette baisse, qui s'accélère lorsque les prélevements augmentent, persiste encore lorsque ceux-ci diminuent (période 1945-1962).

L'exploitation des nappes par forages n'est pas la seule cause de ces évolutions de niveau à long terme. L'effet de la réduction de l'infiltration des eaux météoriques et les exhaures consécutives à certains ouvrages souterrains ne sont pas négligeables. Dans le quartier de l'Opéra, on peut estimer l'abaissement moyen à 13 cm par an entre 1860 et 1960 et 1 m par an depuis 1960. Dans la fosse de Saint-Denis, l'abaissement moyen annuel serait de 1,20 entre 1960 et 1965 pour les nappes du Lutétien et de l'Yprésien.

PROPRIÉTÉS PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX SOUTERRAINES

Température. Les températures mesurées à la sortie immédiate des forages aux nappes semi-profondes sont en général comprises entre 12 et 14 °C. Ces eaux venant de profondeurs comprises entre 20 et 80 m, on constate que ces températures correspondent bien à la température moyenne annuelle de l'air augmentée de 1 à 3 °C de gradient géothermique (32 m à Carrières-sur-Seine). Mais si ces eaux n'ont jamais une température inférieure à 12 °C, elles atteignent souvent une température nettement supérieure à 14 °C (15, 16, 17 et même 20 °C). Ceci peut s'expliquer d'abord par l'augmentation de la température extérieure (effet urbain + 2 °C), ensuite par des causes locales très variables (constructions souterraines, égouts, réinjection d'eaux plus ou moins usées et parfois réchauffées dans des circuits de climatisation).

Minéralisation moyenne des différentes nappes. Le tableau ci-dessous indique les valeurs médianes et interquartiles (ou moyennes) des principales données physico-chimiques des différentes nappes calculées sur 160 analyses rassemblées.

Nappe	P à 20°	PH à 20°	TU	O ₂ cédé par MnO ₄ K	TAC	Alcalinité en CaO	SiO ₂	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Fe ⁺⁺
Eaux des alluvions	950	7,2	80 (50 à 140)		26		10	320	37	690						
Eaux de la craie sous alluvions	1411*		45*						34*	200*		156*				
Eaux du Lutétien	690	7,2	85 (67 à 125)	0,5	33 (28 à 37)	180	20	400	55 (38 à 76)	600 (350 à 900)	2 (0 à 12)	245	57	25	3	0,2
Eaux de l'Yprésien	1400	7,1	43 (36 à 62)	0,5	34 (29 à 37)	185	15	415	17 (11 à 28)	70 (30 à 260)	0 (0 à 1)	110 (110 à 200)	32 (24 à 52)	13 (10 à 19)	2 (1 à 3)	0,2 (0,1 à 0,3)
Eaux de la craie sous le Tertiaire	817*		113*						69*	880*						
Eaux de l'Albien			10					160*	9*	12*		28*	8*			0,2*

EXPLOITATION DES NAPPES

L'exploitation des nappes n'est pratiquement plus faite que par forages. Les rares sources, captées encore actuellement, n'alimentent que quelques particuliers. Les puits classiques de grand diamètre sont de plus en plus rares.

Nombre de forages. D'après les archives des sondeurs déposées au B.R.G.M. et la bibliographie consultée, il a été effectué environ 2 000 forages pour eau sur la feuille de Paris depuis le début du XIX^{ème} siècle.

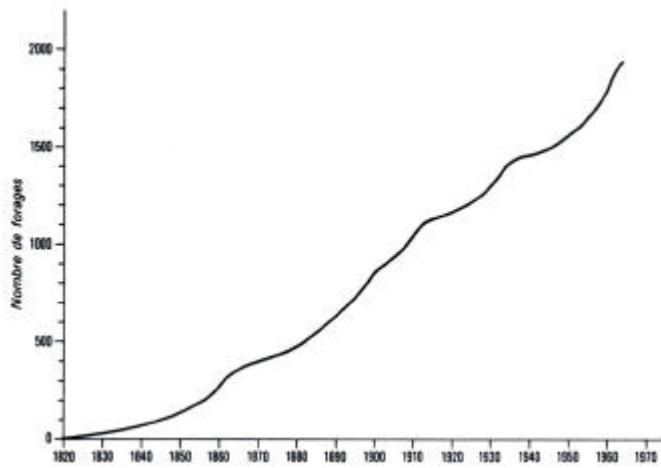


Fig. 5 — Nombre de forages cumulés depuis 1920.

Tous les forages n'ayant pas été déclarés à l'Administration, ce chiffre est certainement inférieur à la réalité. Effectués par battage au trépan ou, de plus en plus, au rotary, ils ont en général entre 30 et 80 m de profondeur. Le décret-loi du 8 août 1935 sur la protection des eaux souterraines a limité le nombre de ceux qui dépassent 80 m pour atteindre la nappe de l'Albien (25 forages) ou de l'Yprésien (56 en état d'exploitation actuellement) et parfois de la craie. Ces ouvrages sont généralement crépines sur 10, 20 ou 30 m de hauteur, les crépines ayant entre 200 et 500 mm de diamètre. D'après les enquêtes faites auprès des propriétaires, 514, soit le quart environ de ces forages, sont actuellement en état d'exploitation (exploités, ou arrêtés depuis peu, mais non rebouchés, ou en attente d'être exploités).

Une grande partie d'entre eux capte plusieurs nappes simultanément. Si l'on tient compte de cette mixtion, la répartition par nappe de ces ouvrages est la suivante :

Forages	Nappes								
	des alluvions	des Sables de Fontainebleau	du Calcaire de Saint-Ouen	des Sables de Beauchamp	du Lutétien	de l'Yprésien	du Montien	de la craie	de l'Albien
Parmi d'autres nappes, nombre de forages captant celle	14	0	14	9	120	108	29	34	0
Forages ne captant que la nappe	21	4	2	2	169	79	3	63	25
Total	35	4	16	11	289	187	32	97	25

Les nappes du Lutétien et de l'Yprésien sont donc les plus exploitées. 94 forages captent ces deux niveaux simultanément. Ces forages mixtes sont très regrettables, car ils favorisent le mélange des nappes différentes au point de vue chimique.

Débits obtenus aux essais. Les débits obtenus aux essais par les entrepreneurs à la demande des propriétaires ne sont pas toujours les débits de production maximaux et surtout, n'étant pas tous effectués dans les mêmes conditions (diamètre, hauteur crépinée, durée de pompage, rabattement déterminé en fin d'essai...), ils sont difficiles à comparer entre eux. Ils varient entre 1 et 370 m³/h avec la distribution suivante :

Débit de prélevement m ³ /h	1 à 25	25 à 50	50 à 100	100 à 150	150 à 200	200 à 250	250 à 370
Effectif relatif %	23	27	26	12	3	6	3

Les plus forts débits obtenus aux essais sont :

- 370 m³/h pour un rabattement de 5,5 m dans le Lutétien (forage 1833C106 à Saint-Denis);
- 236 m³/h pour un rabattement de 17 m dans l'Yprésien (forage 1832B081 à Épinay-sur-Seine).

Ces deux forages sont situés dans la fosse de Saint-Denis. Dans cette région, pour satisfaire les besoins importants de l'alimentation publique et de grosses industries, les débits élevés sont obtenus facilement par des forages exécutés suivant de bonnes techniques.

Prélèvements par nappe (carton IV). D'après une enquête faite auprès des utilisateurs de forages, le volume annuel total prélevé actuellement dans les nappes souterraines dans les limites de la feuille de Paris dépasse 100000000 m³, soit environ 300000 m³/jour. Cette valeur est certainement inférieure à la réalité puisque sur 561 utilisateurs interrogés, 474 seulement ont répondu. Compte tenu d'abord de l'existence de certains forages non archivés au B.R.G.M. (10% en plus?), ensuite des utilisateurs qui n'ont pas répondu à l'enquête, on peut estimer que ces évaluations peuvent être majorées de 30%. La répartition par réservoir est la suivante (en milliers de m³/an) :

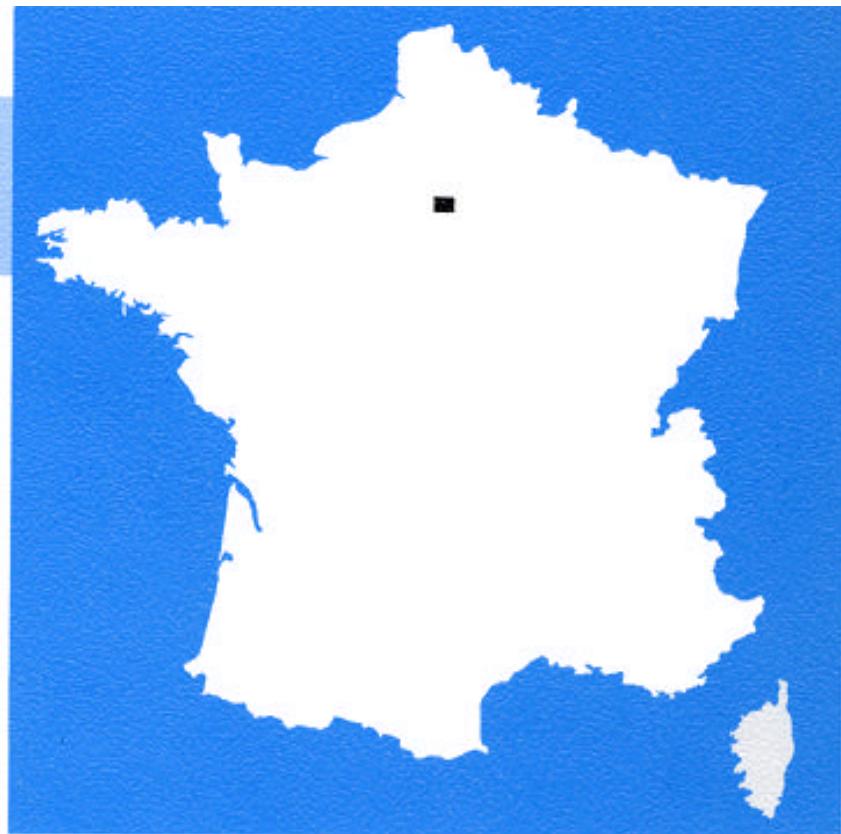
Réservoir	Milliers m ³ /an
Alluvions	3 074
Sables de Fontainebleau	70
Ludien	29
Calcaire de Saint-Ouen	262
Sables de Beauchamp	435
Lutétien	36 218
Yprésien	33 099
Montien	1 287
Craie	19 951
Albien	13 802
Total	108 217

Les réservoirs lutétiens et yprésiens sont de loin les plus sollicités. Le débit total des forages à l'Albien était resté inférieur à 900 m³/h jusqu'en 1935. A cette date, il était passé à près de 2 500 m³/h, mais a diminué légèrement depuis (environ 1 900 m³/h en 1965).

Utilisation des eaux souterraines. Près de la moitié du volume d'eau captée dans le sous-sol de l'agglomération parisienne est utilisé comme eau potable. Le reste est utilisé surtout pour des échanges thermiques : refroidissement, réfrigération et climatisation.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- BELGRAND E. (1872-1887). Travaux souterrains de Paris. 5 vol., Dunod.éd.
- CASTANYG., LAFFITTE P. et SOYER R. (1957). Sur l'appauvrissement des eaux souterraines de l'Île-de-France et en particulier de la nappe dite du Soissonnais. *Bull. Soc. géol. Fr.* (6), t. VII, p. 1035-1043.
- CHARBONNIER Ph. (1966). Problèmes hydrogéologiques posés par la réalisation de galeries souterraines dans la craie de la région parisienne. Note présentée à l'A.G. B. P. le 24 mai 1966.
- DEGOUSÉE et LAURENT (1861). Guide du sondeur ou traité théorique et pratique des sondages. Garnier Frères, éd. Paris, 2 vol., 491 et 532 p., 1 atlas de 60 planches.
- DELESSE, BEAULIEU et YVERT (1861). Rapport au sujet de l'inondation souterraine qui s'est produite dans les quartiers nord de Paris en 1856. Neuilly, imprim. Giraudet, in-4°, 114 p., 1 carte.
- DELESSE A. (1862). Carte hydrologique du Département de la Seine. DIENERT Fr. (1948). Hydrologie souterraine du Département de la Seine. Publication de la Commission du Bassin de la Seine. Paris, imprim. Gauthiers-Villars. in-4°, 31 p.
- DIFFRE Ph. et RAMBERT B. (1966). État de la documentation sur les ouvrages souterrains implantés sur la feuille de Paris et synthèse hydrogéologique provisoire. Rapport B.R.G.M.-D.S.G.R. 66 A 66 (inédit). DIFFRE Ph. (1967). Historique de l'alimentation en eau de Paris. *Bull. B.R.G.M.*, n° 4, p. 3 à 22.
- DIFFRE Ph. et MÉGNIEN Cl. (1968). Abaissement des nappes aquifères dans l'agglomération parisienne. *Bull. B.R.G.M.*, Série 3 : *Hydrogéologie*, n° 4.
- DOLFFUSS G.-F. (1925). Notes hydrologiques et géologiques sur les environs de Paris, *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, t. XXX, n° 162, p. 21.
- DOLFFUSS G.-F. (1929). Notes géologiques et hydrologiques sur les bassins de la Seine et de la Loire. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, t. XXXIII, n° 176, 17-37.
- DOLLOT A. (1915). Les sables d'Auteuil et les eaux minérales d'Auteuil et de Passy. *C. R. som. Soc. géol. Fr.*, 26 avril, p. 67-69.
- GÉRARDS (1908). Paris souterrain. Garnier Frères, éd.
- GRISOLLET H. (1958). Climatologie de Paris et de la région parisienne. Mémorial de la Météorologie nationale, n° 45, Paris.
- LAUVERJAT J. (1967). Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique de l'Albien dans le centre du Bassin de Paris. Thèse 3^{ème} cycle, Fac. des Sciences de Paris.
- MÉGNIEN Cl., BERGER G., DIFFRE Ph., LAUVERJAT J., RAMBERT B., RAMPON G., TURLAND M., VILLALARD P. (1968). Atlas des nappes aquifères du District de la Région de Paris (*à paraître*).
- PÉDELABORDE P. (1957). Le climat du Bassin parisien. Éd. Génin, Librairie de Médicis, Paris.
- RAMBERT B. et DIFFRE Ph. (1968). Variations piézométriques des nappes aquifères du secteur couvert par le S.G.R. Bassin de Paris. — I. Région parisienne immédiate. Rapport B.R.G.M. 68 SQL 57 BDP (inédit).
- RAMOND et DOLLOT (1902). Études géologiques dans Paris et sa banlieue. Chemin de fer d'Issy à Viroflay. *Bull. A.F.A.S.*
- SOYER R. (1932). Étude des possibilités d'alimentation en eau par les nappes souterraines du parc zoologique de Vincennes. *Bull. Mus. Hist. Nat.* (2), t. IV, n° 8, p. 1054.
- SOYER R. (1941). Notice géologique récapitulative sur les lignes et prolongements nouveaux des réseaux métro urbain et suburbain. Édit. du Service technique du Métropolitain, 38 p., 1 carte.
- SOYER R. (1942). Les eaux souterraines du Jardin des Plantes et de ses annexes. *Mém. Mus. Hist. Nat.*, t. XVI, fasc. 2.
- SOYER R. (1947). L'artésianisme du Lutétien dans la fosse synclinale de Saint-Denis. *Bull. Mus. Hist. Nat.*, t. XIX, n° 2, p. 237-242.
- SOYER R. (1950). Hydrogéologie du Lutétien. Les eaux du Lutétien à Paris. 3^e note. *Bull. Mus. Hist. Nat.* (2), t. XXII, n° 3, p. 420-428.
- SOYER R. (1950). Hydrogéologie du Lutétien sur l'anticlinal de la Seine et de Meudon. 4^e note, *Bull. Mus. Hist. Nat.* (2), t. XXII, n° 5, p. 643-650.
- SOYER R. (1953). Géologie de Paris. *Mém. Serv. Carte géol. Fr.*, 1 vol. in-4°, 610 p., 46 fig., tabl., 6 pi. et 5 cartes.
- SOYER R. (1958). Les problèmes hydrogéologiques de la craie dans la région parisienne. *Mémoires de l'A.I.H.*, t. II, p. 134 à 140.



PARIS

PONTOISE	L'ISLE-ADAM	DAMMARTIN-EN-GOËLE
VERSAILLES		LAGNY
RAMBOUILLET	CORBEIL	BRIE-CTE-ROBERT