

# Tarissement et vidange des réservoirs de la Liane (Nord de la France)

Mohammed EL-OUAFI (1)

## RÉSUMÉ

*Les courbes de tarissement de la Liane présentent la succession de trois tronçons correspondant à la vidange de trois réservoirs. Au fur et à mesure que la saison de vidange se prolonge, l'élimination de l'une des composantes souterraines de l'écoulement entraîne un changement de pente de la courbe annuelle de tarissement avec maintien de son allure générale ou bien provoque une chute des débits.*

*Le régime de tarissement de chaque réservoir est fonction de sa capacité de stockage et des conditions d'alimentation.*

*L'écoulement de la Liane particulièrement lié à la complexité de ses réservoirs n'obéit pas aux régimes pluvio-métriques, et une faible corrélation existe entre le régime de tarissement et la pluie efficace pendant la saison de recharge.*

MOTS CLÉS : Tarissement — Vidange — Réservoirs élémentaires — Nord de la France.

## ABSTRACT

RECESSION AND EMPTYING OF LIANE RESERVOIRS (NORTHERN FRANCE)

*The recession curve of the Liane river introduces a succession of three segments corresponding to the emptying of three reservoirs. As the emptying season continues, the elimination of the underground flow component induces a slope change of the annual recession curve while maintaining its general shape.*

*The depletion regime of each reservoir depends on its storage capacity and flow conditions.*

*The Liane flow, particularly linked to reservoir complexity does not follow the rainfall regime and little correlation is observed between the depletion regime and the effective rainfall during the groundwater recharge season.*

KEY WORDS : Recession — Emptying — Elementary reservoir — Northern France.

## 1. INTRODUCTION

La Liane est une rivière du Nord de la France, à la station de jaugeage de Wirwignes ; la superficie du bassin versant est de 100 km<sup>2</sup>. Elle puise ses ressources en eau souterraine dans un aquifère principal du Crétacé supérieur (Cénomaniens et Turonien moyen et inférieur). Cet aquifère se présente sous forme d'une ceinture crayeuse qui marque la zone de passage du haut vers le bas-Boulonnais. Par ailleurs, des réservoirs multiples dans le Jurassique peuvent constituer localement des aquifères non négligeables. Parmi ceux-ci, on distingue essentiellement le réservoir des sables verts albiens et celui des caillasses et grès du Kimméridgien inférieur (fig. 1). Leurs surfaces d'affleurement sont réduites et sont très discontinues contrairement à ce qui se passe en pays crayeux.

L'étude des tarissements de la Liane à Wirwignes a fait l'objet d'un travail antérieur (EL-OUAFI, 1993) qui a permis d'obtenir la fonction de tarissement type. Le présent article soulève le problème de l'identification de la

---

(1) Laboratoire de climatologie et d'hydrologie B2, Cité scientifique. UST Lille, 59655 Villeneuve d'Ascq.

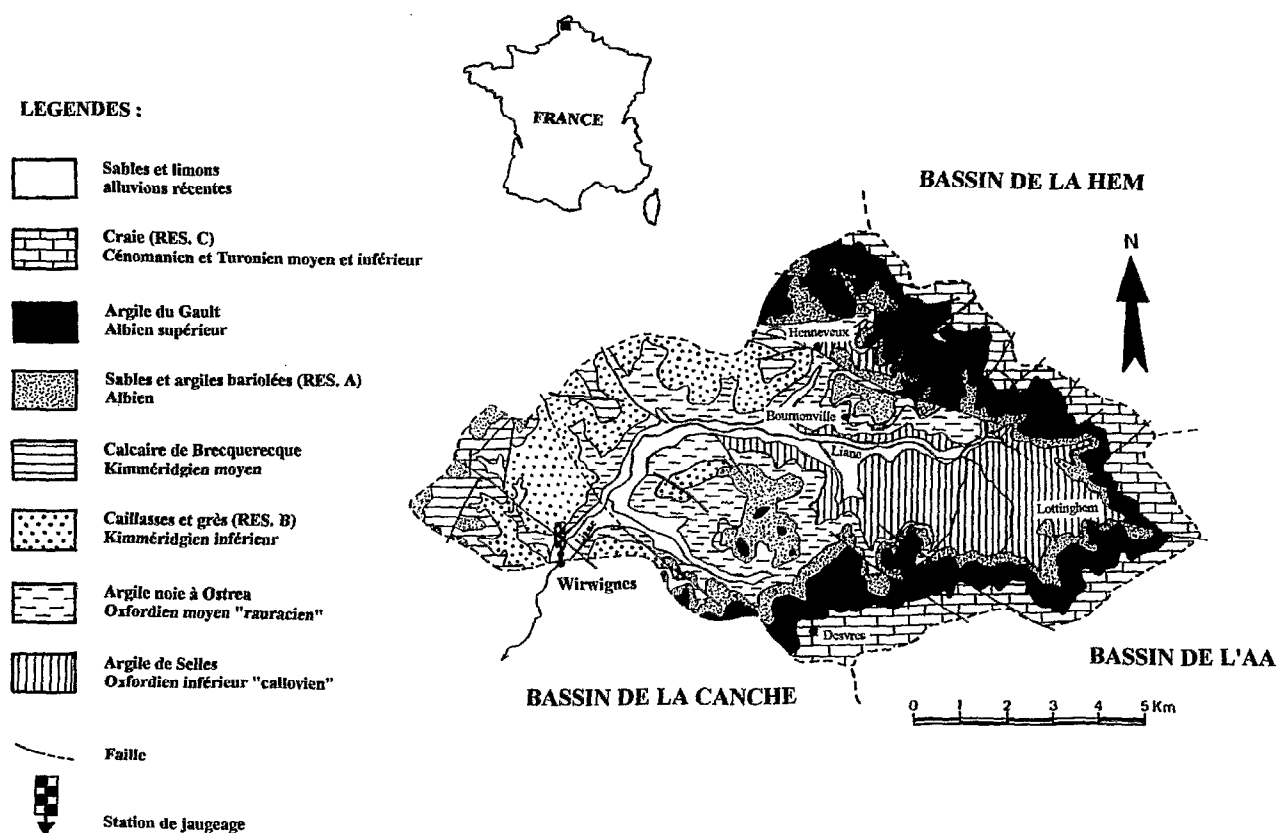


FIG. 1. — Carte géologique schématique du bassin de la Liane.

vidange des différents réservoirs à partir des courbes annuelles de tarissement. Il présente une détermination des paramètres de la fonction de tarissement pour chaque réservoir ainsi qu'une quantification des transferts hydriques nappe-rivière. La relation entre la pluie pendant la saison de recharge des nappes et la décroissance des débits de la rivière seront également traitées. Des éléments de réponse s'efforceront d'ouvrir d'autres voies de recherche sur des problèmes hydrologiques relatifs au contexte géologique particulier de ce bassin par comparaison à l'ensemble de la région du Nord de la France.

## 2. TARISSEMENT ET VIDANGE DES RÉSERVOIRS ÉLÉMENTAIRES

### 2.1. LES ÉTIAGES DE LA LIANE À WIRWIGNES

À Wirwignes, le régime de la Liane se caractérise par un contraste très fort entre la saison des hautes eaux et celle des basses eaux. Le débit caractéristique d'étiage ( $DC_E$  = débit caractéristique dépassé 355 fois sur une année moyenne) est estimé à  $1,3 \text{ l.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$  (EL-OUAFI, 1993 pour la période 1973-1989) ; ce même débit, calculé pour des bassins voisins (par le même auteur), est égal à  $2,10 \text{ l.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$  pour la Hem à Guémy (1966-1977), à  $4,34 \text{ l.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$  pour l'Aa à Wirwignes (1964-1989) et à  $4,75 \text{ l.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$  pour l'Authie à Dompierre (1963-1982). Les différences observées entre les  $DC_E$  montrent le faible soutien dont bénéficie l'écoulement de la Liane et la faible capacité régulatrice de ses réservoirs souterrains. Dans le bassin de la Liane, il correspond en période de basses eaux à un écoulement essentiellement souterrain estimé à  $1,00 \text{ l.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$  (MANIA, 1978).

Le calendrier d'apparition des étiages est régularisé par la forte baisse des apports souterrains, soutenue par un excédent pluviométrique nul. Le débit mensuel minimal (QMNA) s'observe dans 60% des cas en août et 30 % en septembre. Il varie entre  $1,08 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$  (septembre 1987) et  $0,11 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$  (août 1976). Le débit mensuel d'étiage (QME) se situe en août, il est égal à  $0,52 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ .

L'analyse d'autres variables d'étiage, telles que la moyenne mobile (VCNd) ou le débit minimal seuil non dépassé sur une durée continue d (QCNd), confirme les résultats précédents, quant à la période d'apparition d'étiage. On note également une baisse très sensible de leurs valeurs (tabl. I) par rapport à celles du QMNA et QME, qui subissent moins l'amortissement du cadre mensuel de calcul, faisant ainsi plus ressortir la sévérité du phénomène d'étiage aussi bien par leurs situations dans l'année que par leurs faibles valeurs. Quant au débit minimal sur une durée cumulée d (DCNd), des travaux antérieurs sur la région (DEVRED, 1989 et CHAPEAU, 1992) ont montré qu'il est peu adapté aux études d'étiage et aux petits bassins versants à régime variable car il ignore la chronologie et n'apporte rien sur les problèmes de continuité d'écoulement.

TABLEAU I  
Variables d'étiage de la Liane à Wirwignes en  $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$

Année	Étiage annuel	DCE	VCN5	QCNS	VCN10	QCNS10
1973	0,138 15.9.73	0,177 18.9.73	0,152 10.9.73/14.9.73	0,141 10.9.73/14.9.73	0,176 10.9.73/19.9.73	0,138 10.9.73/19.9.73
1976	0,098 27.8.76	0,102 17.8.76	0,101 20.8.76/24.8.76	0,099 20.8.76/24.8.76	0,101 18.8.76/27.8.76	0,098 18.8.76/27.8.76
1989	0,241 5.10.89	0,257 13.10.89	0,254 26.9.89/30.9.89	0,251 26.9.89/30.9.89	0,278 28.9.89/7.10.89	0,241 28.9.89/7.10.89
1990	0,141 12.9.90	0,178 13.9.90	0,167 4.9.90/8.9.90	0,161 4.9.90/8.9.90	0,162 6.9.90/15.9.90	0,141 6.9.90/15.9.90

## 2.2. RÉGIME DE TARIISSEMENT

Le tariissement de la Liane suit une loi exponentielle, le coefficient est estimé à  $1,53.10^{-2}$  et les débits mesurés à Wirwignes sont à plus de 96% d'origine souterraine. La capacité d'emménagement des réservoirs est faible et leur vidange est rapide (FOCQUENOY-NIEMCZYK, 1980).

Les courbes annuelles de tariissement montrent plusieurs niveaux avec des zones de passage correspondant à des chutes de débit d'importance variable (fig. 2). Ce phénomène est observé d'une manière systématique sur une vingtaine de cycles hydrologiques étudiés (entre 1973 et 1992). Ces seuils de fonctionnement hydraulique des différents aquifères apparaissent, d'une année sur l'autre, approximativement aux mêmes dates avec parfois des décalages dans le temps liés à la durée de la saison de recharge (tabl. II, p. 105). Ces points de chute de débit sont liés à la fin de l'influence des réservoirs souterrains sur l'écoulement de la Liane. L'analyse des dates d'apparition et de disparition de ces influences montre qu'il s'agit de trois tronçons élémentaires de tariissement s'apparentant chacun à l'un des trois réservoirs souterrains. Malgré l'aspect flottant du calendrier d'apparition et de disparition de ces influences, l'homogénéité des paramètres (durée et coefficient exponentiel) de la fonction de tariissement de chaque tronçon (tabl. III, p. 106) montre qu'il s'agit d'un phénomène régularisé par les paramètres hydrogéologiques (productivité, coefficient de tariissement, extension et conditions d'alimentation) des trois principaux réservoirs de la Liane (Albien, Kimméridgien, Cénomaniens et Turonien). Il s'agit d'une vidange simultanée de trois réservoirs successifs et chaque tronçon de la courbe générale de tariissement correspond à la courbe de vidange de l'un de ces réservoirs (LARRAS, 1972). Momentanément, des petites crues interrompent la décroissance des débits, provoquant une augmentation temporaire de leurs valeurs. Ces pluies se concentrent et ruissellent rapidement sur les affleurements argileux et marneux d'âge jurassique ; elles ne profitent ni à la reconstitution de la réserve du sol (R.U) ni à la recharge des nappes. À la fin de la décrue, on observe soit un retour à l'état antérieur du niveau de l'écoulement et, dans ce cas, le débit de vidange reste stable, soit à une baisse du débit à cause de l'élimination de l'une des composantes souterraines suite à la fin de l'influence de l'un des réservoirs.

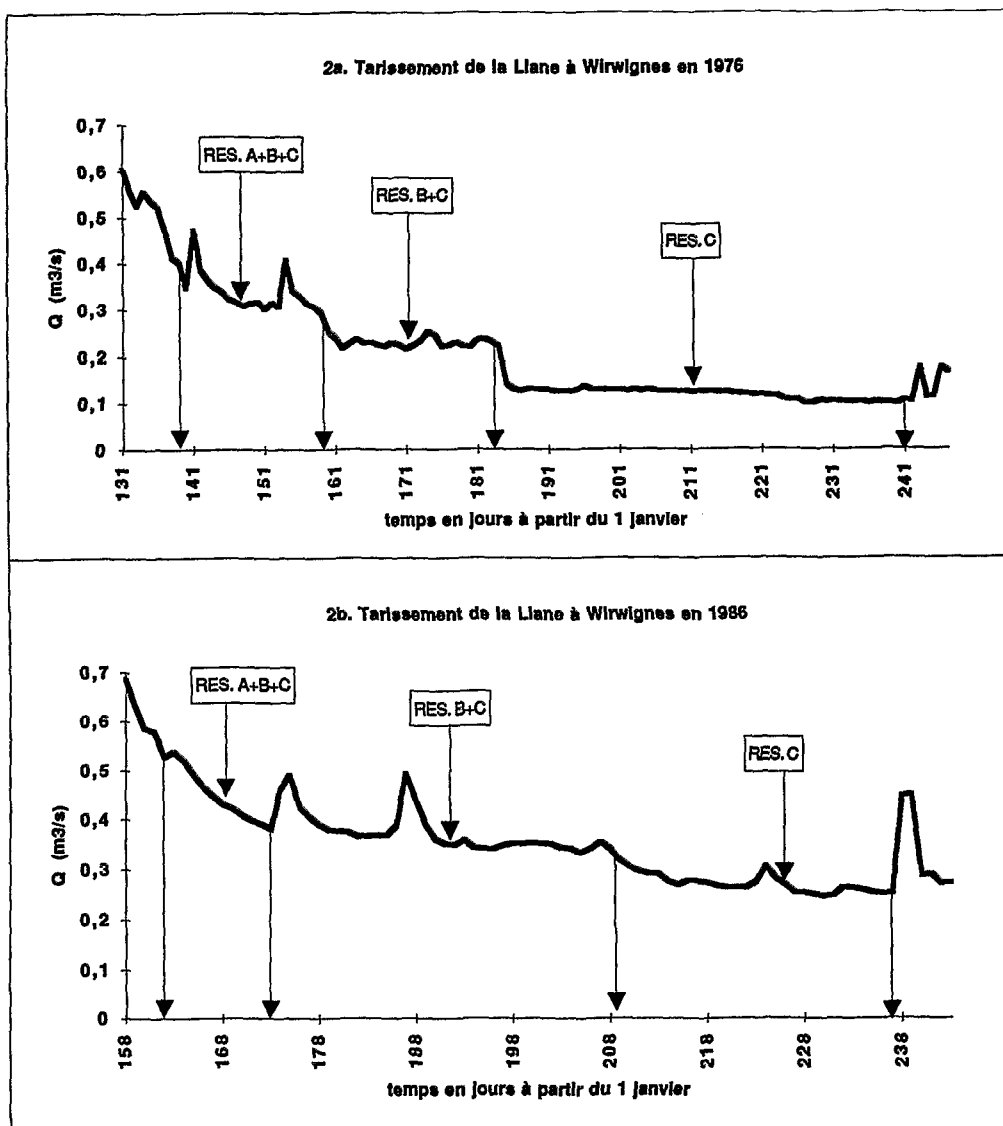


FIG. 2. — Courbes de vidange des réservoirs de la Liane.

2.3. VIDANGE DES RÉSERVOIRS ÉLÉMENTAIRES DE LA LIANE

L'expression mathématique de la courbe de tarissement peut s'écrire (CASTANY, 1963 et 1967 et DROGUE, 1967) selon la loi exponentielle de Maillet dont voici un bref rappel :

$$Q_t = Q_0 e^{-\alpha t}$$

avec :  $Q_0$  : débit à l'instant  $t = 0$  en  $m^3.s^{-1}$

$Q_t$  : débit en fin de tarissement en  $m^3.s^{-1}$  (relatif à chaque durée).

$\alpha$  : coefficient exponentiel de tarissement.

$t$  : durée de tarissement en jours.

La loi de Maillet a pour modèle un seul réservoir. Deux cas sont à considérer. Ou bien l'ensemble de l'aquifère est traité comme un seul réservoir, ou bien comme étant constitué de la somme de plusieurs réservoirs. Dans ce der-

TABLEAU II  
Calendrier de l'influence des trois réservoirs avec leurs débits d'apparition ( $Q_0$ ) et de disparition ( $Q_t$ )

	Influence albienne				Influence kimméridgienne				Influence cénomaniennne et turonienne moyen et inférieure			
	t0	Q0	t	Qt	t0	Q0	t	Qt	t0	Q0	t	Qt
1973	17.5.73	0,60	12.6.73	0,41	13.6.73	0,39	14.7.73	0,27	15.7.73	0,27	15.9.73	0,14
1974	14.4.74	0,50	8.5.74	0,42	9.5.74	0,40	23.6.74	0,22	24.6.74	0,21	3.8.74	0,17
1975	22.5.75	1,11	27.6.75	0,50	28.6.75	0,49	27.7.75	0,35	28.7.75	0,34	7.9.75	0,27
1976	23.5.76	0,35	7.6.76	0,29	8.6.76	0,25	2.7.76	0,22	3.7.76	0,14	27.8.76	0,10
1977	24.6.77	0,56	3.7.77	0,45	4.7.77	0,41	18.8.77	0,36	19.8.77	0,32	29.9.77	0,21
1978	20.5.78	1,31	18.6.78	0,78	19.6.78	0,72	21.8.78	0,41	22.8.78	0,40	12.11.78	0,26
1979	23.6.79	0,94	7.7.79	0,71	8.7.79	0,69	26.7.79	0,52	27.7.79	0,51	1.9.79	0,40
1980	14.4.80	1,35	23.4.80	1,20	24.4.80	1,14	19.5.80	0,93	20.5.80	0,80	22.6.80	0,42
1981	5.6.81	1,32	15.6.81	0,93	16.6.81	0,89	27.7.81	0,74	28.7.81	0,68	9.9.81	0,41
1982	11.5.82	0,82	7.6.82	0,44	8.6.82	0,41	12.7.82	0,35	13.7.82	0,34	20.9.82	0,19
1983	7.6.83	0,97	18.6.83	0,67	19.6.83	0,65	13.7.83	0,52	14.7.83	0,50	31.8.83	0,34
1984	12.6.84	0,69	20.6.84	0,47	23.6.84	0,47	8.7.84	0,40	9.7.84	0,40	21.8.84	0,31
1985	16.6.85	0,78	6.7.85	0,53	7.7.85	0,51	9.9.85	0,49	12.9.85	0,42	27.10.85	0,35
1986	9.6.86	0,59	20.6.86	0,40	22.6.86	0,38	28.7.86	0,32	29.7.86	0,30	5.10.86	0,24
1987	10.4.87	1,72	21.4.87	1,10	22.4.87	1,08	30.5.87	0,58	2.6.87	0,56	13.7.87	0,35
1988	5.5.88	1,09	16.5.88	0,85	17.5.88	0,83	21.6.88	0,45	22.6.88	0,42	17.8.88	0,29
1989	17.5.89	0,93	28.5.89	0,68	29.5.89	0,64	22.6.89	0,44	26.6.89	0,42	12.9.89	0,24
1990	17.5.90	0,48	29.5.90	0,38	30.5.90	0,37	20.7.90	0,27	21.7.90	0,26	12.9.90	0,14
1991	17.5.91	0,97	29.5.91	0,70	30.5.91	0,68	9.8.91	0,48	10.8.91	0,46	29.10.91	0,32
1992	8.6.92	0,95	13.6.92	0,84	14.6.92	0,82	8.7.92	0,63	10.7.92	0,62	19.8.92	0,57

nier cas, l'expression mathématique de la vidange de chaque réservoir correspond à celle du tronçon de tariissement qui lui est attribué ; elle peut aussi s'écrire comme suit :

$$Q_{ti} = Q_{0i} e^{-\alpha_i t}$$

avec  $Q_{0i}$  et  $Q_{ti}$ , les débits initiaux et finals du tronçon en question et  $\alpha_i$  son coefficient exponentiel.

En régime non influencé, on estime que la courbe annuelle de tariissement exprime la vidange successive des réservoirs souterrains, et que la quantité d'eau récupérée à la station de jaugeage correspond aux volumes dynamiques mobilisés par l'ensemble des aquifères du bassin. L'expression en mètres cubes de ce volume est donnée par l'intégrale de la fonction de cette courbe entre les dates de début et de fin de tariissement :

$$Q_w = \int_0^t Q_0 e^{-\alpha t} . dt$$

$$Q_w \text{ (m}^3\text{)} = \frac{Q_0}{\alpha} . (1 - e^{-\alpha t}) . 86400$$

Le même volume dynamique peut être obtenu en additionnant ceux obtenus par intégration des fonctions relatives aux différents tronçons élémentaires de tariissement ( $Q_{wi}$ ). Dans ce cas, l'exutoire peut être assimilé à une prise d'eau alimentée par plusieurs réservoirs. Si la loi de vidange de chaque réservoir est une exponentielle, l'équation de

TABLEAU III  
Paramètres des courbes de vidange des trois réservoirs et volumes dynamiques

	Albien			Kimméridien			Cénomaniens + Turonien		
	Durée	Alpha	Qw	Durée	Alpha	Qw	Durée	Alpha	Qw
1973	27	0,0145	2,67	59	0,0116	1,71	122	0,0108	4,3
1974	25	0,0071	5,04	72	0,0136	2,11	112	0,0063	4,59
1975	37	0,0214	5,59	67	0,0053	3,65	109	0,0053	7,45
1976	16	0,0113	4,01	41	0,0054	2,25	97	0,0065	2,3
1977	10	0,0218	3,94	57	0,0053	2,82	99	0,098	4,84
1978	31	0,0194	3,58	94	0,0092	3,39	177	0,0051	12,36
1979	15	0,0184	3,57	33	0,0154	4,99	70	0,0062	6,81
1980	10	0,0169	8,21	36	0,0078	7,92	70	0,0195	6,92
1981	10	0,0347	7,3	51	0,0057	4,84	96	0,0133	9,36
1982	28	0,0222	5,27	63	0,0049	2,32	133	0,008	6,49
1983	11	0,034	3,53	36	0,0095	3,49	85	0,0079	6,88
1984	8	0,0462	2,75	26	0,0092	3,87	70	0,0055	5,36
1985	21	0,0185	9,4	88	0,0029	7,31	134	0,0041	11,15
1986	13	0,0332	1,27	49	0,0101	5,61	118	0,0031	6,88
1987	11	0,0406	2,53	50	0,0161	2,39	94	0,0118	8,79
1988	11	0,0231	3,19	47	0,017	3,18	104	0,0065	7,51
1989	11	0,0281	2,51	36	0,0154	2,09	118	0,0072	7,14
1990	12	0,0201	2,82	64	0,0058	2,67	118	0,011	4,03
1991	12	0,0275	4,46	85	0,0053	5,72	165	0,0047	12,59
1992	5	0,0254	3,69	30	0,0107	19,9	72	0,0021	11,83

Durée : temps de vidange en jours de chaque réservoir ;

Alpha : coefficient exponentiel de tarissement ;

Qw : volume dynamique en millions de mètres cubes écoulé par chaque réservoir.

vidange de l'ensemble ne saurait être obtenue en effectuant la somme de ces différentes exponentielles (MANGIN, 1970 et MANIA *et al.*, 1982). Il s'agit donc de la vidange de réservoirs multiples, représentant des unités hydrogéologiques qui composent le système aquifère. Le volume total de l'eau écoulable stockée dans ce système aquifère est la résultante de celui écoulable par chacune des unités qui le composent et peut donc s'écrire :

$$Q_w = \sum_{j=1}^n \int_0^{\infty} Q_{j(t)} \cdot dt = \sum_{j=1}^n \int_{-0}^{\infty} Q_{0,j} e^{-\alpha_j t} \cdot dt$$

$$Q_w = \sum_{i=1}^{i=n} Q_{wi}$$

Trois types de tronçons ont été repérés sur les courbes annuelles de tarissement. Le passage entre ces tronçons se fait d'une façon transitoire, il est plus ou moins visible en fonction de la pluviosité antérieure, donc de l'état des stocks dont dépend directement l'importance de l'écoulement des nappes en période de basses eaux. Ces tronçons numérotés RES. A, RES. B et RES. C (fig. 2) correspondent donc aux courbes de vidange des trois principaux réservoirs :

1. Le réservoir crayeux du Crétacé supérieur (Cénomaniens et Turonien moyen et inférieur) est très productif, son extension géométrique est importante (fig. 1). Son écoulement est pseudo-constant, il assure à lui seul l'écoulement de la rivière en période d'étiage prononcé. Les débits d'étiage de la Liane (tabl. II) correspondent à ceux de l'écoulement de ce réservoir (MANIA *et al.*, 1982). Les tronçons notés RES. C dans la figure 2 correspondent aux courbes de vidange du Cénomaniens et du Turonien moyen et inférieur.

2. Le réservoir des sables albiens à productivité variable, subit l'influence directe des pluies. Sa vitesse de remplissage est aussi rapide que celle de sa vidange, son extension géométrique est faible. La composante souterraine de ce réservoir au sein de l'écoulement de la Liane s'estompe rapidement après le début de tarissement généralisé de la rivière. L'important écart entre les débits initiaux et finals (tabl. II) du RES. A de la figure 2 est dû à la vitesse rapide de vidange des sables albiens dont la courbe de tarissement correspond donc au tronçon du RES. A (fig. 2).

3. Le réservoir kimméridgien possède des ressources hydrogéologiques importantes développées à l'intérieur du bassin. Sa durée de tarissement est plus longue que celle des sables albiens, mais moins importante que celle du Cénomaniens et Turonien. Il correspond au RES. B (fig. 2).

Cette classification est différente de celle adoptée par FOCQUENOY-NIEMCZYK (1980) et MANIA *et al.* (1982) qui propose un modèle à deux réservoirs seulement pour l'ensemble du bassin de la Liane ; un réservoir principal, représenté essentiellement par le calcaire oolithique du Bathonien et du Kimméridgien et les grès du Kimméridgien avec un temps de tarissement estimé à  $t_0 = 300$  jours (par le modèle Mero) et un réservoir secondaire regroupant les calcaires marneux du Kimméridgien et de l'Oxfordien avec un temps de tarissement plus court ( $t_0 = 100$  jours) et à caractéristiques aquifères médiocres mais jouant un rôle de soutien au début de l'étiage.

### 3. RECHARGE DES NAPPES ET TARISSEMENT

#### 3.1. TRANSFERTS HYDRIQUES NAPPE-RIVIÈRE

La durée de vidange des différents réservoirs de la Liane est fonction de leur capacité d'emmagasinement respective. En prenant comme origine le début de la courbe annuelle de tarissement, la vidange du réservoir crayeux dure en moyenne 97 jours, alors que celles du Kimméridgien et de l'Albien durent respectivement 45 et 16 jours. Ces durées peuvent varier en fonction des quantités d'eau stockées avant le début de la vidange (tabl. III) mais le rapport de leur variation reste en général stable (fig. 3), ce qui indique une relative stabilité des régimes de vidange des réservoirs.

Cette stabilité se retrouve au sein de leurs coefficients exponentiels de tarissement (tabl. III) ; ils sont estimés en moyenne à  $1,2 \cdot 10^{-2}$  pour les sables albiens, à  $1,12 \cdot 10^{-2}$  pour le Kimméridgien et à  $0,65 \cdot 10^{-2}$  pour le Crétacé supérieur. Ces coefficients, qui sont considérés comme une constante pour un aquifère donné, sont fonction de la stabilité hydrodynamique et inversement proportionnels à la vitesse de vidange ; plus l'écart entre  $Q_0$  et  $Q_t$  est fort et plus le coefficient  $\alpha$  est grand (fig. 4). Le coefficient de tarissement du réservoir des sables albiens présente des fluc-

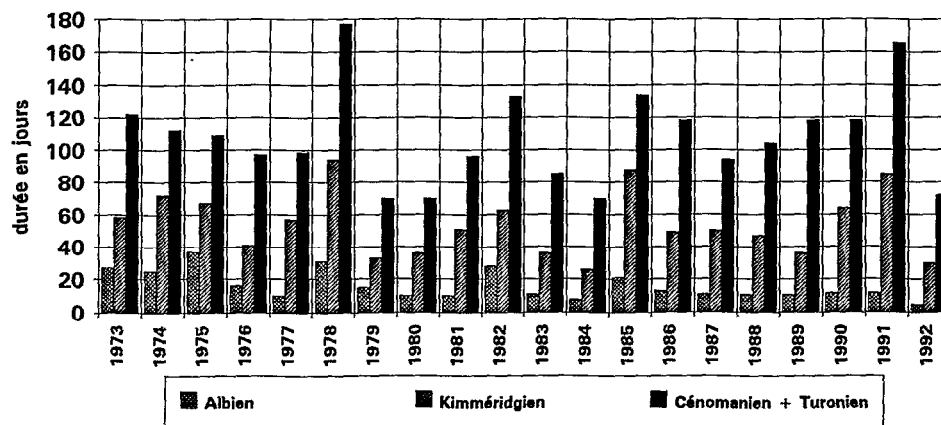


FIG. 3. — Durée de vidange des réservoirs de la Liane.

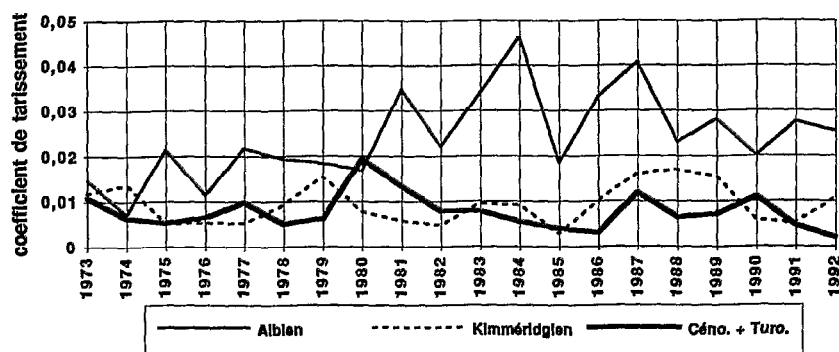


FIG. 4. — Variation annuelle des coefficients exponentiels de tarissement des réservoirs de la Liane.

tuations importantes comparativement à celles des autres réservoirs. Il a enregistré une augmentation sensible pendant la période 1980-1992 réputée d'une pluviosité supérieure à la moyenne (= 965 mm sur la période 1965-1989, calculée à la station de Desvres) ; il subit les conséquences d'une alimentation directe par les pluies.

Le modèle, adopté dans ce travail, est fondé sur la vidange simultanée de trois réservoirs. Ce schéma simplifié montre la composante de chaque réservoir élémentaire au sein de l'écoulement total de la Liane, avec des zones de passage (b-c et d-e) marquant la fin de l'influence du réservoir en question (fig. 5). Seul le réservoir du Crétacé assure l'écoulement de base pendant toute l'année.

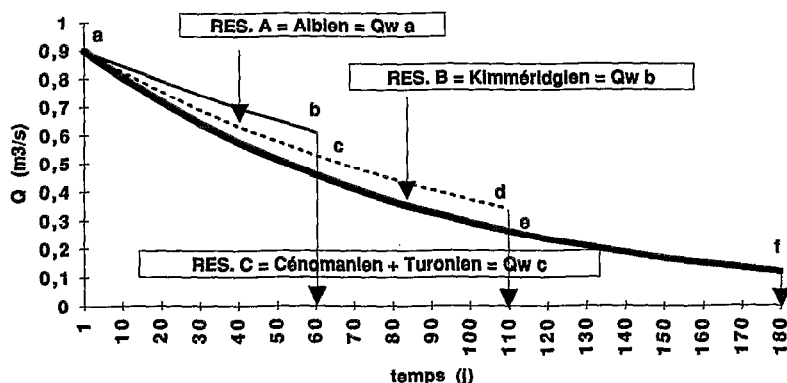


FIG. 5. — Présentation schématique du modèle de la vidange successive des trois réservoirs de la Liane.

Le volume dynamique total étant la résultante de ceux écoulés par chaque réservoir ( $Q_w a$ ,  $Q_w b$  et  $Q_w c$ ), ces derniers dépendent de leurs capacités respectives de stockage, des régimes de fonctionnement et de leurs caractéristiques hydrogéologiques (tabl. III). Les résultats obtenus concernant ce volume dynamique ne donnent qu'un état de fait sur les transferts nappe-rivière : seul  $Q_w c$  exprime réellement le volume dynamique du réservoir crayeux du Crétacé supérieur. Le mode de calcul des volumes dynamiques par intégration (fig. 5), fait que celui du Kimméridgien intègre une partie de l'écoulement cénomannen-turonien. De la même manière, le volume dynamique alblen inclut une partie de ceux des deux autres réservoirs.

### 3.2. RECONSTITUTION DES STOCKS ET EXCÉDENTS PLUVIOMÉTRIQUES

Le régime annuel des pluies se caractérise par une répartition saisonnière avec une saison pluvieuse entre septembre et mars et une saison sèche entre avril et août. Les prélèvements par évapotranspiration varient peu d'une année à l'autre et leur évolution saisonnière est rythmée par la disponibilité en eau du bassin et la température qui



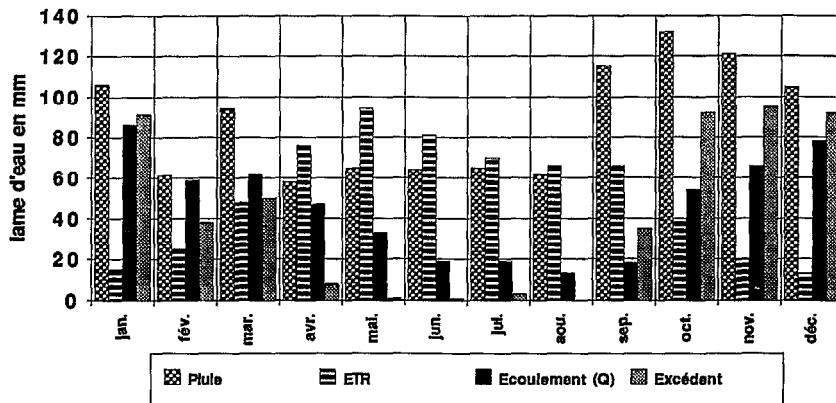


FIG. 6. — Évolution des paramètres du bilan hydrologique à la station de Desvres (période 1973-1989).

conditionne l'évapotranspiration (fig. 6). Cette dernière régularise le régime d'alimentation des réservoirs souterrains dont le caractère saisonnier est plus stable que celui des pluies.

Quelquefois, on a un bouleversement de cette répartition saisonnière des pluies. Les conséquences sont immédiates au niveau de l'écoulement ; des retards peuvent affecter la saison des basses eaux. En période de tariissement, l'écoulement de la Liane est essentiellement de base et les réactions brutales observées sur les hydrogrammes disparaissent sans aucune conséquence sur les débits de base qui continuent à baisser, comme on a pu le constater sur les courbes de tariissement de la nappe (EL-OUAFI, 1993). Sur les courbes piézométriques des différents aquifères, aucune rupture comparable à celle des hydrogrammes n'est observée, ce qui permet d'écarter définitivement l'hypothèse d'une baisse de l'écoulement de base suite à des pompages. Les zones de passage entre tronçons correspondent donc à la fin de vidange de chacun des trois réservoirs de la Liane.

La vidange de chaque réservoir est fonction de l'état du remplissage des stocks pendant la saison de recharge. Malgré la rapidité de recharge et de remplissage des sables albiens et du réservoir du Kimméridgien, la relation recharge des nappes-tariissement de la rivière se place dans un schéma d'évolution saisonnière des pluies, et les coefficients de tariissement les plus élevés sont observés suite à une saison de recharge à fort excédent pluviométrique.

### 3.3. INFLUENCES ANTHROPIQUES

Le bassin de la Liane à Wirwignes ( $S = 100 \text{ km}^2$ ) représente la partie la moins anthropisée de l'ensemble du bassin versant de la Liane ( $S = 196 \text{ km}^2$ ), dont l'exutoire se situe à l'amont immédiat de la partie la plus urbanisée de l'agglomération boulonnaise (Hesdigneul). Les jaugeages effectués à Wirwignes offrent de loin la meilleure fiabilité.

Le couvert végétal est dense, dominé par les forêts (forêt de Desvres) et surtout les prairies. L'agriculture est l'activité humaine dominante, et l'irrigation est négligeable. L'ensemble des systèmes de culture a une destination fouragère qui répond aux besoins de l'élevage, surtout laitier (KLEINHANS, 1986).

Les deux tiers de la consommation totale en eau sont d'origine souterraine. Les prélèvements par pompage sont évalués à 3 millions de mètres cubes par an (BECKELYNCK, 1981). Une récente étude du BRGM (n° R31961 NPC 4S, 12/1990) les chiffre à 3,58 millions de mètres cubes pour l'année 1987. Les prélèvements restent très faibles par rapport aux ressources et ne perturbent pas l'évolution du cycle piézométrique, comme on a pu le constater d'après les points de surveillance de la nappe.

D'après les informations recueillies auprès du Service de la police des eaux et de la Direction régionale de l'environnement, les prises d'eau directes sont négligeables et n'ont aucune influence sur les débits à Wirwignes, même en période de basses eaux.

En conclusion, la Liane à Wirwignes subit très peu les perturbations humaines. En revanche, il constitue un réservoir hydrogéologique face aux besoins en eau de plus en plus grandissants de la partie aval (boulogne/mer) à forte activité humaine. Dans cette zone, une surexploitation de la nappe entraînant une baisse au-dessous de 14 m provoquerait l'invasion des eaux de la nappe par les eaux souterraines salées (MANIA, 1978).

## 4. CONCLUSION

En période de basses eaux, l'écoulement de la Liane à Wirwignes est assuré par la vidange de trois réservoirs : les sables albiens, les caillasses et grès kimméridgiens et la craie du Crétacé supérieur (Cénomaniens et Turoniens). L'épuisement du stock de chaque réservoir provoque des chutes de débits séparant la courbe annuelle de tarissement en trois tronçons correspondant chacun à la courbe de vidange de l'un des trois réservoirs cités ci-dessus. Ce phénomène est plus marqué en période de sécheresse prononcée. L'écoulement de surface est constamment lié à l'évolution des caractéristiques hydrogéologiques de chaque réservoir ; il baisse régulièrement au fur et à mesure que l'étiage se prolonge avec l'élimination successive des composantes souterraines provenant des sables albiens, puis des caillasses et grès kimméridgiens ; et, par la suite, l'écoulement de l'ensemble aquifère crayeux du Crétacé supérieur (Cénomaniens et Turoniens) se maintient à un niveau constant et assure presque la totalité de l'écoulement de la Liane qui se situe au-dessous de  $1 \text{ l.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$  en période de basses eaux.

Une recherche détaillée a été menée à différentes échelles (annuelle, saisonnière, d'une averse et journalière) sur la relation entre la pluie efficace enregistrée avant le début du tarissement et le régime de vidange des réservoirs de la Liane (matérialisé par les coefficients exponentiels). Aucune relation fonctionnelle n'est observée entre ces deux paramètres, du moins dans le cadre d'étude suivi.

Les volumes dynamiques calculés respectent dans l'ensemble la logique du fonctionnement hydrogéologique de ces réservoirs avec des fluctuations dans le réservoir kimméridgien dues tout d'abord à son importante extension, puis à son régime de fonctionnement en nappe libre et aux conditions d'alimentation directe par les pluies. Des mesures de débits à l'exutoire de sous-bassins élémentaires de surface (relatif à chaque aquifère étudié) apporteront plus de renseignements sur les capacités d'alimentation de chaque réservoir. Ces mesures devraient être associées à une démarche globale d'analyses comparées de la composition isotopique (ou hydrochimique) des eaux de pluie, de nappe et de la rivière, ce qui permettrait alors peut-être de confirmer l'individualisation du système souterrain d'alimentation de la Liane en période d'étiage.

## BIBLIOGRAPHIE

- BECKELYNCK (J.), 1981 — *Traitement régionalisé des paramètres contribuant à la gestion des nappes. Application à la modélisation de la nappe de la craie dans le bassin de l'Aa et de la moyenne Lys*, thèse de 3<sup>e</sup> cycle, Lille-I, multigr.
- CHAPEAU (Y.), 1992 — *Contribution à la connaissance et à la gestion des basses eaux. Application au bassin versant de l'Helpe mineure*, mémoire de DEA, Lille-I, multigr.
- CASTANY (G.), 1963 — *Traité pratique des eaux souterraines*, Paris, Dunod éd.
- CASTANY (G.), 1967 — Introduction à l'étude des courbes de tarissement, *Chroniques d'hydrogéologie*, n° 10 : 23-30.
- DEVRED (D.), 1989 — *Étude pluviométrique du bassin de la Sambre. Étude hydrologique du sous-bassin de la Solre*, thèse d'université, Lille-I, multigr.
- DROGUE (G.), 1967 — Essai de détermination des composantes de l'écoulement des sources karstiques. Évaluation de la capacité de rétention des chenaux et fissures, *Chroniques d'hydrogéologie*, n° 10 : 43-47.
- EL-OUAFI (M.), 1993 — *Étude des étiages en région crayeuse par l'analyse des tarissements. Application aux bassins de l'Aa, de la Hem, de la Liane et de l'Authie (Nord de la France)*, thèse d'université, Lille-I, multigr.
- FOCQUENOY-NIEMCZYK (E.), 1980 — *Analyse des composantes hydrologiques des débits superficiels et souterrains dans le bassin de la Liane*, mémoire de DEA, Lille-I, multigr.
- KLEINHANS (M.), 1986 — *Bassin versant de la Liane*, rapport de synthèse, Artois-Picardie, SHC.
- LARRAS (J.), 1972 — *Prévision et prédétermination des étiages et des crues*, Paris, Eyrolles éd.
- MANCIN (A.), 1970 — Contribution à l'étude des aquifères karstiques à partir de l'analyse des courbes de décrue et tarissement, *Ann. de Spéléologie*, t. 25, n° 3 : 581-610.
- MANIA (J.), 1978 — Gestion des systèmes aquifères. Application au Nord de la France, *Ann. Soc. Géol. Nord*, mémoire 15.
- MANIA (J.), FOCQUENOY-NIEMCZYK (E.), RAMON (S.) et VERBEKE (B.), 1982 — Caractéristiques de la réponse des diverses unités hydrogéologiques calcaires du Nord de la France, *Ann. Sci. Uni. de Franche-Comté, Géologie*, fasc. 4, 4<sup>e</sup> série : 27-36.
- ROCHE (M.), 1964 — *Hydrologie de surface*, Paris, coéd. Orstom-Gauthier-Villars.