

ANALELE ȘTIINȚIFICE ALE UNIVERSITĂȚII „AL. I. CUZA” IAȘI  
Tom LV s. II – c, Geografie 2009

## LA DYNAMIQUE DU NIVEAU PHRÉATIQUE DANS LE BASSIN DE LA TUTOVA ET LES RISQUES ASSOCIÉS

**Iulian Cătălin Stângă<sup>1</sup>, Constantin Rusu<sup>1</sup>, Emilian Panaitescu<sup>2</sup>,**

<sup>1</sup>*Université „Al.I.Cuza” Iași, Faculté de Géographie et Géologie*

<sup>2</sup>*La Direction des Eaux Prut Iași*

**Abstract:** *Dynamics of watertable in Tutova basin and the associated risks.*

Using a consistent database from meteorological stations, as well as hydrologic wells from the eastern part of Romania, this paper approaches the proposed subject by departing from a general analysis and focusing on Tutova basin, so as to allow a series of observations of a large validity span. After presenting the typology of the phreatic aquifers from the area, the paper presents concrete aspects regarding their dynamics and the associated risks, in an approach funded of rigorous statistical calculations: correlations between the climatic parameters and the level oscillations of the phreatic aquifers, differentiated analysis of the correlations, the gaps between the regime of the climatic elements and that of the phreatic level oscillations according to their depth, the dependence of the variation amplitude of the phreatic level on its depth, and also associated risks (hydrologic drought, humidity excess).

**Mots clés :** paramètres climatiques, aquifère phréatique, corrélations, sécheresse hydrique

### 1. Introduction et considérations méthodologiques

De plus en plus souvent dans les dernières années, on discute sur les changements climatiques globaux et sur leurs conséquences. Pour se résumer seulement à un aspect, on constate dans le dernier temps une fréquence plus élevée et une intensité plus forte des phénomènes de sécheresse. Ceux-ci ont des conséquences multiples dans les régions où la pression humaine est très forte et les ressources d'eau sont déficitaires. A partir de ces considérations, on a essayé de mettre en évidence les liaisons existantes entre les oscillations du niveau phréatique dans une zone restreinte qui a présenté un intérêt précis pour nos recherches doctorales: le bassin hydrographique de Tutova. Mais on a considéré la base de données créée pour ce bassin comme insuffisante pour extraire des règles générales, représentatives du point de vue statistique. C'est pourquoi, à partir des cinq premiers forages (Tutova, Băbuța, Fântânele, Iana, Ciocani), on a préféré à employer un fond beaucoup plus large, représentatif du point de vue statistique: 276 forages du Plateau de la Moldavie (entre les rivières Siret et Prut), ayant des profondeurs entre 0 et 30 mètres et des enregistrements des

niveaux pour l'intervalle 1983-2003. La base de données hydrique a été créée par le soutien de la Direction des Eaux Prut Iași, tandis que la base de données climatique a été mise au point par les auteurs, une valeur importante appartenant aux données accumulées par Dr. Tatiana Bradu pour la thèse *Le climat des Collines de Tutova* et celles fournies par l'Administration Nationale de Météorologie Bucaresti, grâce à un partenariat dans le cadre du contracte CEEX 756/2006, dont le directeur a été le professeur Constantin Rusu.

Par le calcul automatique des données à l'aide de la statistique, on a essayé d'établir des corrélations significatives entre les éléments hydriques et climatiques et de mettre en évidence les risques associés aux variations du niveau phréatique. Par rapport à la valeur moyenne spécifique, le niveau de la nappe phréatique présente un régime annuel et pluriannuel conditionné par les facteurs climatiques, mais beaucoup influencé par la profondeur, la granulométrie des roches de gisements, l'épaisseur de la couche porteuse d'eau et sa position par rapport aux conditions de drainage (superficiel ou souterraine). Généralement, vue les conditions hydrogéologiques et morphoclimatiques du bassin de Tutova et de l'entier Plateau de Bârlad, les risques associés à l'élévation de la nappe phréatique (l'excès d'humidité ou la gleyisation du sol) se manifestent sur des surfaces beaucoup plus restreintes par rapport aux risques associés à la descente de la nappe phréatique (jusqu'à la disparition des lignes des sources et l'assèchement des puits).

## **2. La typologie des aquifères phréatiques**

On peut grouper les eaux souterraines mises en valeur dans notre région en deux catégories: les aquifères phréatiques et les aquifères captifs, marqués par l'existence des lignes des sources, à l'exception de ceux de la partie supérieure des versants qui peuvent mettre en évidence la nappe phréatique des dépôts éluviaux. On n'y prend en considération les eaux souterraines de grande profondeur, pas encore interceptées naturellement par l'érosion ou par certains aménagements humaines (puits, forages de profondeur réduite).

L'accumulation des eaux phréatiques dépend du quantum de l'alimentation superficielle par les précipitations, mais également des conditions locales d'emmagasinage (la configuration du relief, les propriétés hydrogéologiques des dépôts de surface, l'existence des formations superficielles spécifiques). En fait, les dernières nous offrent le critère essentiel de classifier ces eaux: a. les aquifères phréatiques des lits alluviaux et alluviaux-colluviaux; b. les aquifères phréatiques des terrasses fluviales; c. les aquifères phréatiques des glacis et des cônes terminaux; d. les aquifères phréatiques des dépôts des versants; e. les aquifères phréatiques des interfluves.

*Les eaux phréatiques accumulées dans les lits des rivières* ont le débit le plus consistant, parce qu'elles sont alimentées non seulement par les précipitations, mais aussi par l'apport latéral, soit par l'écoulement superficiel ou sous-superficiel des eaux d'infiltration, soit par le lent drainage des aquifères des glaciers, des terrasses, des versants ou des interfluves. Ce drainage est parfois d'une grande importance, lorsqu'on remarque des changements récents du régime de sédimentation, ce qui peut conduire à l'accumulation des matériels fins et très fins et à la formation d'un véritable toit pour la nappe phréatique. Ainsi, dans le cas des deux forages exécutés dans le lit alluvial de Tutova, dans la zone de confluence avec Studineț (à Iana), l'aquifère capté aux profondeurs de 8,0-10,3 m présente un toit de sable fin et poussière (5,7-8,0 m), argile compacte et poussière (3,0-5,7 m), limon noir compacté (2,0-3,0 m) et argile compacte (0,6-1,2 m); on retrouve une seule intercalation de poussière sableux entre 1,8-2,0 m, qui explique certaines infiltrations d'eau à cette profondeur. Dans les conditions d'une alimentation directe presque impossible, celle-ci est réalisée indirectement, soit de l'amont, où le toit imperméable manque ou il a été sectionné par la rivière Tutova (même si on a identifié le même toit aux forages de Fântânele et Băbuța), soit à partir des aquifères des versants.

Les réserves et la profondeur du niveau phréatique dépendent, essentiellement, de l'épaisseur des formations alluviaux ou alluviaux-colluviaux et des propriétés hydrophysiques des dépôts constituants (texture, perméabilité, porosité etc.). Les roches aquifères sont représentées le plus souvent par des sables moyens et grossiers, rarement avec des intercalations de gravier, tandis que l'épaisseur varie le plus fréquemment entre 1,5-2,0 et 4,0-5,0 mètres, parfois jusqu'à 7,0-8,0 mètres, en fonction des conditions de sédimentations. Les réserves d'eau phréatique sont assez modestes et beaucoup influencées par les facteurs climatiques. Le débit résulté par les testes expérimentaux attire la valeur maximum de 1,0 l/s à Fântânele, 2,2 l/s à Iana et 2,86 l/s à Băbuța (F1), oscille entre 0,3 et 2,2 l/s à Tutova ou entre 1,22 et 3,65 à Ciocani. La profondeur de la nappe phréatique est encadrée entre 0,5-1,0 m et 2-3 m, isolément jusqu'à 6-8 mètres, en fonction de la position de la couche imperméable, représentée par des argiles, argiles marneuses, marnes argileuses, argiles limoneuses, limon très fin etc. D'habitude, les plus grandes profondeurs caractérisent les lits alluviaux-colluviaux, surélevés par les matériaux provenant des versants.

*Les aquifères phréatiques des terrasses fluviales* ont une présence insignifiante, étant donnée la faible représentation des terrasses; les quelques fragments mettent en évidence certains aquifères discontinus accumulés dans les sables fins et grossiers, ayant des modestes intercalations de gravier. Le niveau phréatique se trouve d'habitude entre deux et cinq mètres.

*Les aquifères phréatiques des glacis et des cônes terminaux* se caractérisent par des importantes ressources d'eau, accumulées dans les sables fins et moyens (glacis colluviaux) ou sables grossiers et intercalations de graviers (cônes terminaux). La grande épaisseur de ces formations permet l'accumulation consistante de l'eau, qui, généralement, a une potabilité plus élevée que celle des eaux des lits majeurs ou des versants.

*Les aquifères phréatiques des versants* ont un caractère discontinu et des débits variables en fonction de la configuration des versants et la typologie des dépôts. La profondeur de la nappe phréatique est encadrée dans un écart très étendu, à partir de 2-5 m jusqu'à 20-25 m.

*Les aquifères phréatiques des interfluves* se trouvent à la base des formations éluviales sableuses ou loessoides, le plus souvent étant très profondes (15-40 m), mais il y a aussi des situations dans lesquelles la profondeur est très réduite. Sur l'interfluve Tutova-Pereschiv, la nappe phréatique apparaît à 2-5 m, au contact entre Méotien et Pontien (zone nommée *La Fântânele*), dans la région Bărtăluș-Mocani, fait qui assurément est l'un des facteurs qui a permis l'emplacement du village dans la partie supérieure du versant jusque vers le plateau. Sur la limite est du bassin hydrographique, les plus faibles profondeurs apparaissent dans la Colline de Marcu – la Fontaine de Gănașoia, au nord de la Colline Crângul, à la base des graviers villafranchiens, tandis que sur les interfluves intérieurs, ces situations, également rares, peuvent être pourtant signalées. Dans les zones où l'épaisseur des formations éluviales est très importante, on peut interpréter la ligne d'apparition des sources, qui nous indique les plus grandes profondeurs de la nappe phréatique (50-60 m): Dealul Albinei, Pădurea Mănăstirii, Lanul Negroaia, Dealul. Fulgul. Ces aquifères se caractérisent par les plus réduits débits et une grande variabilité, dépendante de la variabilité climatique. En apparence, la profondeur devrait diminuer l'influence du facteur climatique, mais, en réalité, cet aspect vise seulement la relation entre la profondeur et l'évapotranspiration (l'ascension capillaire). Dans les périodes déficitaires du point de vue pluviométrique, surtout dans la semestre chaude, l'eau d'infiltration n'arrive pas à alimenter le phréatique et le drainage vers les versants, glacis et lits alluviaux devient de plus en plus accentué.

Les eaux captives sont mises en évidence à l'aide des sources apparues au niveau des versants par le creusement du réseau hydrographique ou des organismes torrentiels. Du point de vue évolutif, l'interception naturelle des aquifères captifs connaît trois phases distinctes (Martiniuc, 1954). Premièrement, le creusement du réseau hydrographique primaire dans les dépôts méotien, pontiens etc. a déterminé l'interception de ces aquifères qui étaient mis en évidence par les lignes des sources situées aux altitudes comparables pour très longues distances. Ensuite, lorsque les organismes torrentiels se creusaient sur

les versants, ceux-là sectionnaient les aquifères et les drainaient. Progressivement, ces aquifères, accumulés dans une longue période de temps et – peut-être – à l'aide d'une pluviosité plus élevée, peuvent être drainés entièrement, pour arriver à la dernière phase, d'épuisement irréversible.

Dans le bassin de Tutova, on identifie le plus fréquemment, la deuxième phase, bien qu'on puisse rencontrer la troisième aussi, surtout dans les régions plus fragmentées (Studineţ, Iezer). Dans le cas de la disparition définitive de certaines sources, à échelle locale, on doit remarquer les changements du rythme et de la typologie de l'évolution géomorphologique. Du point de vue des nécessités humaines, la présence des sources sur les versants a une forte importance, surtout quand la nappe phréatique est très profonde (plus de 5-10 m); on n'y creuse des puits que dans l'intérieur des villages. En outre, dans les Collines de Tutova, les paysans posaient au point les „budae” ou „buduroaie” – aménagements autour des sources – et „trifuri” – ensemble des puits sur la même lentille argileuse (Poghirc, 1972).

### **3. Les variations du niveau des aquifères phréatiques**

La relation entre le régime de variation de la nappe phréatique et le régime des éléments climatiques est assez claire, mais il est très difficile de mettre en évidence une corrélation représentative du point de vue statistique à cause de la multitude des paramètres qui doivent être envisagés. Ainsi, c'est presque impossible de calculer la consommation différenciée des plantes, qui est extrêmement importante pour les aquifères de faible profondeur, surtout dans la saison chaude. Cette consommation se diminue considérablement au-dessous de 3-4 mètres, où le système racinaire des plantes (y compris la plupart des arbres) a une importance insignifiante. Cependant, on doit traiter le facteur humain d'une même manière différenciée. Aussi, dans le cas des aquifères ayant des profondeurs moindres de trois-quatre mètres, la complexité des facteurs de causalité nous explique pourquoi la variabilité climatique ne se retrouve que faiblement dans la variabilité de la nappe phréatique. Les relations deviennent de plus en plus évidentes jusqu'aux profondeurs de 6-7 mètres, au-dessous desquelles les corrélations directes sont difficile à exprimer. De tous les paramètres climatiques, le rôle le plus important revient aux précipitations, la source essentielle d'alimentation de la nappe phréatique, et à la température de l'air, qui détermine la consommation (l'évapotranspiration).

La variation en fonction de profondeur des corrélations température/niveau phréatique (T/NP) et précipitations/niveau phréatique (PP/NP) est illustrée dans la figure no. 1. à l'aide d'une fonction logarithmique et mise en évidence par un coefficient  $R^2$  de 0,97 et 0,98. Les relations entre la

température ou les précipitations, d'une part, et l'écart normal du niveau phréatique, d'autre part, sont les mieux mises en évidence dans la figure no. 2. a et b. pour une profondeur moyenne de la nappe phréatique de 6-7 mètres. A cette profondeur, les corrélations ont les valeurs les plus élevées, étant bien significatives dans le cas des précipitations.

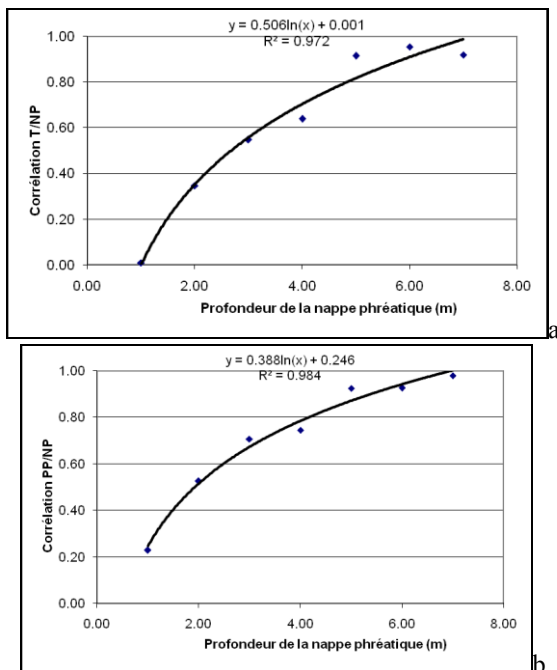


Figure no. 1.: La variation en profondeur de la corrélation T/NP (a) et PP/NP (b)

Tableau no. 1. Le coefficient Pearson pour les corrélations entre les indicateurs climatiques et la nappe phréatique (en fonction de la profondeur)

Profond. de nappe phréatique (m)	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8
Corrélation PP/NP	0,23	0,53	<b>0,71</b>	<b>0,74</b>	<b>0,92</b>	<b>0,93</b>	<b>0,98</b>	0,33
Corrélation T/NP	0,01	0,35	0,55	<b>0,64</b>	<b>0,91</b>	<b>0,95</b>	<b>0,92</b>	0,29
Corrélation ET/NP	-0,01	0,33	0,53	<b>0,64</b>	<b>0,92</b>	<b>0,96</b>	<b>0,94</b>	0,26
Corrélation Ip Angot/NP	0,16	0,47	<b>0,66</b>	<b>0,72</b>	<b>0,93</b>	<b>0,94</b>	<b>0,98</b>	0,31
Corrélation Fp Lang/NP	0,17	0,34	0,42	0,48	0,54	0,57	0,45	0,50
Corrélation Ia Topor/NP	0,58	0,57	0,56	0,46	0,26	0,22	0,31	0,33
Corrélation Ia de Martonne/NP	0,18	0,00	-0,12	-0,19	-0,39	-0,47	-0,31	-0,15

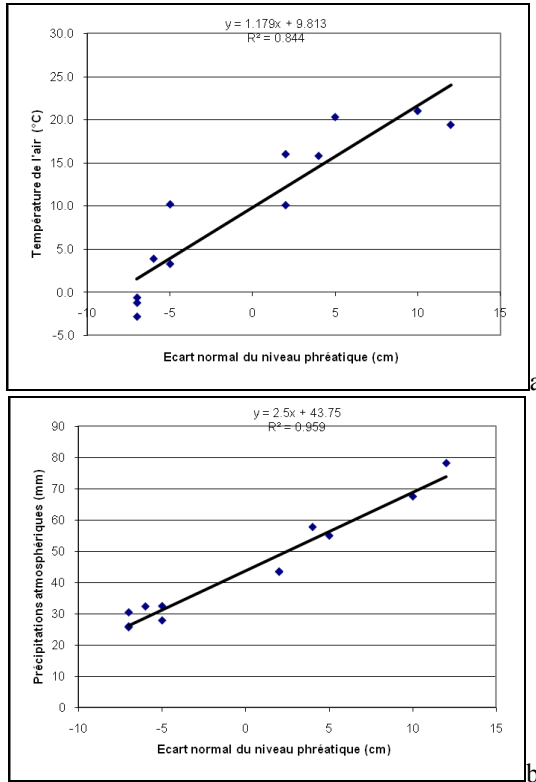


Figure no.2.: Les relations entre le régime de la température de l'air (a), les précipitations (b) et l'écart normal du niveau phréatique pour une profondeur de 6-7 m

Dans le tableau no. 1, on a illustré le coefficient Pearson pour les corrélations qu'on avait établies entre le niveau phréatique (l'écart normal) et toute une série de paramètres climatiques ou indicateurs indirectement calculés (il s'agit des valeurs moyennes pluriannuelles): PP – les précipitations atmosphériques; T – la température de l'air; ET – l'évapotranspiration; Ip Angot – l'indice pluviométrique Angot; Ia Topor – l'indice d'aridité Topor; Ia de Martonne – l'indice d'aridité de Martonne; Fp Lang – le facteur de pluie Lang; NP – niveau phréatique (écart normal). On remarque évidemment la même tendance d'évolution des corrélations avec la profondeur jusqu'à 6-7 m, au-delà de laquelle la superposition des influences climatiques de deux années consécutives (directe et rémanente) écrase toute corrélation simple. Même si les indices d'aridité ne se remarquent pas par des corrélations représentatives avec le niveau phréatique, on peut observer une évolution différenciée, c'est-à-dire une diminution du coefficient Pearson et la tendance de mettre en évidence une corrélation inverse, surtout dans le cas de l'indice d'aridité de Martonne: la réduction du coefficient jusqu'à la profondeur de six mètres. Et c'est bien évident que les effets des sécheresses se diminuent en profondeur.

Dépendantes du régime des principaux éléments climatiques, les variations du niveau des aquifères phréatiques sont caractérisées par des déviations positives, conditionnées par la fusion de la neige et les pluies de printemps (mars-juillet), et des déviations négatives (août-février), à cause de la consommation importante de l'été et les précipitations réduites de l'automne et de l'hiver. Dans la figure no. 3, on a représenté la situation moyenne pour tous les 276 forages avec des profondeurs entre 0 et 30 mètres. On doit observer le fait que le poids des déviations positives et celui des déviations négatives sont presque égales dans l'ensemble, mais les pourcentages mensuels mettent en évidence la relation avec les éléments climatiques.

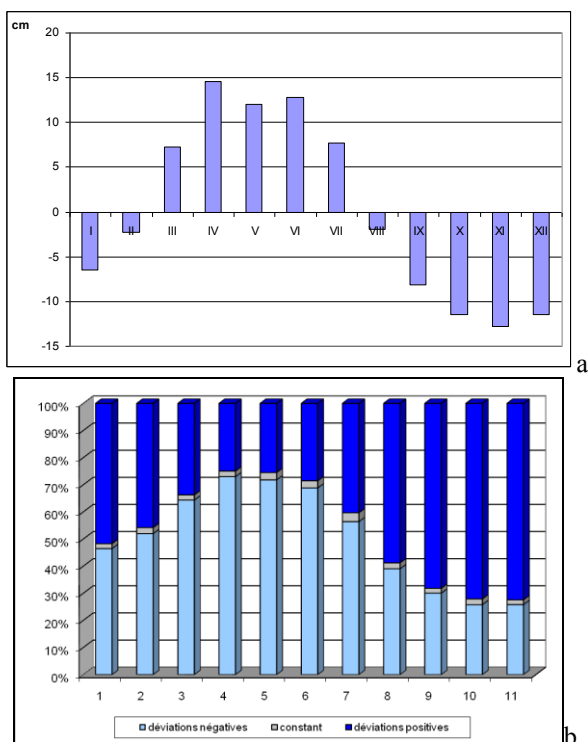
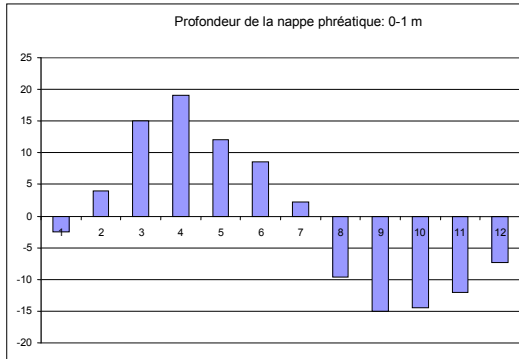


Figure no. 3. La déviation mensuelle du niveau phréatique (a) et le poids des déviations positives ou négatives (0-30 mètres)

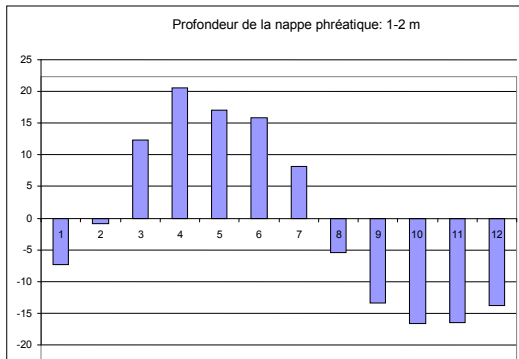
Par rapport aux conditions climatiques, le comportement des aquifères a un temps de réponse de plus en plus longue au fur et à mesure que la profondeur s'accroît. Ainsi, pour les aquifères superficiels, avec des profondeurs jusqu'à un mètre, le niveau phréatique s'élève rapidement au début du printemps (à partir



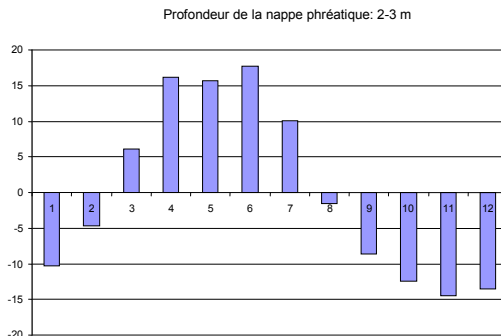
du février) à cause du dégel, auquel on ajoute l'apport pluviométrique, déterminant l'excès d'humidité (maximum en avril).



a



b



c

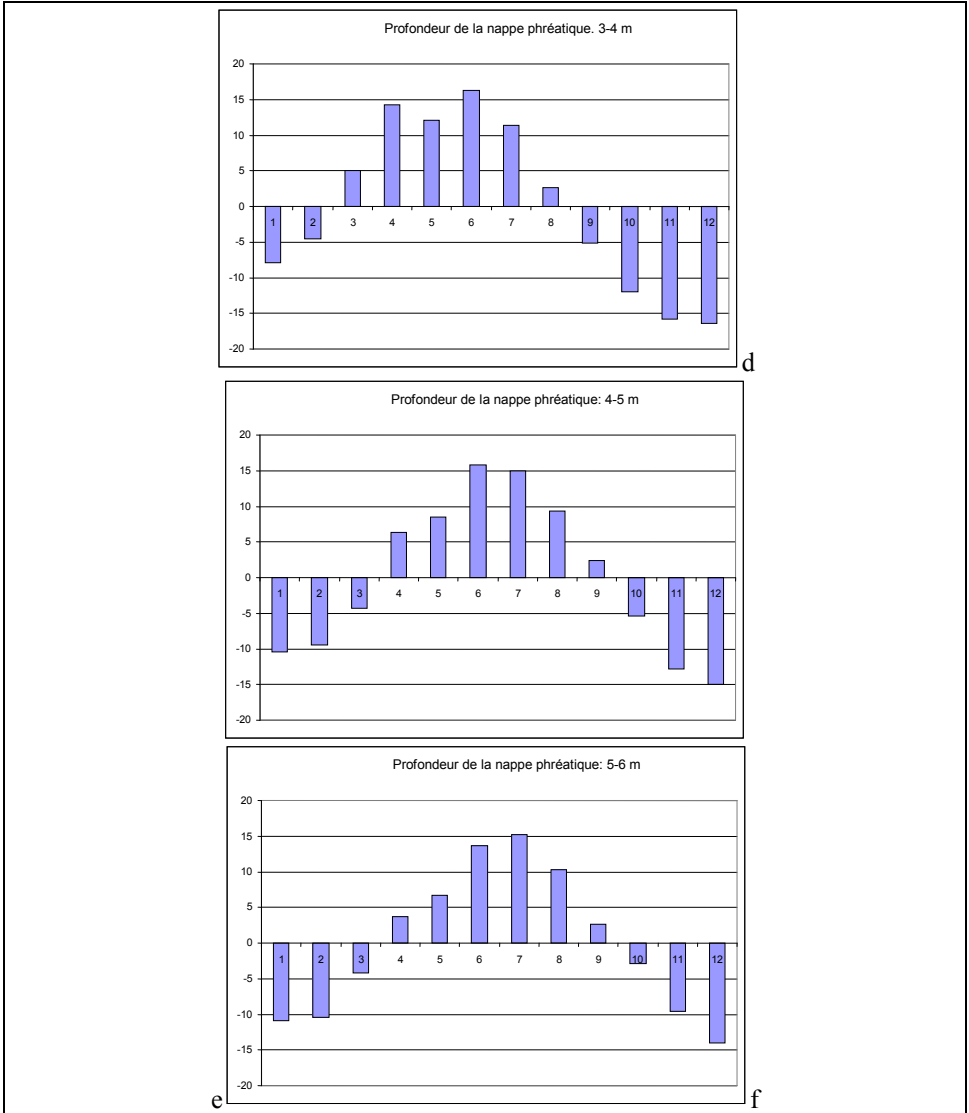


Figure no. 4. La déviation mensuelle standardisée du niveau phréatique (cm) en fonction de la profondeur

A partir du mai, on enregistre la diminution progressive du niveau phréatique, par le cumul de l'évapotranspiration, la valeur minimum étant enregistrée en septembre. Dès l'octobre, la modeste quantité de précipitations dépasse pourtant la consommation de plus en plus réduite de l'eau, causant

l'élévation progressive de la nappe phréatique. On peut aisément identifier deux semestres distinctes: avril-septembre – période de consommation et de descente du niveau phréatique – et octobre-mars – période de régénération des ressources d'eau et de soulèvement du phréatique (figure 4. a)

Pour les aquifères avec des profondeurs de 1-2 mètres, la situation est relativement comparable, à moins que les premières déviations positives ne sont pas enregistrées en février, mais en mars. La valeur maximum reste en avril, mais la diminution est plus réduite en mai-juin, devenant plus accélérée dès juillet, à cause de l'évapotranspiration et le cesse de l'alimentation superficielle. La courbe descendante se maintient jusqu'en octobre, quand la nappe phréatique commence à se régénérer, modérément au début, c'est vrai. Les intervalles de consommation et de régénération ont été décalés avec un mois : mai-octobre et novembre-avril (figure no. 4.b)

Dans le cas des aquifères avec des profondeurs de 2-3 mètres, l'élévation du niveau commence aussi en mars, mais le saut principal se produit en avril. Dans l'intervalle avril-juin (au niveau maximum), les valeurs restent élevées, le décline se manifestant entre la fin de juin et novembre, quand on ressent une régénération, timide au début, en novembre-décembre, et accélérée en janvier-février. On observe donc un autre décalage des deux semestres: juin-novembre et décembre-mai. La même chose reste semblable dans le cas des aquifères ayant une profondeur de 3-4 mètres (figure no. 4. c. d.).

Pour les profondeurs de 4-5 mètres, les déviations positives se manifestent à partir du mois avril et la courbe ascendante se maintient jusqu'en juin (le niveau maximum). Après avoir descendu imperceptiblement en juillet, le décline se manifeste progressivement entre août et décembre; les ressources commencent à se régénérer à partir de janvier dans la même manière (lentement dans les premières deux mois et plus rapidement dans les deux suivantes). La période de consommation est caractéristique pour juillet-décembre, tandis que la période de régénération pour janvier-juin, ce qui est valable également pour les profondeurs de 5-6 m, à moins que la déviation maximale positive est enregistrée en juillet (figure no. 3. e, f) :

Au-dessous de 6-7 m, l'influence des paramètres climatiques est fortement modifiée par les propriétés des roches de gisement ou par le drainage souterraine des aquifères et il est difficile de mettre en évidence une corrélation directe aussi claire. En synthèse, on peut observer que la période de consommation appartient aux mois avril-septembre pour les nappes phréatiques qui ne dépassent un mètre de profondeur, mai-octobre pour les profondeurs de 1-2 mètres, juin-novembre pour les profondeurs de 2-4 mètres et juillet-décembre pour celles de 4-6 mètres.

Pour donner un exemple plus concret, on présente dans la figure no. 5 le régime moyen de variation pour trois forages représentatifs du bassin de Tutova, avec les profondeurs de 1,7 m (Dragalina), 2,6 m (Ciocani), et 5,0 m (Dragalina). On peut aisément observer la variation en profondeur du temps de réponse, mais aussi de l'amplitude de variation du niveau phréatique.

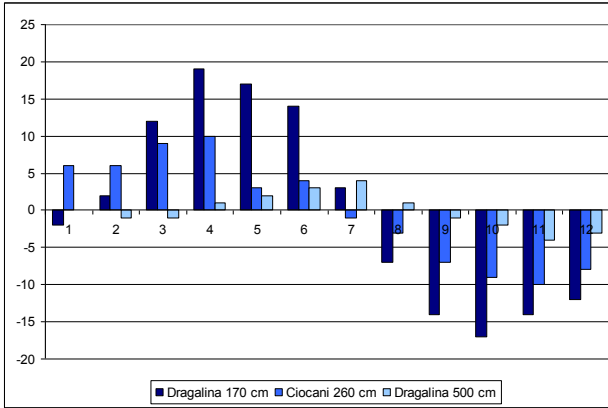


Figure no. 5.: Le régime de variation du niveau phréatique pour trois forages du bassin de Tutova

Au fur et à mesure que la profondeur de la nappe phréatique s'accroît, l'amplitude de variation se réduit. Mais cette diminution de l'écart de variation est également dépendante du coefficient de filtration (la perméabilité) des roches porteuses, auquel on ajoute, en rapport inverse, le rayon d'influence du puits et l'épaisseur de l'aquifère. D'une manière générale, la relation entre l'amplitude de variation et la profondeur de la nappe phréatique (0-30 m) est synthétisée dans la figure no. 6. et mise en évidence par un coefficient de corrélation Pearson de -0.64, satisfaisant du point de vue statistique et représentative du point de vue géographique. L'écart moyen pluriannuel de variation dépasse 30 cm pour les aquifères ayant une profondeur au-dessous de 4 m, il est encadré entre 30-30 cm pour les aquifères ayant une profondeur de 4-8 m et moins de 20 cm pour les aquifères plus profondes. Les amplitudes extrêmes sont pourtant beaucoup plus élevées.

#### 4. Les risques associés

**La sécheresse hydrologique.** Etant données les conditions climatiques de la région, le risque le plus fréquent est représenté par la descente de la nappe phréatique au-dessous de la profondeur critique d'alimentation des sources naturelles ou des puits (fontaines). Même si les plus grandes fluctuations du niveau sont spécifiques aux aquifères de basse profondeur, le risque mentionné

est plus important pour les aquifères moyens et profonds, à cause des conditions de gisement et de drainage. Ainsi, les aquifères avec une profondeur réduite sont spécifiques surtout aux lits alluviaux et alluviaux-colluviaux, ayant un accumulatif relativement consistant; la couche porteuse d'eau y compte plusieurs mètres et les réserves en eau sont relativement importantes. Cependant, dans leur plupart, ces aquifères sont sous pression, ainsi que le niveau phréatique se trouve parfois avec 2-5 mètres au-dessus de la couche de gisement (dépassant donc l'écart maximum de variation du phréatique). En conditions de sécheresse prolongée, la descente de la nappe phréatique est extrêmement visible, mais ne détermine que rarement l'assèchement de certains puits, insuffisamment creusés. La régénération est aussi rapide et aussi facile à observer dans le printemps prochain. En outre, on doit envisager les conditions de drainage, parce que ces aquifères se trouvent dans les zones plus basses du bassin hydrographique, vers lesquelles l'écoulement superficiel ou souterrain se concentre plus ou moins rapide. Il y a une exception dans le cas des nappes phréatiques des versants et même de certains interfluves secondaires qui se sont accumulées sur des lentilles argileuses et qui ont un caractère discontinu.

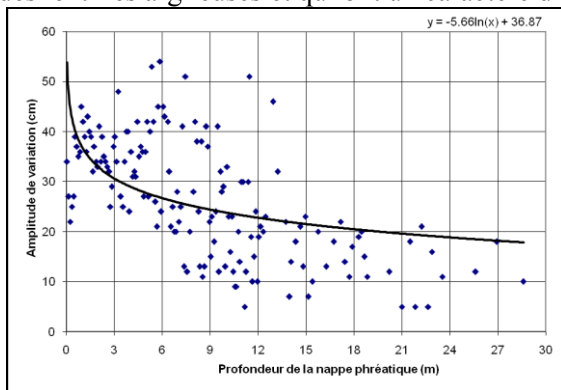


Figure no. 6.: La relation entre la profondeur de la nappe phréatique et son amplitude de variation

A l'autre extrême, les aquifères de grande profondeur (15-25 m) sont d'habitude situés à la partie supérieure des versants ou sur les interfluves, étant cantonnés en dépôts de gisement avec une épaisseur réduite et réserves modestes. A cause de la profondeur, l'alimentation par les précipitations est très difficile et lente. Se trouvant en position d'émergence, ces aquifères, bien qu'ils soient peu exposés aux pertes par l'évapotranspiration, ils ressentent l'effet indirect du drainage latéral, accéléré pendant les sécheresses. C'est pourquoi, le long des périodes déficitaires pluviométriques (surtout prolongées), les puits

alimentés par ces aquifères sont les premiers affectés et, parfois, la régénération des modestes ressources peut durer quelques années.

La diminution drastique du niveau phréatique et les effets négatifs fortement ressentis par la société sont enregistrés d'une manière différenciée en fonction des conditions de gisement et de drainage. Si, en général, la diminution accentuée du niveau phréatique est enregistrée après un-deux ans consécutifs déficitaires du point de vue pluviométrique, les implications pratiques doivent être nuancées. Ainsi, pour les aquifères des lits alluviaux ou alluviaux-colluviaux, la diminution est fortement ressentie après 2-3 ans de sécheresse, dans le cas des glaciés et des dépôts épais du tiers inférieur des versants, le déficit est ressenti après 1-2 ans de sécheresse. Pour les aquifères du tiers moyen et supérieur des versants ou des interfluvés, la crise se manifeste dès le premier an de sécheresse (0-1 ans), se manifestant y compris par l'assèchement des fontaines.

De tous les cas récents de sécheresse, deux situations sont très suggestives: la série des années 2000-2002 et l'année 2007. Pour la première, à Bârlad, après un intervalle de quatre années avec des précipitations excédentaires (une moyenne de 565,7 mm pour 1996-1999, par rapport à la moyenne de 515,5 mm pour l'intervalle 1961-2006), les années 2000 et 2001 sont extrêmement sèches (323,2, respectivement, 382,9 mm) et à peine 2002 nous apporte un supplément pluviométrique (649,3 mm). En même temps, 2000 et 2001 sont caractérisées par des températures très élevées (11,2°C et 10,5°C les moyennes annuelles), surtout dans le semestre chaud, avec des fréquents jours tropicaux en été, déterminant une forte évapotranspiration. Pour les aquifères, le déficit est ressenti progressivement et les effets se cumulent, ainsi que, pour les aquifères du lit de Tutova, la plus importante déviation négative du niveau phréatique est enregistrée en 2002, même si les précipitations sont excédentaires. On présente une synthèse dans le tableau no. 2, pour faire aussi une comparaison avec les valeurs moyennes pluriannuelle (l'intervalle 1961-2006 pour les éléments climatiques et 1983-2003 pour la nappe phréatique).

Tableau no. 2. Les paramètres climatiques (Bârlad) et la profondeur de la nappe phréatique (2000-2002)

Année	T (°C)	ET (mm)	PP (mm)	Profondeur de la nappe phréatique (m)				
				Ciocani F2	Fântânele F2	Dragalina F6	Dragalina F7	Dragalina F8
2000	11,2	807,3	323,2	2,77	2,40	4,51	1,46	2,03
2001	10,5	787,0	382,9	3,51	2,56	5,05	1,89	2,30
2002	10,6	780,7	649,3	4,77	2,89	5,76	2,79	3,32
Moyenne	9,7	723,8	515,5	2,55	2,24	5,04	1,64	2,27

2007 a été, elle-aussi, une année extrêmement difficile, à partir du semestre froid précédent (octobre-mars), quand les précipitations ne dépassent 70% de la moyenne (120,1 mm par rapport aux 174,4 mm), tandis que la température de l'air pour le même intervalle a une valeur double par rapport à la moyenne (5,2°C au lieu de 2,3°C). L'évapotranspiration est surdimensionnée, comptant 190,1 mm, dépassant la valeur moyenne de l'intervalle (143,9 mm 0 Bârlad). On doit préciser aussi que le mois janvier 2007, avec une température moyenne de +3,3°C est le plus chaud des années 1961-2007. A cause des précipitations réduites et des températures élevées, le déficit hydrique se ressent à partir du mois mai et devient de plus en plus accentuée le long de l'été. Les mois juin (23°C /14,9 mm) et juillet (25,6°C/7,7 mm) sont caractérisés par les plus réduites précipitations et les plus élevées températures de tout l'intervalle 1961-2007. Le déficit hydrique devient de plus en plus accentuée et la sécheresse hydrologique est ressentie à partir du juin. Le niveau phréatique descend fortement, causant l'assèchement d'un grand nombre de fontaines et posant des problèmes à l'alimentation de la population. Beaucoup médiatisé a été le cas de la localité Perieni, le nécessaire d'eau étant assuré à l'aide des citernes, par la distribution de l'eau à la bouteille (minérale ou plate) et, enfin, par l'exécution et l'exploitation des nouveaux forages.

Les situations de crise dues à l'impossibilité d'assurer le nécessaire d'eau pendant les sécheresses sont signalées de plus en plus souvent dans la dernière vingtaine d'années, mais on ne doit pas chercher toujours l'explication dans les caprices du climat, car on doit envisager l'accentuation de la pression humaine qui se reflète dans une consommation de plus en plus importante. On n'a pas des villes dans le bassin de Tutova, mais la famille paysanne essaye de satisfaire ses besoins de son propre ménage, le concept de „obște” a disparu le long du temps et on observe une tendance d'exagérer le sens privé de la vie. Un aspect très concluant en cette question est le désir de chaque paysan d'avoir une fontaine dans sa propre cour, comme un fragile signe du bien-être. Il n'y a pas un réseau d'alimentation publique, mais des centaines de puits ont été creusés dans les dernières 20 années dans le bassin de Tutova, beaucoup d'eux se trouvant aux distances inférieures à leurs rayons d'influence.

**L'excès d'humidité** causé par le soulèvement du niveau phréatique apparait isolément dans le territoire, les surfaces exposées étant infiniment moindres par rapport à celles exposées à la sécheresse hydrique. Généralement, les aquifères situés à non plus de 2 mètres peuvent déterminer l'apparition de l'excès d'humidité au niveau du sol, qui pourrait être bathigleyique, mésogleyique, épigleyique ou même proxigleyique, avec un excès d'humidité à la surface et une tendance de devenir marécageux. La régularisation des cours

d'eau et l'accentuation de la pente de drainage a contribué à la diminution des surfaces exposées aux risques de cette catégorie dans les derniers trente ans (on n'y discute pas de l'eau stagnante et de stagnogleyisation).

Les plus importantes zones se trouvent dans le lit de la rivière Tutova, surtout dans les secteurs de confluence, où l'accumulatif consistant contribue à la surélévation du lit majeur et empêche un drainage efficace: les confluences avec Lipova, Semenea, Valea Babei, Popești, Mărul, Bulbuceni, Negraia, Fulgul, Iezer, Ciubota, Studineț etc. La situation devient d'autant plus évidente, quand on a une double confluence, à gauche et à droite, les effets étant cumulés: Mărul-Bulbuceni, Ciubota-Iezer. Dans les lits des affluents principaux, Lipova, Iezer, Studineț, les surfaces affectées par l'excès d'humidité phréatique sont encore plus réduites.

## 5. Conclusions

La dynamique des eaux phréatique est très variable en fonction des éléments climatiques, mais les rapports dépendent de la profondeur de la nappe phréatique, les conditions de gisement et de drainage. Les corrélations directes entre les paramètres climatiques et l'écart normal de la nappe phréatique sont très évidentes jusqu'aux profondeurs de 6-7 mètres. Jusqu'à la même profondeur, on a exprimé le décalage progressif entre le régime des éléments climatiques et les fluctuations du niveau phréatique et on a identifié les deux semestres (de consommation et de régénération) eux-aussi décalés selon le temps de réponse. L'écart maximum de variations se réduit graduellement en profondeur, mais les études concrètes nous montrent un écart de variation beaucoup plus étendu. Les risques les plus importants sont associés à la descente du niveau phréatique au-dessous de la profondeur critique d'alimentation du réseau hydrographique et des sources, en causant la sécheresse hydrique, parfois extrêmement sévère.

## Bibliografie

- Martiniuc C. (1954)** - *Situația pânzelor de apă și a hidrografiei regiunii colinare Puești – Drăxeni (regiunea Bârlad)*, Dări de seamă Com. Geol. (1950 - 1951)
- Minea I., Stângă I. C., Panaitescu E. V. (2006)** – *La qualité des eaux phréatiques de la vallée de Prut*, Lucrările Seminarului geografic „Dimitrie Cantemir”, nr. 26, pp. 137-146
- Poghirc, P. (1972)** – *Satul din Colinele Tutovei – studiu geografic*, Editura Științifică, București
- Rusu C. coord. (2008)** – *Impactul riscurilor hidro-climatice și pedo-geomorfologice asupra mediului în bazinul Bârladului*, Ed. Performantica, 444 pp.
- Stângă I. C. (2005)** – *Considerații privind calitatea apelor freatice din Colinele Tutovei*, International Conference Disaster and Pollution Monitoring, Iași, 18–20 november 2004, Ed. Performantica, Iași