مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية - سلسلة العلوم الزراعية المجلد /15/ العدد /2/ 1413 هـ 1993 م.

"دراسة تجريبية مقارنة لبعض طرق تقدير التبخر - نتح الكامن"

د. أحمد الخضر*

ضمن إطار تحديد الاحتياجات المائية للمحاصيل، فقد تم تحديد هدفين لهذه الدراسة:

ينحصر الهدف الأول في المقارنة بين التبخر - نتح الكامن (ETP) المحسوب باستخدام صيغة "بنمان" (الصيغة المرجع)، وبين التبخر - نتح الكامن المحسوب باستخدام الصيغ التجريبية الأخرى السهلة التطبيق (بلاني - كريدل، بوشيه، تورك)، وذلك بغية اختيار أفضل تخمين لصيغة "بنمان"، باستعمال عدد أقل من العناصر المناخية.

أما الهدف الثاني لهذه الدراسة فهو المقارنة بين التبخر - نتح الكامن المحسوب من صيغة "بنمان"، وبين ذلك المُقدَّر باستعمال طريقة الأحواض المائية الحرة (حوض صنف أو نموذج آ، "حوض الأورستوم")، محاولين هنا إيجاد علاقة مسوغة تمكننا من استعمال طريقة الأحواض كدليل نسبي للحاجة إلى الري في المنطقة المدروسة (منطقة الشلف في الجزائر).

كلمات - مفاتيح: أحواض مائية، احتياجات مائية، تبخر - نتح

* الدكتور أحمد الخضر أستاذ مساعد في قسم التربة بكلية الزراعة - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

يعتبر المـاء مـن أهـم العوامـل المحـددة للانتـاج الزراعـي، خاصـة في المنـاطق الجافـة وشـبه الجافـة مـن العـالم. ويعتـبر تحديـد الاحتياجات المائية للمحاصيل في هذه المنـاطق من الأهمية بمكان، كونـه ضروريـاً لتصحيـح الميزانيـة المائيـة المناخيـة عـن طريـق الـري، بمـا يكفل زيادة الانتاج وريعيته من جهة، ولكونه ضرورياً أيضـاً لتجنـب الهـدر بمياه الـري ولما يُخلّفه هذا من آثار ضارة على التربة والنبات، نـاهيك عـن كونـه يشـكل اسـتنزافاً لأحـد المصادر الطبيعية المحدودة من جهة ثانيـة. وبمـا أن الاحتياجـات المائيـة للمحـاصيل مرتبطـة إرتباطـاً وثيقـاً بـالتبخر - نتـح مـن الحقـول الزراعية، ولذلـك فقـد احتلـت مسـألة تحديـد التبخـر - نتـح مركـز الصـادرة في أعمـال البـاحثين (BOUCHET,1964; Fortin, 1975; EL-KHODRE, 1984; Petrschmitt et Katerji,1989)

في الواقـع، علـى الرغـم مـن تطـور أجهزة "الليزيميترات" المخصصة للقياس المباشر للتبخر - نتح، إلا أنها بقيـت حتـى الآن غـير قادرة عملياً على حل المشكلة، نظراً لتكاليفها المرتفعـة، الـتي تحـد مـن استخدامها المكثـف، الذي قد تمليه التغيرات المناخية الموضعية حتـى في الحقل الواحد إذا كـان متسـعاً. أضـف إلى ذلك أن هذه الأجهزة تحتاج إلى عنايـة خاصـة أثناء إقامتها واستخدامها (قد تزيد نسبة الخطأ في قياس التبخر - نتح في حالة الاستخدام أو الصيانة السيئة لليزيميترات عن 30 ٪). من هنا فقـد تطـورت عـدة اتجاهـات في مجـال تقديـر التبخـر - نتـح (أو "التبخـر والنتـح" حسـب العديد من المراجع، خاصة الفرنسية)، منطلقـة من مبدأ أن تقديراً جيداً لظاهرة ما قـد يكـون أفضل من قياس شاق ومحفوف بالأخطاء لهـذه الظـاهرة. لقـد تمحـورت هـذه الاتجاهـات، بشكل أساسي حول معرفة قدرة الجـو المحيـط بالنبات (بمـا يمتلكـه مـن طاقـة، وبمـا تمتـاز بـه الكتل الهوائية من خصائص) على تبخير المـاء، والـتي يمكـن تشـبيهها بطلـب طـاقي (Demande energetique) للمـاء مـن قبـل الغلاف الجوي (الخضر، 1990). هذه القـدرة الكامنة للجـو علـى تبخـير المـاء تشـكل حـداً أعلى للاحتياجـات المائيـة للحقـول الزراعيـة، لايمكن تجاوزه، وهو ما ندعوه بالتبخر - نتـح الكـامن (ETP)، الـذي يعتمـد حسـابه علـى عناصر الجو، والتي يمكن الحصـول عليهـا مـن محطات الرصـد الجـوي. وتـأتي أهميـة تحديـد التبخر - نتح الكامن من كونه يشـكل، كمـا ذكرنا، سقفاً للاحتياجات المائية للمحـاصيل، يمكن برمجة عمليات الـري علـى أساسـه. مـن جهة أخرى، يستخدم التبخـر - نتـح الكـامن في تحديد الاحتياجات المائية الحقيقية الأعظمية للمحـاصيل، والمُعبَّر عنهـا بـالتبخر - نتـح الحقيقي الأعظمي، أو اختصاراً بالتبخر - نتح الأعظمي (ETM). حيـث يكـون ذلـك بعـد تحديـد معـامل تجريبي يسـمى معـامل النبـات (Kc)، الـذي يتغـير بحسـب نـوع النبـات

ومرحلة نموه، وبحسب كثافة الغطاء النباتي، والذي يتأثر أيضاً بطبيعة المناخ السائد، وبطريقة السري المتبعة، حيث: ETM = Kc.ETP. من جهة ثالثة، يدخل التبخر نتح الكامن كعامل رئيسي في تحديد التبخر - نتح الحقيقي (ETR) في حالة التقنين بالماء (عندما لاتعطى المحاصيل احتياجاتها المائية الأعظمية)، حيث وضعت في هذا المجال العديد من العلاقات الناظمة:

- من هذه العلاقات ما اعتمد على الميزانية الطاقية (Bilan d' énergie)، حيث يتم فيها حساب التبخر - نتح الحقيقي انطلاقاً من الطاقة المستخدمة في ظاهرة التبخر والنتح (BOUCHET, 1963; Brunet, 1981).
- ومن هذه العلاقات ما اعتمد في تقدير التبخر - نتح الحقيقي على قياس درجة حرارة سطح التربة، والغطاء النباتي باستخدام الأشعة تحت الحمراء، وذلك عن طريق الاستشعار عن بعد (Par télédétection)، باعتبار أن درجة حرارة السطح المُبخرّ مرتبطة بالتبخر - نتح الحقيقي ارتباطاً وثيقاً (Vidal et BAQURI, 1988; SEGUIN et al, 1982)
- ومن هذه العلاقات ما اعتمد في تقدير التبخر - نتح الحقيقي على كمية الأمطار وعلى المخزون المائي المتاح للنبات في التربة، وكذلك على درجة الحرارة والإشعاع الإجمالي، بالاضافة إلى عامل يتعلق باستهلاك النبات للماء (TURC, 1967).
- ومن هذه العلاقات ما اعتمد في تقدير التبخر - نتح الحقيقي على التبخر - نتح الكامن وعلى رطوبة التربة (EAGLEMEN, 1971; DENMEAD et SHAW, 1962).
- ومن هذه العلاقات ما اعتبر أن التبخر - نتح الحقيقي تابع للتبخر - نتح الكامن ولكمون الماء داخل التربة، وكذلك لدرجة انتشار الجذور النباتية فيها (الخضر, 1989).

نظراً لهذه الأهمية الملحوظة للتبخر - نتح الكامن، فقد كثرت الطرق والصيغ المخصصة لتقديره ولحسابه، وذلك باستخدام معطيات مناخية، يختلف عددها بحسب درجة الدقة المتوخاة من هذا الحساب. بحيث يمكن القول في هذا المجال بأنه كلما زاد عدد المعطيات المناخية المستخدمة في هذه الصيغ، كلما كانت درجة دقتها في حساب التبخر - نتح الكامن أكبر، ولكن تطبيقها يكون صعباً والعكس بالعكس.

من جهة أخرى، فإن صيغة من هذه الصيغ قد تكون مناسبة لحساب التبخر - نتح الكامن في منطقة مناخية دون أخرى.

في الواقع، اعتمدت الصيغ المخصصة لحساب التبخر - نتح الكامن على معطيات

مناخية متنوعة، وأهم الاتجاهات في هذا المجال كانت كما يلي:

– **تقدير التبخر** – نتح الكامن انطلاقاً من التبخر الحاصل من سطح مائي، حيث استخدمت في هذا المجال "المُبخّرات" (Evaporomètres)، التي تستخدم سطحاً مائياً صغيراً، كمُبخّر "وايلد" (Evaporomètre Wild)، ومُبخّر "البيش" (Evaporomètre PICHE). أو تستخدم سطحاً مائياً أكبر نسبياً كأحواض التبخر (Bacs d'évaporation)، مثل "الحوض صنف أ" ("Bac classe A") و "حوض كولورادو" (Bac de colorado)، و"حوض الأورستوم" (Bac de l' O.R.S.T.O.M). في هذه الطرق، يضرب التبخر الناتج عن الحوض بمعامل معين (يعتمد معامل الحوض على نوع الحوض وطريقة وضعه في التربة، وعلى المساحة المزروعة حوله، وكذلك على سرعة الرياح والرطوبة الجوية) لينتج التبخر – نتح الكامن.

– **تقدير التبخر** – نتح الكامن انطلاقاً من كمية الأمطار، خلال فترة زمنية معينة في بعض المناطق المناخية (Dancette, 1974).

– **تقدير التبخر** – نتح الكامن انطلاقا من متوسطات درجات الحرارة، وذلك باستخدام بعض بعض الصيغ كصيغة تورنويت (Thornthwaite, 1948)، أو كالصيغة التي أوجدها بلاني – كريدل - (Blaney Criddle, 1950)، وطورها الباحثان دورنبوز وبريت (Doorenbos et pruitt, 1980) بإدخال معامل تصحيح يتعلق بمتوسط الرطوبة الجوية الصغرى، وبمتوسط السطوع النسبي (متوسط عدد ساعات السطوع الفعلية اليومية مقسوما على متوسط عدد ساعات السطوع الأعظمية اليومية)، وكذلك بمتوسط سرعة الرياح.

– **تقدير التبخر** – نتح الكامن اعتبارا من الإشعاع الإجمالي، بإستخدام بعض الصيغ، كالصيغة التي أعطاها الباحث Makkink (C.T.R.E.F., 1979).

– **تقدير التبخر** – نتح الكامن انطلاقا من متوسطات درجات الحرارة، والإشعاع الإجمالي باستخدام بعض الصيغ كالصيغة التي أعطاها الباحث "تورك" (Turc, 1961)

– **تقدير التبخر**– نتح الكامن اعتبارا من الإشعاع الإجمالي، ومن التبخر الناتج عن مبخر "البيش" باستخدام بعض الصيغ كتلك المقترحة من قبل الباحثين "بروشية" و "جيربية" (Brochet et Gerbier, 1975).

– **تقدير التبخر** – نتح الكامن انطلاقا من متوسطات درجات الحرارة، ومن التبخر الناتج عن مبخر "البيش" باستخدام بعض الصيغ كصيغة الباحث "بوشيه" Bouchet, (1963)

– **تقدير البتخر** – نتح الكامن اعتباراً من ميزانية الطاقة الإشعاعية (الإشعاع الصافي)،

ومن القدرة التبخيرية للهواء، الممثلة للخصائص الطبيعية للكتل الهوائية (الرطوبة، السرعة، درجة الحرارة، الضغط، الكثافة) وذلك باستخدام بعض الصيغ المتمحورة جميعا حول الصيغة التي أعطاها الباحث "بنمان" (Penman, 1948)، والتي أجريت عليها العديد من التعديلات التي أهمها، من الناحية العملية، التعديل الذي قام به الباحثان "دورنبوز" و "بريت" عام 1980 (Doorenbos et Pruitt, 1980).

تعتبر صيغة "بنمان" في هذا المجال، من أكثر الصيغ أهمية في حساب التبخر - نتح الكامن، كونها ترتكز على أساس فيزيائي متين، آخذة بالحسبان عددا كبيرا من العناصر المناخية، لذلك، فقد حاولنا في هذه الدراسة أن تقارن بين نتائج صيغة "بنمان" (الصيغة المرجع)، وبين النتائج المستحصل عليها من بعض الصيغ الأخرى الدقيقة نسبيا، والتي لايحتاج تطبيقها إلى عدد كبير من العناصر المناخية/ مقارنة بصيغة "بنمان" (صيغة بلاني - كريدل المعدل، صيغة بوشيه، صيغة تورك)، بهدف استبدال صيغة بنمان، في المنطقة المناخية المدروسة، بإحدى الصيغ القريبة منها من حيث النتائج، والتي لاتحتاج إلى رصد عناصر مناخية عديدة، كتلك الخاصة بصيغة "بنمان".

من جهة اخرى، فقد تمت مقارنة النتائج المستحصل عليها باستخدام صيغة "بنمان"، مع تلك الناتجة عن أحواض التبخر (حوض صنف، حوض الأوروستوم) لمعرفة مدى صلاحية النتائج المستحصل عليها من هذه الأحواض في تحديد الإحتياجات المائية للمحاصيل، وبالتالي في توقيت عمليات الري.

طريقة البحث والقياسات المنفذة:

أجريت الأعمال التطبيقية لهذا البحث في المحطة التجريبية التابعة للمعهد الوطني للتعليم العالي للعلوم الفلاحية (I.N.E.S.) بالشلف في الجزائر، حيث باشرنا، ولأول مرة في المحطة بإقامة الأجهزة التالية:

- **حوض تبخر صنف آ**: وهو عبارة عن حوض أسطواني من الحديد المغلفن، بقطر 121,9 سم/ وبعمق 25,4 سم. موضوع فوق سطح التربة على قاعدة خشبية بارتفاع 15,2 سم، بحيث يحتفظ بالماء داخل الحوض على بعد يتراوح بين 5 سم و 7,6 سم من حافته العليا.
- **حوض تبخر من نوع الأورستوم**: وهو حوض يشبه حوض "كولورادو" (Boc de colorado)، مصنوع من قبل هيئة الأبحاث العلمية والتكنولوجية لما وراء البحار بفرنسا (O.R.S.T.O.M.). سطح مقطع هذا الحوض بشكل مربع بأبعاد 100 * 100 سم، وبعمق 50 سم، مدفون داخل التربة بحيث لايبدو منه سوى 10 سم،

ويحتفظ بالماء داخل الحوض عند مستوى سطح التربة.

- **مبخر "بيش" يومي:** وهو عبارة عن انبوب مدرج بالمم كعمق طبقة مائية (1 مم = 1م3/ دنم = 10 م3 / هكتار)، يملأ بالماء المقطر ويعلق من الأعلى بقفص خشبي خاص، حيث يوضع على حافته السفلى المدلاة قرص من الورق المسامي الخاص بقطر 30 مم، فعن طريق قياس كمية المياه المتبخرة من خلال القرص الورقي المسامي، يمكن تقدير التبخر - نتح الكامن باستخدام إحدى الصيغ المناسبة كصيغة الباحث "بوشيية" (Bouchet, 1963).
- محطة أرصاد جوية، مقامة سابقا، لقياس تغيرات عناصر الجو، (درجات الحرارة، الهطولات، الرطوبة، النسبية، سرعة واتجاه الريح، مدة السطوع الفعلية، شدة الإشعاع المنتشر والمباشر، أو مايعرف بالإشعاع الإجمالي).

تم آخذ القراءات اليومية للتبخر من الأحواض المائية ومن مبخر البيش، خلال الفترة من 9 نيسان وحتى 31 آب 1991. ومن واقع تسجيلات الرصد تم تقدير التبخر - نتح الكامن، كمتوسط لكل عشرة أيام (Par decade)، باستعمال كل من صيغة "بنمان" المصححة، "بلاني وكريدل" المعدلة، صيغة "بوشيية" وصيغة " تورك" من جهة أخرى، تم تقدير التبخر - نتح الكامن للفترة نفسها الزمنية باستخدام حوضي التبخر (الحوض صنف آ، حوض الأورستوم). وطبقا لذلك فقد أجريت المقارنة بين النتائج المستحصل عليها (كمتوسطات عشرية) من صيغة "بنمان"، وبين تلك المستحصل عليها من الصيغ الأخرى، وكذلك من أحواض التبخر (استثمر التبخر المقاس بمبخر البيش في صيغة "بوشيه" جنبا إلى جنب مع متوسطات درجة الحرارة).

النتائج والمناقشة:

يمكن تلخيص النتائج المستحصل عليها بالجدول التالي:

الشهر	عشريات الشهر	عدد أيام العشرية	المتوسط العشري (كل عشرة أيام) للتبخر – نتح الكامن ETP (مم/يوم)					
			ETP "حوض صنف أ"	ETP "حوض الأورستوم"	ETP "بنمان"	ETP "بلاني - كريدل"	ETP "بوشيه"	ETP "تورك"
نيسان	1	–	–	–	–	–	–	–
	2	11	3.80	3.60	5.40	4.40	4.80	4.25
	3	11	4.70	4.50	5.80	4.80	4.23	3.66
أيار	1	10	4.00	6.30	5.10	5.00	4.37	3.58
	2	10	3.73	4.20	6.40	6.10	6.10	6.00
	3	11	4.68	5.20	6.70	6.20	6.4	5.05
حزيران	1	10	4.90	5.10	6.70	7.40	6.75	5.31
	2	10	6.07	6.80	7.00	7.60	7.56	5.31
	3	10	6.00	6.70	9.00	9.10	7.34	7.33
تموز	1	10	8.00	8.00	7.80	8.20	8.00	6.30
	2	10	6.80	6.90	9.40	9.70	9.60	7.70
	3	11	5.60	6.60	7.40	9.80	8.30	6.90
آب	1	10	6.40	7.30	8.30	8.60	8.20	7.15
	2	10	3.70	5.20	6.60	7.30	7.15	6.3
	3	11	5.40	4.60	7.60	9.00	7.78	7.20

تشير المقارنة بين قيم التبخر - نتح الكامن المستحصل عليها من صيغة "بنمان" من جهة ، وبين تلك المستحصل عليها باستخدام الصيغ والطرق الأخرى (صيغة بلاني - كريدل، صيغة بوشيه، صيغة تورك، حوض صنف آ، حوض الأورستوم) إلى أن صيغة بنمان تعطي ارقاما أعلى، بقية تختلف بإختلاف الصيغة أو الطريقة، وذلك كمايلي:

- تشير المقارنة بين بنمان وحوض صنف (آ) إلى أنه باستثناء العشرية الأولى من تموز، فإن القيم المستحصل عليها من الحوض صنف (آ) هي أقل دوما من تلك المستحصل عليها من صيغة بنمان بإختلاف وسطي بحدود 1,8 مم / يوم، حيث يبلغ هذا الإختلاف ذروته خلال العشرية الأخيرة من حزيران (3 مم / يوم)، وأدنى قيمة له خلال العشرية الأولى من تموز 0,2 مم / يوم).
- تدل المقارنة بين صيغة بنمان وحوض الأورسوم، [بأنه باستثناء العشرية الأولى من إيار والعشرية الأولى من تموز، فإن قيم التبخر -نتح الكامن المحسوبة من صيغة بنمان تكون وبشكل منتظم أعلى من تلك الناتجة عن حوض الأورستوم، بتباين وسطي بحدود 1,3 مم/يوم، بحيث يبلغ هذا التباين حده الأقصى في العشرية الأخيرة من آب (3 مم/يوم) وحده الأدنى في العشرية الثانية من حزيران، والعشرية الأولى من تموز (0,2 مم/يوم).

يبلغ الإختلاف الوسطي بين قيم التبخر - نتح الكامن المحسوبة من صيغة بنمان ومن صيغة بلاني-كريدل حوالي 0.3مم/يوم بحيث يبلغ التباين ذروته في العشرية الثالثة من تموز (2,4 مم / يوم)، وحده الأدنى في العشرية الأولى من أيار، والعشرية الثالثة من حزيران (0.1 مم / يوم). رغم كون صيغة بلاني - كريدل تعطي أرقاماً أعلى من تلك المستحصل عليها من صيغة بنمان خلال كامل عشريات نيسان وأيار (تكون أقل خلال بقية الفترة المعتبرة).

- تشير المقارنة بين صيغة بنمان وصيغة بوشيية، بأن القيم المستحصل عليها للتبخر - نتح الكامن من صيغة "بنمان" تكون أكبر من نظيراتها الناتجة عن استخدام صيغة " بوشيه" خلال كامل عشريات نيسان وأيار، بالإضافة إلى العشرية الثالثة من حزيران والأولى من آب. بينما تكون أصغر خلال بقية الفترة المدروسة، بحيث يبلغ التباين في القيم حده الأعلى خلال العشرية الثالثة من حزيران (1,66 مم / يوم)، وحده الأدنى خلال العشرية الأولى من حزيران (0,05 مم/يوم)، مع وجود تباين وسطي خلال كامل فترة القياسات يساوي 0.2 مم /يوم.

- أخيرا، تشير المقارنة بين قيم التبخر نتح الكامن المحسوبة من صيغتي "بنمان" و "تورك" إلى أن هذه الصيغة الأخيرة تعطي أرقاما أقل من الصيغة الأولى خلال كامل الفترة المدروسة، بتباين وسطي مقداره 1,2 مم / يوم، مع وجود تباين أعظمي بحدود 2,14 مم / يوم، وذلك خلال العشرية الثالثة من نيسان، بينما كان التباين الأصغري في العشرية الثالثة من آب، حيث بلغت قيمته 0,3 مم / يوم. أي أننا نستطيع ترتيب الطرق المستخدمة لحساب التبخر - نتح الكامن، حسب قربها من صيغة بنمان، وفقا للتباين الوسطي كما يلي: صيغة بوشيية، صيغة بلاني - كريدل، صيغة تورك، حوض الأورستوم، ومن ثم حوض صنف آ.

لكن مع ذلك، فقد لايكون هذا المعيار (التباين الوسطي) كافيا لتصنيف الطرق السابقة حسب قربها من صيغة بنمان، نظراً لعدم الإنتظام في توزع النقاط التجريبية خلال الفترة المدروسة، والتي تحول دون وضع ترتيب دقيق في هذا المجال. لذلك فقد لجأنا في مقارنة الطرق المختلفة مع طريقة بنمان إلى موديل خطي يتمثل بمقارنة قيم التبخر - نتح الكامن المستحصل عليها من صيغة بنمان (ETP Penman)، مع تلك الناتجة من الصيغ والطرق الأخرى وهي: حوض صنف آ (ETP Bac "A")، حوض الأورستوم (ETP Bac "orstom")، صيغة بلاني كريدل (ETP Blaney - Criddle)، صيغة بوشيه (ETP Bouchet) صيغة تورك (ETP Turc) بحيث يأخذ الموديل الخطي الصيغة التالية: $Y = a x + b$ حيث:

a: ميل مستقيم التراجع الخطي $(a = \Sigma xiyi - \bar{X}\Sigma yi)$

b: ترتيب نقطة الأصل $(b = \bar{y} - a\bar{x})$

وبالإعتماد على على معامل الإرتباط (R) بين Y و X حيث:

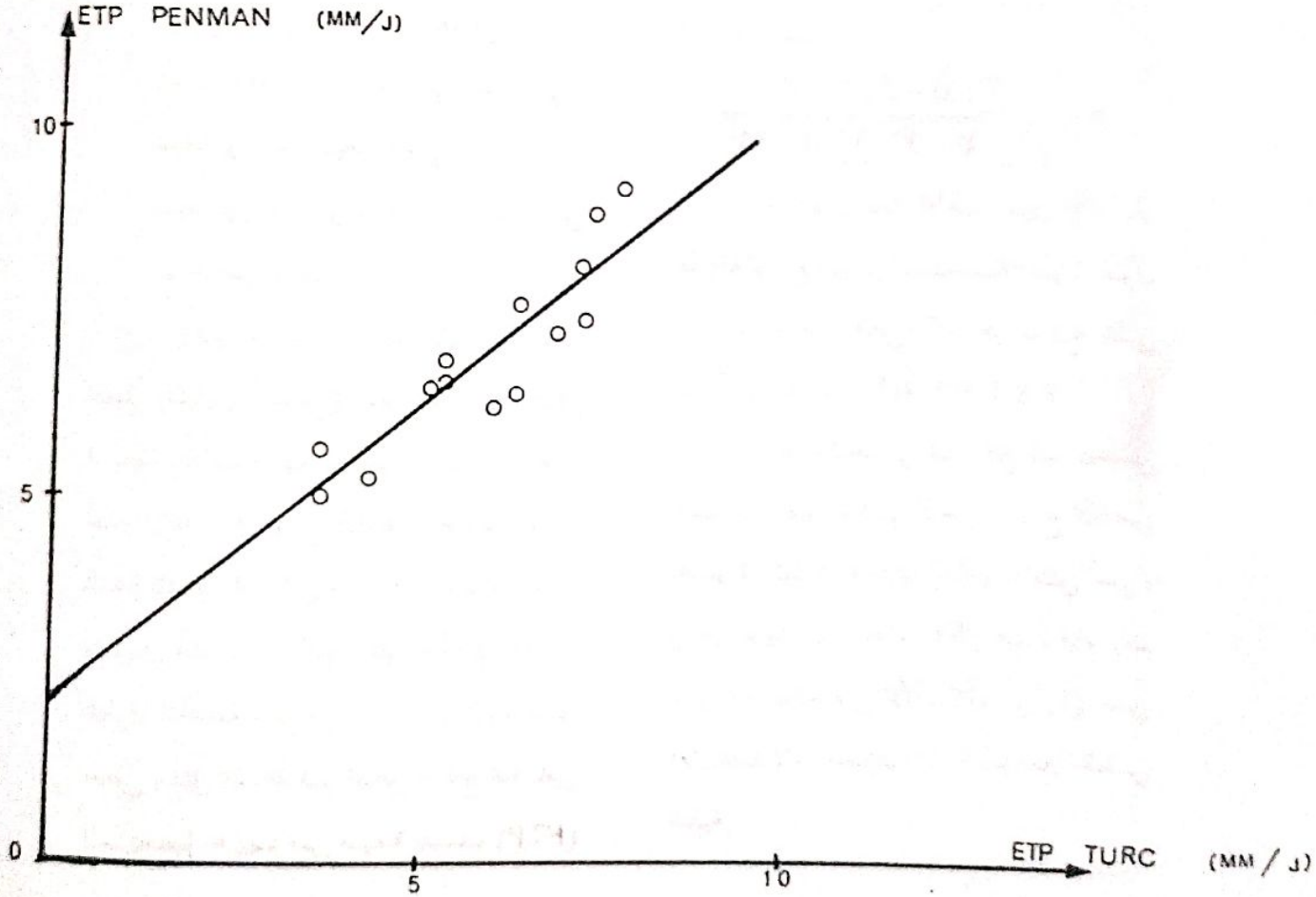
$$R = \frac{\sum (Xi - \bar{X})(Yi - \bar{Y})}{\sqrt{\sum (Xi - \bar{X})^2 \sum (Yi - \bar{Y})^2}}$$

وكذلك بعد الأخذ بعين الإعتبار لطريقة توزيع القيم المستحصلة عليها حول مستقيم التراجع الخطي، كما هو موضح على الأشكال رقم 1،2،3،4،5،6،7،8،9.

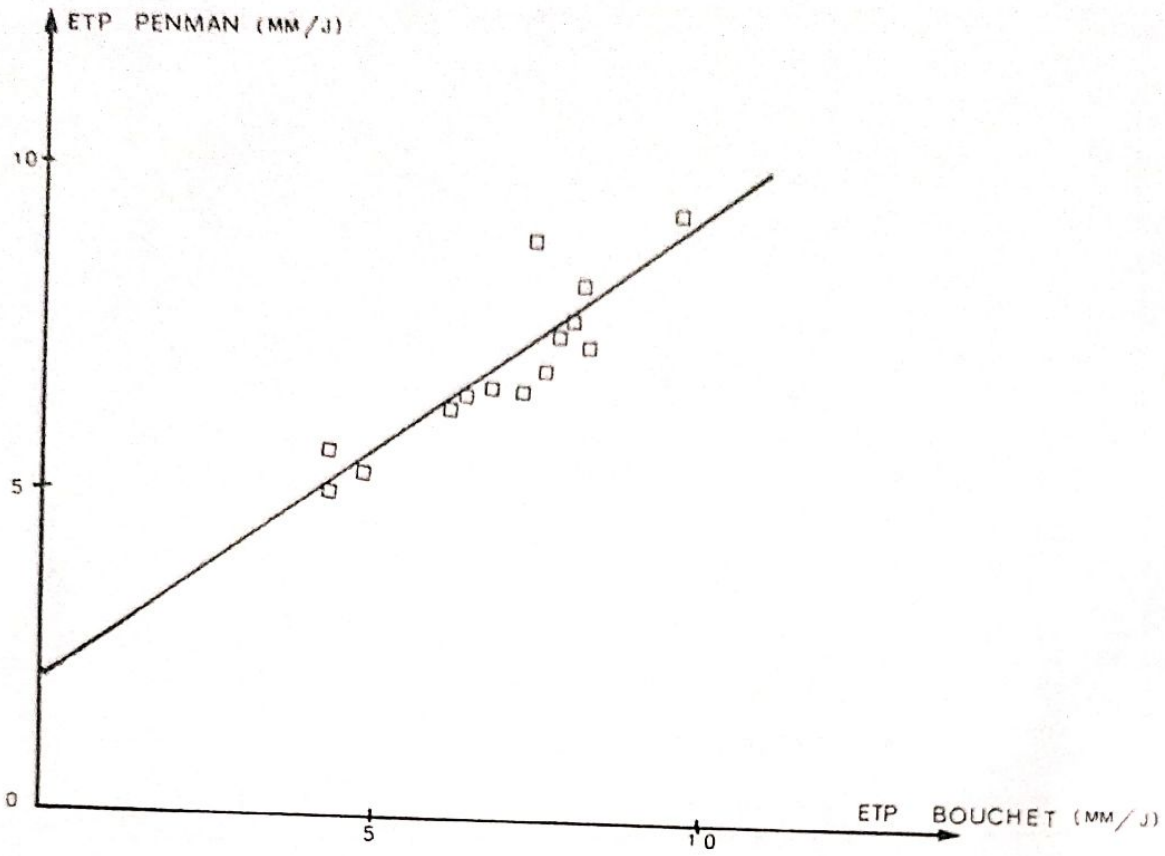
يمكن تلخيص النتائج المستحصل عليها من مقارنة قيم التبخر - نتح الكامن المحسوبة بالطرق المختلفة (مأخوذة مثنى مثنى) والمعبر عنها كمتوسطات لكل عشرة ايام (مم / يوم) والممثلة على الأشكال من (1) حتى (9) بمعادلات مستقيمات التراجع الخطي التالية:

1) ETP (PENMAN) = 0.833 ETP (TURC) + 2.207, R = 0.901
2) ETP (PENMAN) = 0.707 ETP (BOUCHET) + 2.206, R = 0.883
3) ETP (PENMAN) = 0.618 ETP (BLANEY-CRIDDLE) + 2.531, R = 0.891
4) ETP (PENMAN) = 0.593 ETP (BAC "ORSTOM) + 3.654, R = 0.620
5) ETP (PENMAN) = 0.747 ETP (BAC "A") + 3.147, R = 0.765
6) ETP (BAC "A") = 0.805 ETP (BAC "ORSTOM") + 0.611, R = 0.823
7) ETP (BOUCHET) = 1.048 ETP (TURC) + 0.757, R = 0.908
8) ETP (BOUCHET) = 0.814 ETP (BLANY-CRIDDLE) + 0.897, R = 0.940
9) ETP (BLANEY-CRIDDLE) = 1.227 ETP (TURC) + 0.179, R = 0.921

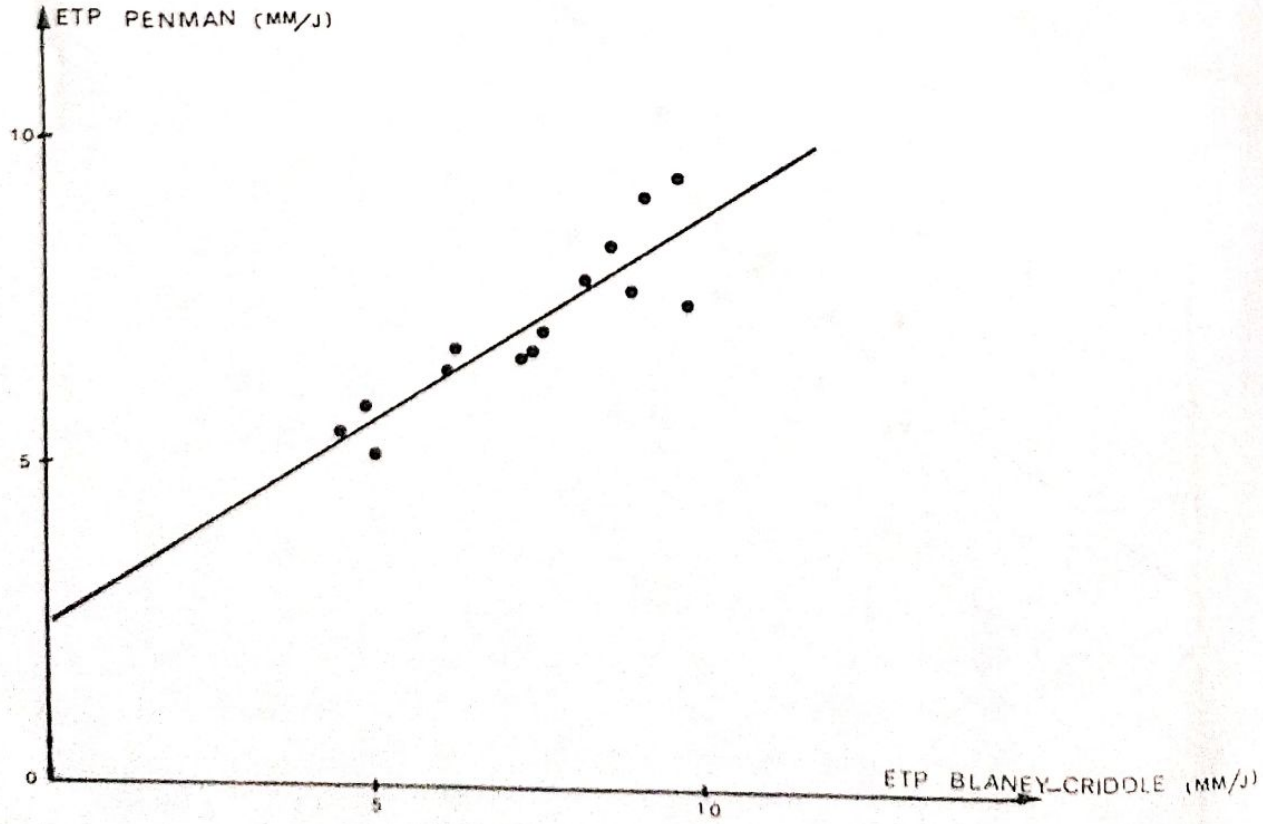
شكل رقم (1) مقارنة بين قيم التبخر - نتح الكامن المحسوب من صيغة بنمان ومن صيغة تورك معبراً عنها كمتوسطات لكل عشرةايام (مم / يوم).



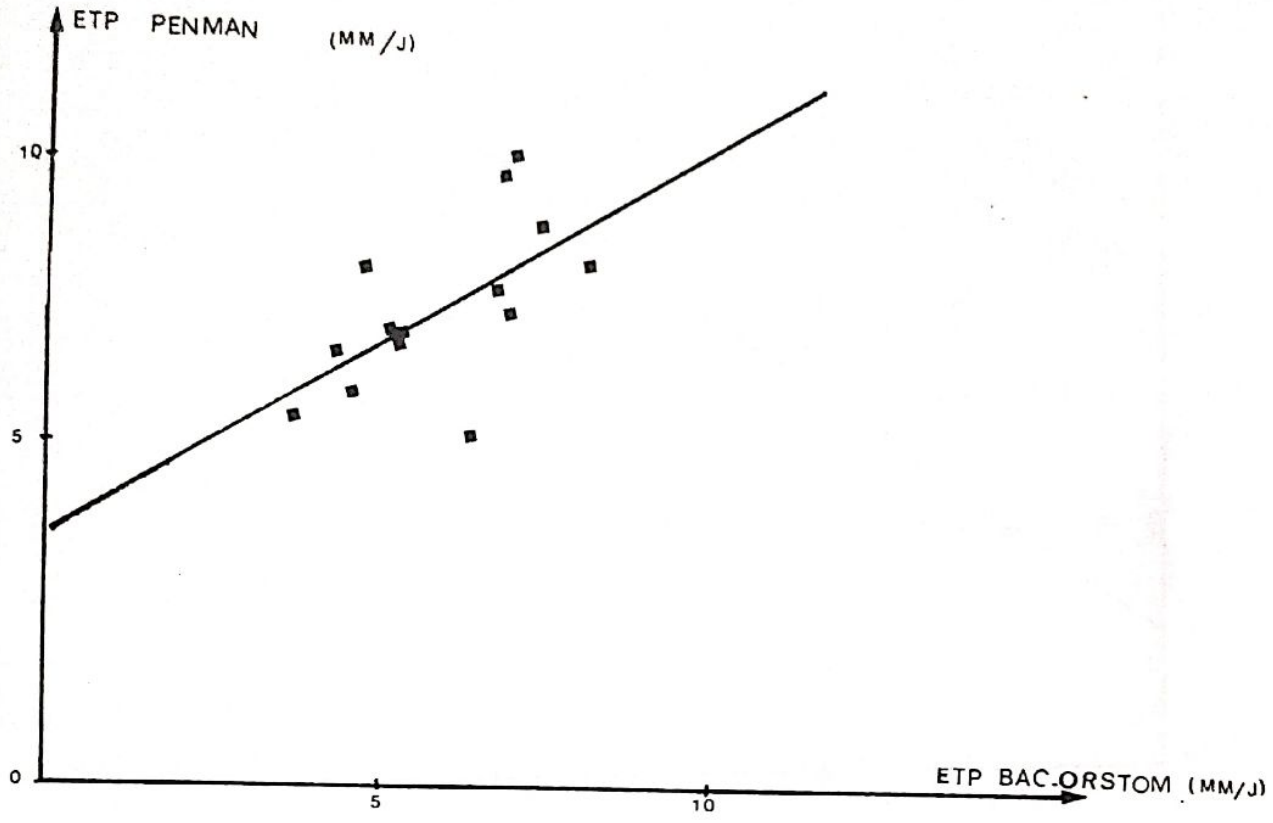
معبراً عنها كمتوسطات لكل عشرة أيام (مم / يوم).



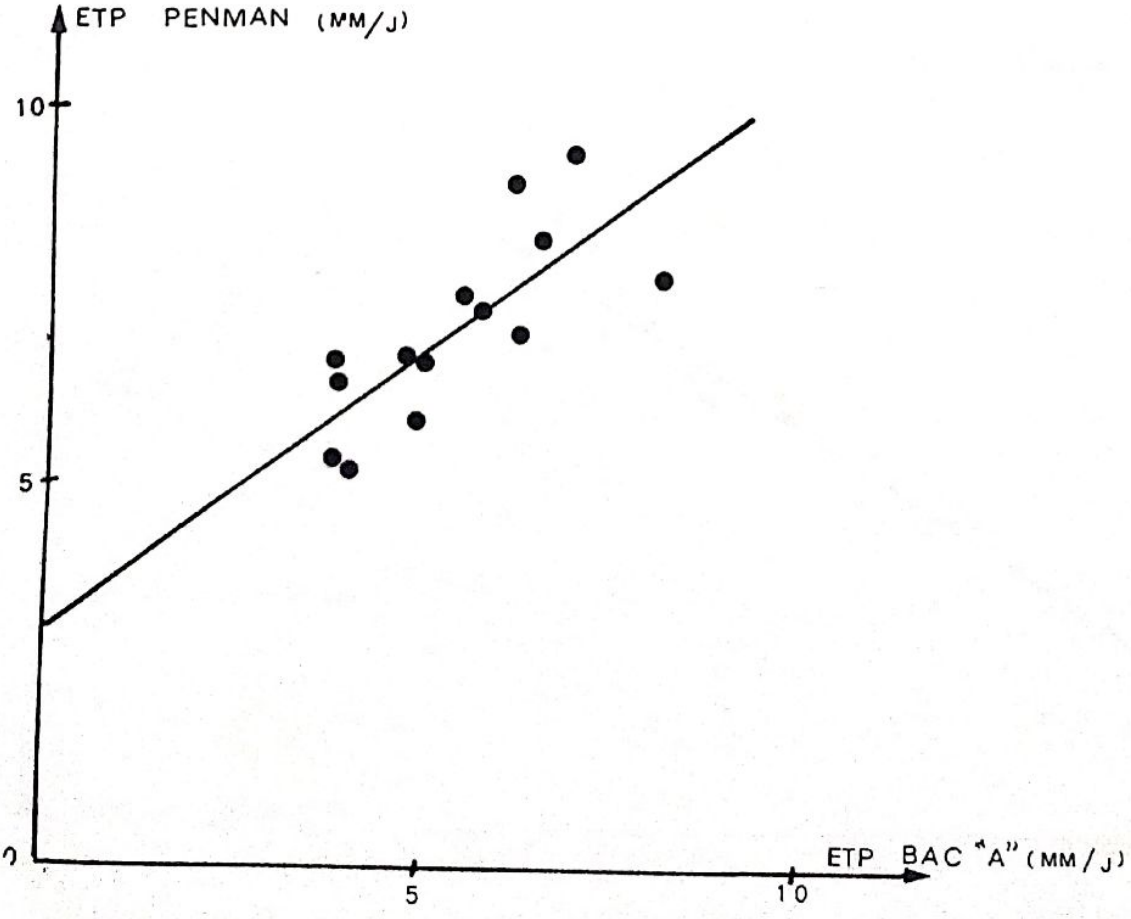
شكل رقم (3) - مقارنة بين قيم التبخر - نتح الكامن المحسوب من صيغة بنمان ومن صيغة بلاني-كريدل معبراً عنها كمتوسطات لكل عشرة أيام (مم / يوم).



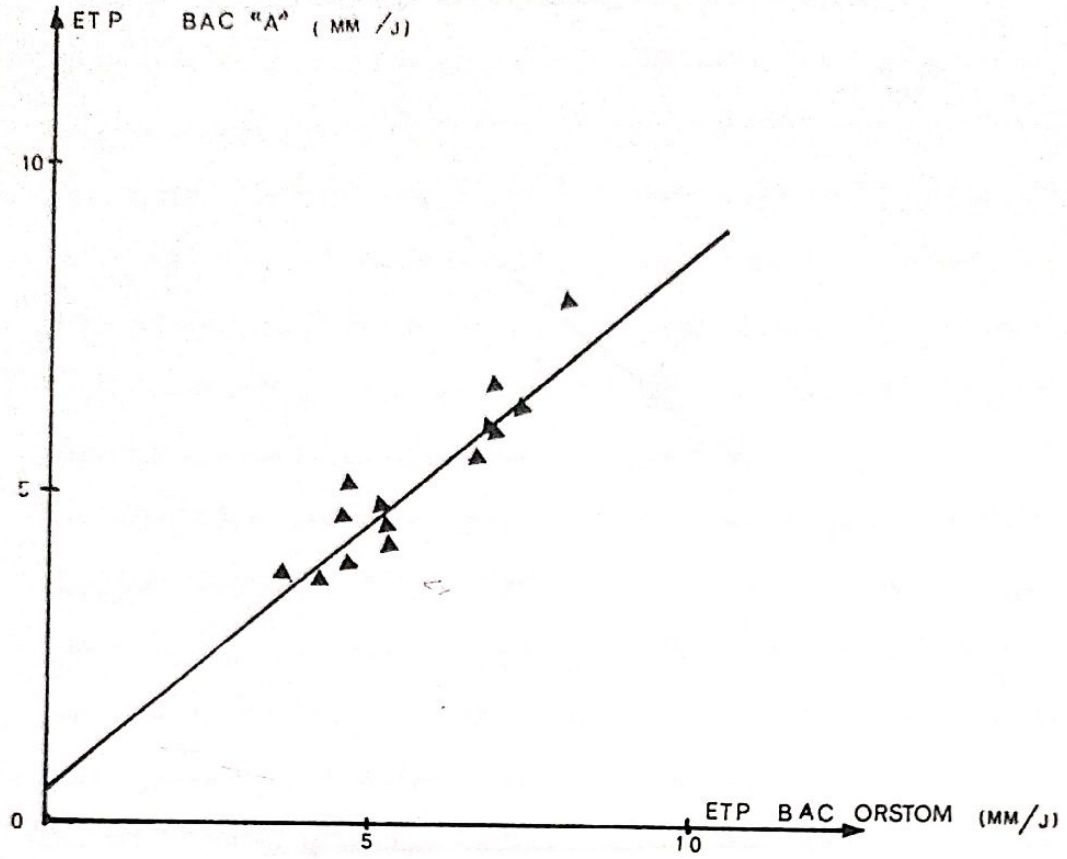
شكل رقم (4) – مقارنة بين قيم التبخر – نتح الكامن المحسوب من صيغة بنمان ومن حوض الاورستوم معبراً عنها كمتوسطات لكل عشرة أيام (مم / يوم).



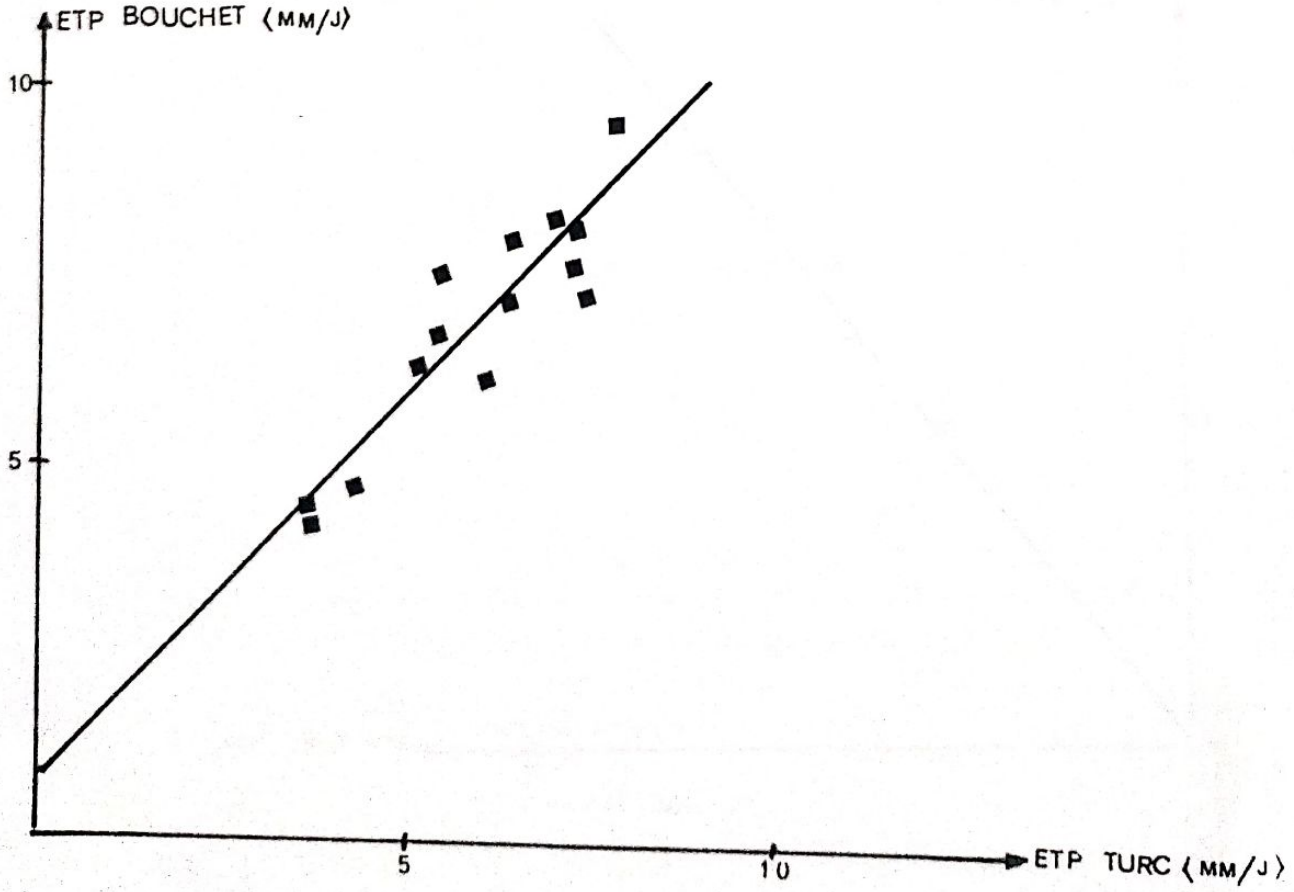
شكل رقم (5) – مقارنة بين قيم التبخر – نتح الكامن المحسوب من صيغة بنمان ومن الحوض صنف –آ– معبراً عنها كمتوسطات لكل عشرة أيام (مم / يوم).



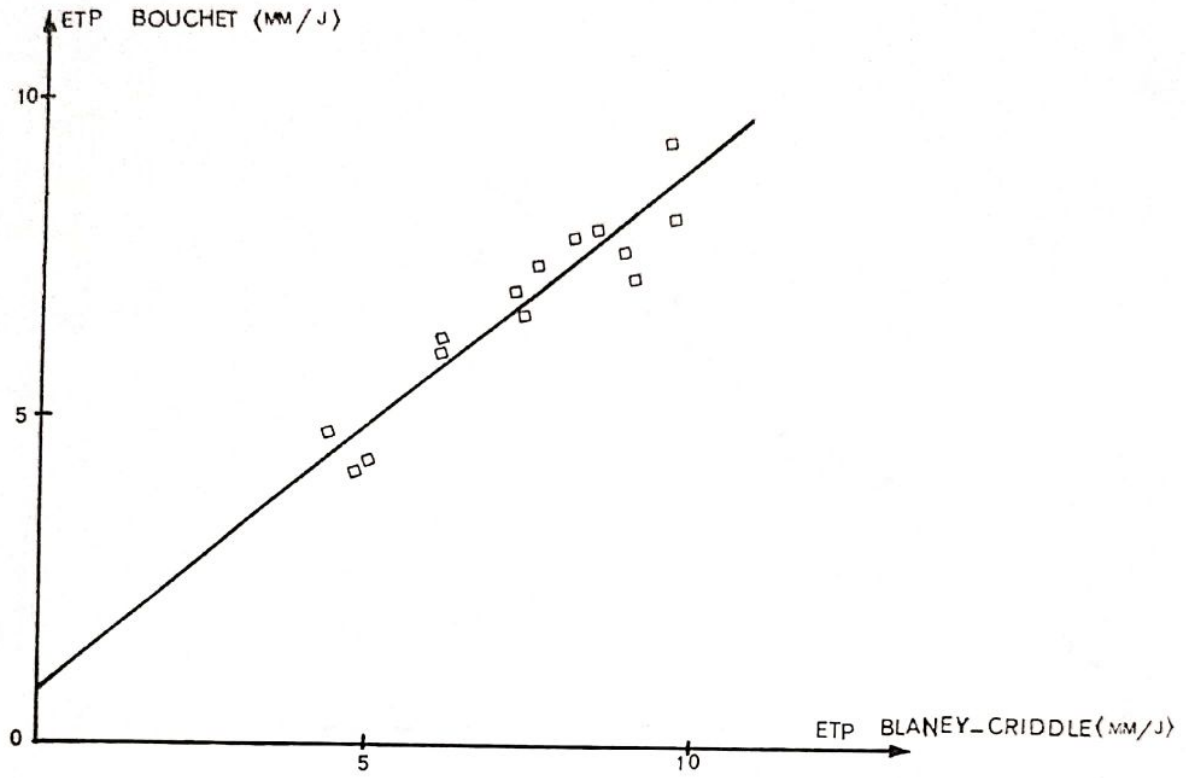
شكل رقم (6) – مقارنة بين قيم التبخر – نتح الكامن المحسوب باستخدام الحوض صنف –آ– وحوض الاورستوم معبراً عنها كمتوسطات لكل عشرة أيام (مم / يوم).



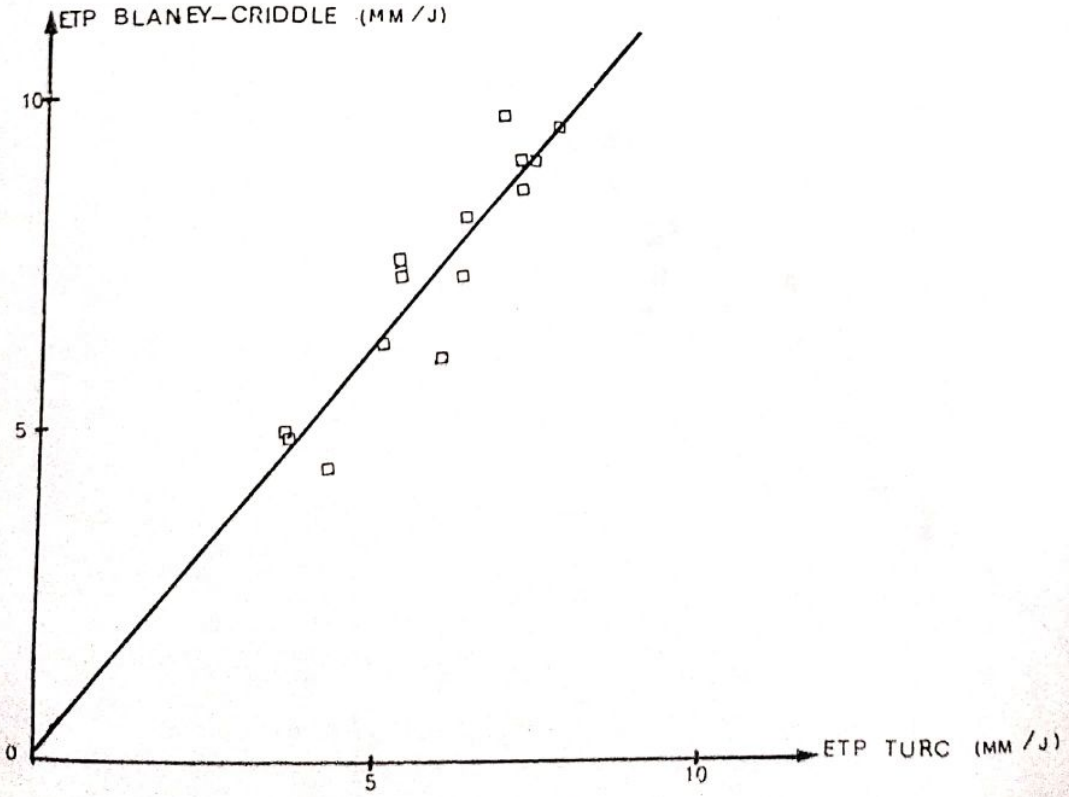
شكل رقم (7) – مقارنة بين قيم التبخر – نتح الكامن المحسوب من صيغة بوشيه ومن صيغة تورك، معبراً عنها كمتوسطات لكل عشرة أيام (مم / يوم).



شكل رقم (8) – مقارنة بين قيم التبخر – نتح الكامن المحسوب من صيغة بوشيه ومن صيغة بلاني–كريدل معبراً عنها كمتوسطات لكل عشرة أيام (مم / يوم).



شكل رقم (9) – مقارنة بين قيم التبخر – نتح الكامن المحسوب من صيغة بلاني–كريدل ومن صيغة تورك، معبراً عنها كمتوسطات لكل عشرة أيام (مم / يوم).



يبدو من خلال دراسة معامل الإرتباط (Coefficient de correlation)، ومن خلال طبيعة توزع النقاط التجريبية حول مستقيم التراجع الخطي، بأن صيغة تورك أعطت أفضل النتائج مقارنة بصيغة بنمان من حيث معامل الإرتباط القوي R = 0,901 (R2 = 0,812) ومن حيث التوزع الطبيعي الجيد للنقاط التجريبية حول مستقيم التراجع الخطي، يلي صيغة تورك صيغة بلاني كريدل، فصيغة بوشيه. أما بالنسبة لأحواض التبخر، فيبدو أن الحوض صنف "T" قد أعطى نتائجا قريبة من نتائج صيغة بنمان مقارنة بحوض "الأورستوم" والحالة هذه، فإننا نستطيع ضمن ظروفنا التجريبية، الإعتماد على صيغة تورك والحوض صنف "T" (نموذج آ) كأفضل تقريب لصيغة بنمان حيث يشكل ذلك عند تأكيده بنتائج أخرى في نفس المنطقة ولمدة أطول (باعتبارنا أقمنا أحواض التبخر، وبعض الأجهزة الأخرى لأول مرة، وكانت مدة القياسات قصيرة نسبيا) خطوة مهمة في الإنتقال من تقدير الإحتياجات المائية للمحاصيل باستخدام صيغة بنمان المعقدة (تحتاج إلى رصد عناصر جوية عديدة يصعب، أحيانا، توفرها في محطات الرصد الجوي) إلى تقديرها بصورة اسهل عن طريق الحوض صنف "T" أو باستخدام صيغة تورك التي يسهل تطبيقها باعتبارها تستعمل عنصراً مناخية مألوفة يسهل رصدها في المحطات المناخية وفي محطات الرصد الزراعية.

المراجع

1- الخضر، أحمد، 1989: علاقة جديدة لحساب التبخر - نتح الحقيقي اليومي. مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية. اللاذقية - سورية، المجلد رقم 11 - العدد 4. صفحة 145-170.

2- الخضر، أحمد، 1990: دراسات حول تدفق الماء والطاقة ضمن المنظومة البيئية وأسس نمذجته. 1- تدفق الماء والطاقة ضمن المنظومة البيئة. مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية - اللاذقية - سورية. مجلد 12 عدد 2 ص: 21-44. 2- استخدام الموديلات الرياضية في مجال علم البيئة. مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية. اللاذقية - سورية. المجلد رقم 12 العددان 3-4 ص: 173-191.

3- BLANEY, H.F. et CRIDDLE, W.D. (1950): Determining Water requrements in irrigated areas from climatological and irrigation data. U.S. Soil Censer. Serv. Tech. Publ. 96. WASHINGTON.

4- BOUCHET, R.J. (1963): Evapotranspiration réelle et potentielle: Signification climatique. Proc. Gén. Assembly I.A.H.S., Berkeley, Publ. 62, 134-142.

5- BUCHET, R.J. (1964): Evaportrnspiration réelle, évapotranspiration potentielle et production Agricole. In: "l'eau et la production végétale". I.N.R.A, PARIS, P. 151-232.

6- BOUCHET, P. et GERBIER, N. (1975): L'évapotranspiration. Monographie n°65, Météorologie Nationale, PARIS, P.95.

7- BRUNET, Y. (1981): La Paramétrisation des flux d'évaporation à l'interface sol-atmosphére dans les modéles de couches limites atmosphérique et planétaire: Mise au point et perspectives. Note interne, I.N.R.A., Bioclimatologie, Avignon, p. 26.

8- C.T.G.R.E.F. (1979): Evalution des quantités d'eau nécéssaire aux irrigations. Ministére de l'agriculture, Groupement d'Aix-en--provence, Division irrigation, FRANCE, 204 p.

9- DANCETTE, C. (1974): Comment adapter les cultures à l'aridité du milieu et améliorer ce milieu. I.S.R.A., FRANCE..

10- DENMEAD, O.T. et SHAW, R.H. (1962): Availability of soil water to plants as affected by soil miosture content and meteorological conditions. Agron. J. (54): 385-390.

11- DOORENBOS, J. et PRUITT, W.O. (1980): les besoins eau des cultures. Bulletin de F.A.O., "irrigation et Drainage" N°24, ROME.

12- EAGLEMAN, J.R. (1971): An expirmentally derived model for actuel evapotransipiration. Agric. Météorol., (8): p. 385-394.

13- EL-KHODRE. A. (1984): interaction chez le Dactyle (Dactylis glomerata L.) de la croissance et du dévelopment végétatif avec l'alimentation en eau

et en azote. Application aux bilans hydriques et énergétiques, et à la productivité d'une culture. Thése Doc. d'Etat, Univ. Louis pasteur de STRASBOURG, 1- Texte, p. 243.

14- FORTIN, J.P. et SEGUIN, B. (1975): Estimation de l'ETR régionale à partir de L'ETP locale: Utilisation de la relation de BOUCHET à différentes échelles de temps. Ann. Agron., 26 (5): 537-554.

15- PENMAN, H. (1948): Natural evaporation from open water, bare soil and grass. Proc. Roy. Soc., LONDON, ser. A., (193): 120-146.

16- PETERSCHMITT, J.M. et KATERJI, N. (1989): Comparaison de differents méthodes de mesure de l'évapotranspiration d'une culture de blé non irriguée. I.N.R.TA., THIVERVAL-GRIGNON, FRANCE.

17- SEGUIN, B.; BAELZ,S.; MONGET, J.M et PETIT, V. (1982): utilisation de la thermographie I.R. pour l'éstimation de l'évaporation régionale. 1- mise au point méthodologique sur le site de CRAU. Agronomie; 2, p. 7. 2- Résultats obtenus à partir de données de satellite. Agronomie; 2, p. 113.

18- THORNTHWAITE, C.W. (1948): An approach toward a national classification of climate. Geograph. Rev. (38): 55-94.

19- TURC, L. (1961): Evaluation des besoins en eau d'irrigation, évaportanspiration potentille, formule simplifiée et mise à jour. Ann. Agron., 12(1): 13-49.

20- TURC. L. (1967): incidence des factuers macroclimatiques sur les productions végétales. Fourrages, 31, pp. 10-35.

21- VIDAL, A. et BAQURI, A. (1988): Télédétection et contrôle de l'irrigation. Génie Rular, N°11. CEMAGREF, ENGREF. FRANCE.

RESUME

Dans le cadre de la détermination des besoins en eau des cultures, deux objectifs sont déterminés dans cette étude:

Le premier objectif est de comparer entre l'évapotranspiration potentielle calculée par la formule de PENMAN (la formule de référence), et l'évapotranspiration potentielle calculée par les autres formules empériques plus facile à l'application (BLANEY-CRIDDLE; BOUCHET; TURC), pour choisir la meilleur approximation de la formule de PENMAN, necessitant moins des élements météorologiques.

Le deuxiéme objectif est de comparer entre l'évapotransiration potentielle calculée par la formule de PENMAN, et l'évapotransipiration estimée par la méthode des bacs d'eau libre (Bac classe "A" et Bac de l' "O.R.S.T.O.M"), en essayant ici de trouver une relation justifiante pour pouvior utiliser la méthode des bacs comme un indicteur relatif de la nécessité d'irrigation dans la région étudiée (région de CHLEF en ALGERIE).

Mots-céls: *Bacs d'eau; Besoins en eau; évapotranspiration.*