



سورية - Syria



وزارة الإدارة المحلية والبيئة



www.inc-sy.org

تقييم حساسية قطاع المياه للتغيرات المناخية في سورية (نمذجة رياضية)



الفعالية المتعلقة بالدراسة:

برامج تسهيل التكيف مع التغيرات المناخية

اسم المشروع:

نشاطات التمكين من أجل إعداد بلاغ سورية الوطني الأول الخاص باتفاقية الأمم المتحدة الإطارية للتغيرات المناخية (رقم المشروع: 00045323 / برنامج الأمم المتحدة الإنمائي).

المدير الوطني للمشروع

الدكتور يوسف مسلماني

بريد إلكتروني info@inc-sy.org

آذار 2009



وزارة الإدارة المحلية والبيئة بالتعاون مع برنامج الأمم المتحدة الإنمائي
ومرفق البيئة العالمي

البلاغ الوطني الأول للجمهورية العربية السورية
الخاص باتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن التغيرات المناخية

"Enabling activities for Preparation of Syria's initial National Communication
to UNFCCC", (Project Nr.00045323).

تقييم حساسية قطاع المياه للتغيرات المناخية (نمذجة رياضية/موديلينغ)

(INC-SY_V&A_ Water Model-Ar)

المدير الوطني للمشروع
الدكتور يوسف مسلماني

info@inc-sy.org

آذار/مارس 2009

© حقوق الطبع والنشر محفوظة:

يسمح بالنسخ والنقل عن هذا التقرير للاستخدام الشخصي بشرط الإشارة إلى المرجع، أما النسخ والنقل لأهداف تجارية فغير مسموح بهما إلا بموافقة خطية من إدارة المشروع.

Copyright © 2008 _ INC-SY_V&A_Agriculture-Policy-Ar, United Nation Development Programme (UNDP) / GCEA.

فريق الدراسة:

المدير الوطني للمشروع.
عضو فريق تدابير التكيف

الدكتور يوسف مسلماني
الدكتور محمود السباعي

اللجنة التوجيهية للمشروع:

برئاسة المهندس هلال الأطرش وزير الإدارة المحلية و البيئة، وعضوية كل من:

الممثل المقيم لبرنامج الأمم المتحدة الإنمائي في سورية	السيد إسماعيل ولد الشيخ أحمد
رئيس تخطيط الدولة	الدكتور تيسير رداوي
معاون الوزير / نقطة الاتصال الوطنية لمرفق البيئة العالمي	المهندس عماد حسون
رئيس فريق الطاقة والبيئة في برنامج الأمم المتحدة الإنمائي	المهندسة عبير زينو
المنسق الوطني للمشروع / وزارة الدولة لشؤون البيئة	المهندس هيثم نشواتي
المدير الوطني للمشروع	الدكتور يوسف مسلماني

اللجنة الفنية للمشروع:

تتألف من المدير العام للهيئة العامة لشؤون البيئة، ورئيس فريق الطاقة والبيئة في برنامج الأمم المتحدة الإنمائي، والمدير الوطني للمشروع، والمنسق الوطني للمشروع، وممثلين عن كل من: وزارة الدولة لشؤون البيئة، و هيئة تخطيط الدولة، و وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، و وزارة الري، و وزارة الصناعة، و وزارة الكهرباء/مركز بحوث الطاقة، و وزارة الإسكان والتعمير، و وزارة النقل، و وزارة النفط والثروة المعدنية، و المديرية العامة للأرصاد الجوية، والجامعات ومراكز البحث العلمي، والجمعيات الأهلية.

تم المصادقة على هذا التقرير بالإجماع من قبل اللجنة الفنية، خلال ورشة العمل الفنية التي جرت بتاريخ 24/03/2009، في فندق ديبمان - تدمر.

الفهرس

5.....	مقدمة	.1
9.....	الموارد المائية السطحية (حالة دراسية: نهر الفرات)	.2
12	نمذجة المياه الجوفية (حالة دراسية: حوض الزيداني الفرعي)	.3
14	السيناريو A:	
15	السيناريو B:	
16	نمذجة نبع بردى:	.4
20	سياسات التكيف:	.5
21	النقص في المعرفة:	.6
22	المراجع	.7

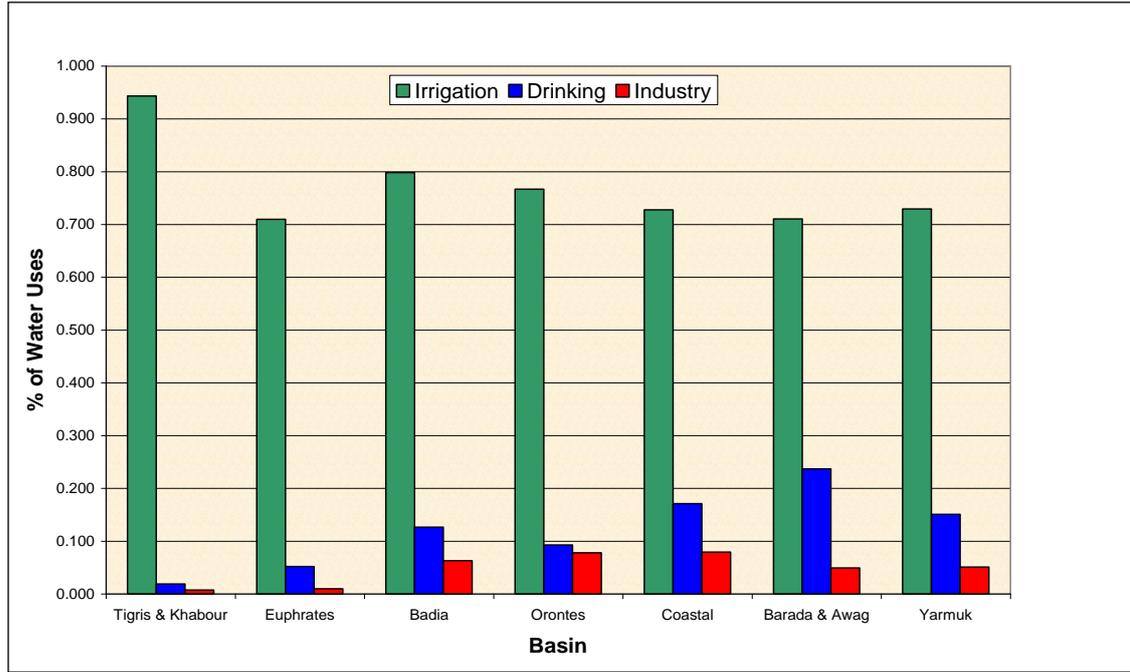
1. مقدمة

تقع الموارد المائية في سورية تحت ضغوط كبيرة و متزايدة، و سوف تؤدي أية زيادة في درجات الحرارة و انخفاض في الهطولات المطرية نتيجة التغيرات المناخية إلى تفاقم كبير في الصعوبات المرتبطة بتأمين بالمياه.

تقسم سوريا الى سبعة أحواض مائية/ هيدرولوجية كما في الشكل رقم (1)، و يعتبر القطاع الزراعي المستخدم الأكبر للمياه بحصة تتراوح بين 95% من الاستهلاك في حوض دجلة و الخابور، إلى 71% في حوض بردى و الأعوج كما في الشكل رقم (2). تعاني معظم هذه الأحواض من نقص في الموارد المائية، و يتوقع أن يزداد هذا العجز في عام 2026 نتيجة ازدياد الطلب على المياه، باستثناء حوض الساحل الذي لا يتوقع أن يعاني من العجز كما في الجدول رقم (1). بلغ متوسط العجز الكلي للمياه في سورية للأعوام من 1995-2005 حوالي 651 مليون متراً مكعباً سنوياً (كيال 2006)، و يتوقع أن يصل هذا العجز إلى 2077 مليون متراً مكعباً سنوياً في عام 2026-2027 نتيجة التزايد السكاني بشكل رئيسي.



الشكل رقم (1): الأحواض المائية (الهيدرولوجية) في سورية.



الشكل رقم (2): نسب استخدام المياه بين القطاعات المختلفة (كيليال 2006، بيانات غير رسمية)

الجدول رقم (1): عناصر الموازنة المائية لعام 2005-2006 و 2026-2027 (كيليال 2006، بيانات غير رسمية)

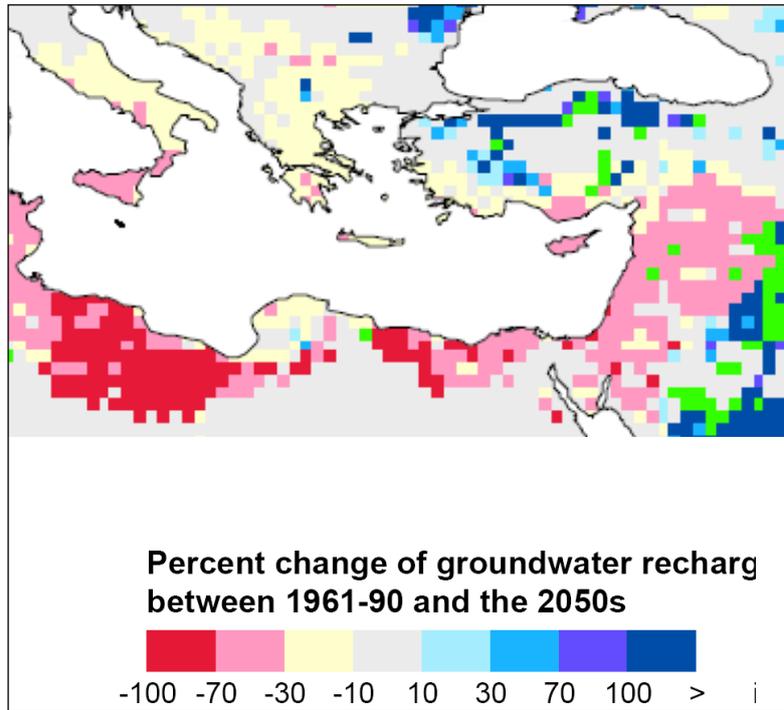
الحوض	المكونات	المكونات							
		البرموك	بردى و الأعوج	الساحل	العاصي	البادية	الفرات	دجلة و الخابور	
		mcm/ y							
مصادر المياه	موارد جوفية و سطحية	13258	355	817	1109	1505	338	7030	2104
	مجاري	1021	46	264	0	283	44	304	80
	صرف زراعي	1687	49	140	80	272	0	751	395
	معدل الإجمالي المتاح 2005-1995	15966	450	1221	1189	2060	382	8085	2579
	الإجمالي المتاح 2027-2026	18301	551	1532	1844	2644	409	8652	2669
	%	15	22	25	55	28	7	7	3
استثمارات المياه	ري	13001	329	935	532	1811	265	5010	4119
	شرب	1215	68	312	125	219	42	366	83
	صناعة	452	23	65	58	184	21	69	32
	تبخر	1949	31	4	16	148	4	1614	132
	معدل إجمالي الاستخدام 2005-1995	16617	451	1316	731	2362	332	7059	4366
	إجمالي الاستخدام 2027-2026	20378	705	1741	866	3024	459	8860	4723
%	-23	-56	-32	-18	-28	-38	-26	-8	
الموازنة	المعدل 2005-1995	-651	-1	-95	458	-302	50	1026	-1787
	2027-2026	-2077	-154	-209	978	-380	-50	-208	-2054
	%	-219	-15300	-120	-114	-26	200	120	-15

تعتبر المياه الجوفية في سورية مصدراً هاماً للمياه، و تزداد هذه الأهمية بازدياد تعاقب فترات الجفاف. فقد أظهر التقرير التقييمي لمشروع تنمية الريف الشمالي الشرقي لسورية أنه في عام 2001 الذي كان في نهاية ثلاثة أعوام متتالية جافة، ازداد عدد الآبار المحفورة في المنطقة بمقدار 21% أي ما يعادل 167000 بئراً منها فقط 42% مرخصة. كما تظهر البيانات زيادة واضحة في نسب استهلاك الماء إلى المتاح خلال سنوات الجفاف، حيث يظهر الجدول رقم (2) زيادة بمقدار 16% في عام 2001-2002 الجاف مقارنة مع وسطي أعوام 1992-2002.

الجدول رقم (2): نسب الماء المستهلك إلى المتاح (عبد ربه، 2007)

التاريخ	-1992 1993	-1993 1994	-1994 1995	-1995 1996	-1996 1997	-1997 1998	-1998 1999	-1999 2000	-2000 2001	-2001 2002	-2002 2003	المعدل
الماء المستهلك/ الماء المتاح (%)	101%	93%	107%	119%	111%	112%	116%	121%	124%	132%	115%	114%

كما أنه من المتوقع زيادة في انخفاض مناسيب المياه الجوفية نتيجة تناقص التغذية، و التي تنجم جزئياً عن تناقص فترات التغذية و انخفاض كمية المياه المتواجدة كتلوج. لقد تنبأت الدراسات الحديثة تناقصاً في قيم التغذية الجوفية للأعوام 2041-2070 نسبة إلى القيم في الأعوام 1961-1990 بمقدار 30% كما في الشكل رقم (3).



الشكل رقم (3): نسبة تغير التغذية الجوفية ما بين الأعوام 1961-1990 و الأعوام 2041-2070

كذلك من المهم إبراز حالة نوعية المياه، حيث تدهورت نوعية المياه الجوفية الضحلة في معظم المناطق ذات النشاطات الزراعية و الصناعية. ففي غوطة دمشق تجاوز تركيز النترات و الأمونيا في بعض آبار مياه الشرب الحدود المسموح بها كما في الجدول رقم (2)، مؤدياً إلى ازدياد أعداد الآبار الخارجة من الخدمة. وتكمن ملاحظة تدهور نوعية المياه الجوفية في ارتفاع ملوحة المياه في حوض الفرات، نتيجة ارتفاع مناسيب المياه الجوفية الناتجة عن الري المفرط.

الجدول رقم 2: تركيز النترات و الأمونيا في بعض آبار مياه الشرب في ريف دمشق

المؤشر	تركيز الملوث (mg\ L)	الحد الأقصى المسموح (mg\ L)
النترات	200-100	40
الأمونيا	3.2	0.3

وتواجه المياه السطحية المشكلة نفسها، حيث تعاني معظم الأنهار في القطر من تدهور في نوعية المياه نتيجة للنشاطات الإنسانية و الصناعية و الزراعية. و سوف يعاني نهر الفرات من مزيد من التلوث بعد انتهاء مشروع GAP في تركيا. حيث تنتبأ بعض الدراسات (Beaumont, 1981 and Kolars, 1991) أنه بانتهاء أعمال شبكات الري سوف تعود كميات كبيرة من المياه الراجعة من الري إلى نهري البليخ و الخابور، و حذرت هذه الدراسات من كمية الملوثات التي ستحملها هذه المياه الراجعة و التي سيصعب تقديرها، و سيتأثر القطاع الزراعي في حوض الفرات بهذه التغيرات نتيجة الحاجة إلى كميات إضافية من المياه تضاف كعامل غسيل مع مياه الري.

و يواجه قطاع المياه في سورية تحدياً آخر، يتمثل في ترابط التغيرات الكبيرة في الهطول مع انخفاض قيم الهطول خاصة في الجزء الجاف من القطر (World bank, 2007)، الذي يتميز بمتوسط هطولٍ مطريٍ صغيرٍ جداً، بحيث أن هطولاً متواضعاً يؤثر على قيمة المتوسط. و تنتبأ الدراسات حدوث تغيراتٍ أكبر للهطولات مكانياً و زمانياً، و هذا يتطلب تركيز الجهود حول بناء المنشآت التي تساعد في حفظ مياه الجريانات السطحية و السيول و تخزينها سطحياً أو جوفياً. و في الحقيقة فإنه علينا أن نزيد من الحفائر لتخزين و حصد مياه الجريانات السطحية. إن حوض البادية باعتباره حوضاً جافاً بمتوسط هطول سنوي يبلغ 200 ملم سيكون الأكثر تأثراً بتغيرات الهطولات المطرية. و على الرغم من وجود ما يقارب من 120 حفيراً معظمها في هذا الحوض، فإن إجراءات أكثر لتحسين حصاد مياه الأمطار مرغوبة، خاصة لأن درجة تنظيم المياه لا تتجاوز 60% "الأصغر بين الأحواض المائية في سورية، الجدول رقم (3)".

الجدول رقم (3): الموازنة المائية لعام 2001, (K Murad, بيانات غير رسمية)

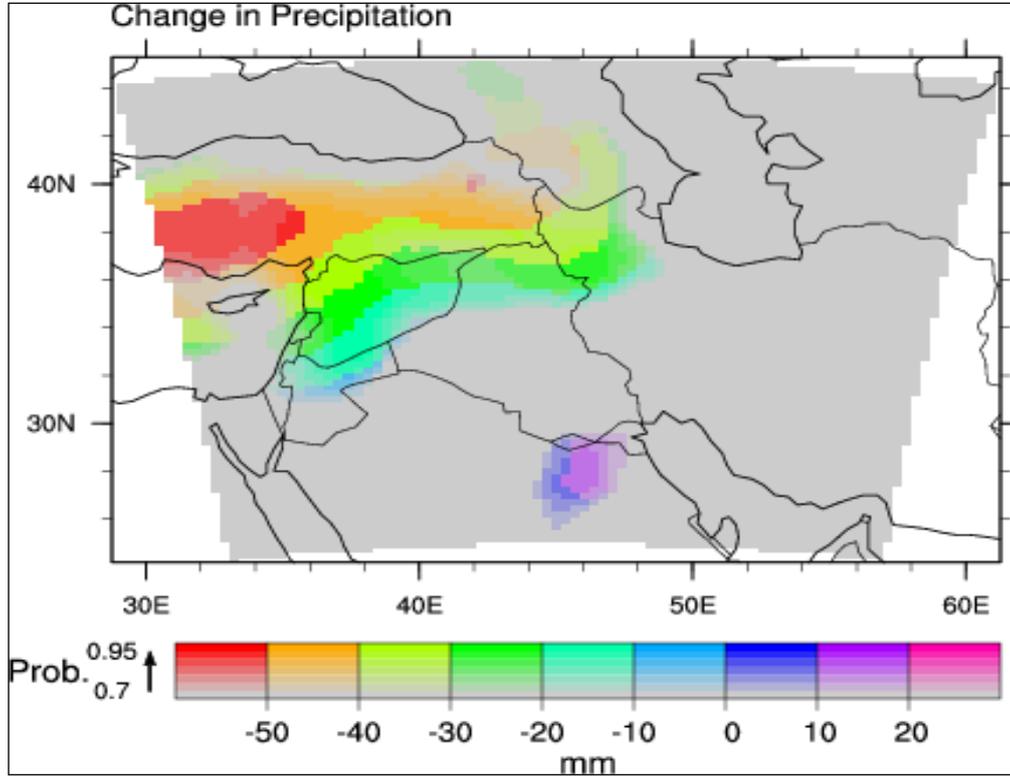
الإجمالي	الأحواض الهيدرولوجية							الوحدة	مفردات الموازنة المائية	
	الفرات	دجلة و الخابور	الساحل	العاصي	بادية	البرموك	بردى و الأعوج		المياه السطحية	معدل الموارد المتجددة
10923	7105	788	1557	1110	163	180	20	M m ³	المياه السطحية	معدل
5633	371	1600	778	1607	180	267	830	M m ³	المياه الجوفية	الموارد المتجددة
16559	7476	2388	2335	2717	343	447	850	M m ³	الإجمالي	
83.7	83.7	83.7	83.7	83.7	83.7	83.7	83.7	%	معدل الهطولات 75%	
67.1	67.1	67.1	67.1	67.1	67.1	67.1	67.1	%	معدل الجريان 75%	
9510	6948	529	1045	745	109	121	13	M m ³	المياه السطحية	الموارد المائية المتاحة
3780	249	1074	522	1078	121	179	557	M m ³	المياه الجوفية	
13289	7197	1602	1567	1823	230	300	570	M m ³	الإجمالي	
	98	95	65	85	60	85	90.0	%	درجة التنظيم	
12049	7053	1522	1018	1550	138	255	513		الموارد المائية المنتظمة	
1000	172	102	0	352	35	85	254		الصرف المنزلي و الصناعي المعاد استخدامه	
1536	728	404	72	222	0	35	72		الصرف الزراعي المعاد استخدامه	
14585	7953	2028	1090	2124	173	375	842		إجمالي الماء المتاح	

2. الموارد المائية السطحية (حالة دراسية: نهر الفرات)

تحصل سورية على 36% من مياهها المتجددة السنوية من نهر الفرات، الأمر الذي يبين أهمية تحسين اتفاقيات الموارد المائية المشتركة، بحيث تأخذ بعين الاعتبار تأثيرات التغيرات المناخية لتجنب النزاعات مستقبلاً نتيجة ازدياد تواتر و شدة دورات الجفاف.

تظهر نتائج دراسات نمذجة تأثير المناخ على جريان نهري الفرات و دجلة في الحبس الأعلى (Smith et al. 2000، أن زيادةً أو نقصاناً بمقدار 25% في معدل الهطول سوف يخفض جريان نهر الفرات دون أن يغير شكل هيدروغراف النهر، و سوف ترتفع قيمة الجريان نتيجة ذلك إلى 40655 مليون متراً مكعباً أو تنخفض إلى 15751 م³، مقارنة بالمعدل الوسطي البالغ 27048 م³، أي زيادة بمقدار 50% أو نقصان بمقدار 42% (تقريباً ضعف نسبة التغير في الهطول). فإذا علمنا أن دراسات النمذجة الإقليمية تتوقع انخفاضاً في الهطول المطري في منتصف القرن الحالي بمقدار 40-50 ملم (Evans, 2008) في أعالي حوض الفرات و دجلة كما في الشكل

رقم (4)، أي حوالي 7 % من متوسط الهطول، فإن الانخفاض المتوقع في جريان نهر الفرات نتيجة لذلك يمكن أن يصل إلى 11 %.



الشكل رقم (4): يظهر مخطط التغير المتوقع في الهطول المطري

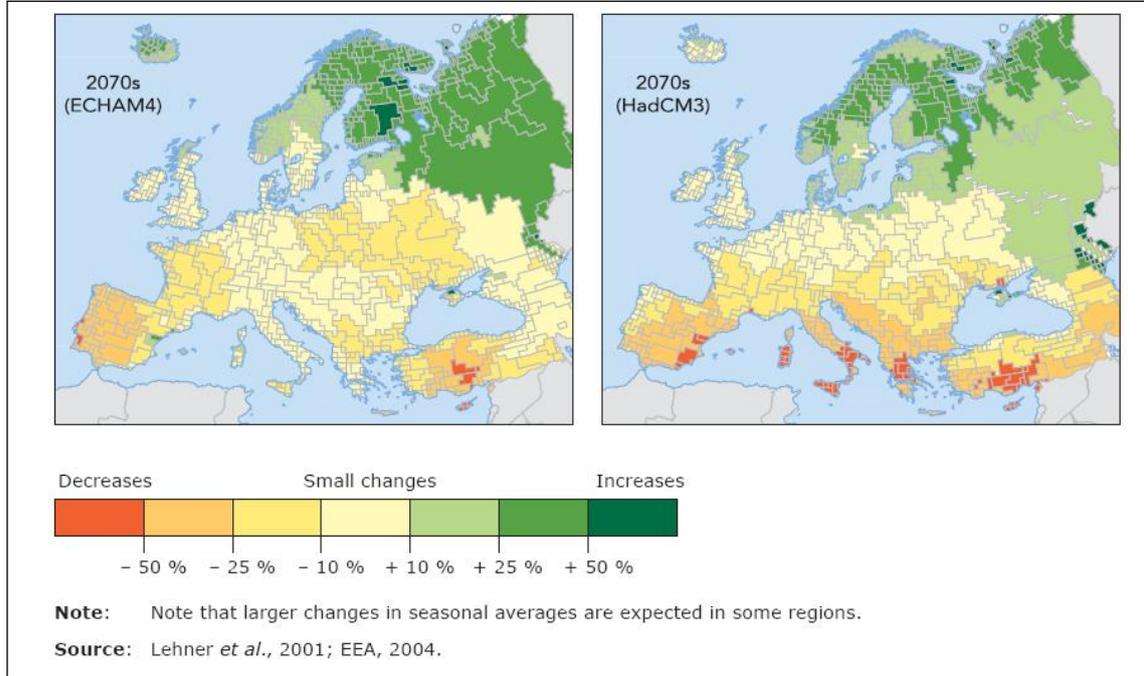
في الكمية (تغير اللون في الشكل) و الاحتمالية (تغير درجة إشباع اللون).

كما توقعت دراسات أخرى (Lenher et al, 2001 and EEA, 2004) انخفاضاً في الجريان السطحي في أعالي حوض الفرات و دجلة بمقدار 10-25% في عام 2070 مقارنة بعام 2000 مما يؤكد النتائج السابقة كما في الشكل رقم (5).

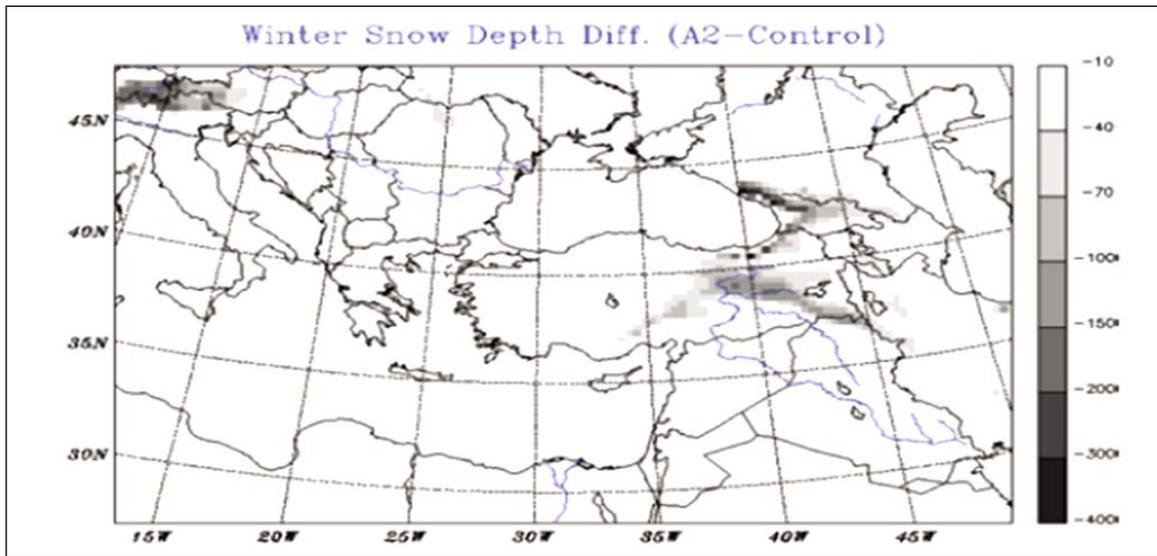
و من جهة أخرى، فإن أية تغيرات في درجة الحرارة سوف تؤدي إلى تغير كل من شكل و مجال هيدروغراف تصريف نهر الفرات. سوف تؤدي زيادة 5 درجات في الحرارة إلى زيادة معدل تبخر النتح و تخفيض منحني التصريف بشكل واضح، ليصبح التصريف السنوي 16329 م^3 بدلاً من 27048 م^3 (~ 60%).

كذلك فإن ارتفاع الحرارة يضعف من تصريف الربيع نتيجة لانخفاض معدل الهطول الثلجي (Smith et al. 2000). و يظهر التوقع المناخي لتركيا (First national communication on climate change for republic of Turkey, 2007) انخفاضاً كبيراً في معدل الهطول الثلجي في مناطق تغذية الأنهار

(بما فيها الفرات و دجلة)، يتوقع أن يصل إلى ما يكافئ 100 ملم ماءً في أعالي الفرات كما في الشكل رقم (6) (Onol, B. & Semazzi, F. 2006). هذا بدوره سوف يؤدي إلى انخفاض في تصريف الأنهار عند الحاجة العظمى لها. مثل هذا التأثير للحرارة أيضا يتوقع في أعالي نهر دجلة.



الشكل رقم (5): التغير في متوسط الجريان السطحي في أوروبا في العام 2070 مقارنة بالعام 2000



الشكل رقم (6): توقعات التغيرات المناخية لتركيا: التغيرات في سماكة الثلج كسماكات مياه مكافئة (ملم) المتوقعة في حوضي الفرات و دجلة (Onol, B. & Semazzi, F. 2006)

إن الانخفاض المتوقع في جريان النهر سيؤثر سلباً في العديد من القطاعات المعتمدة على النهر. سيكون القطاع الزراعي المروي من أكثر هذه القطاعات تأثراً خاصة و أنه يستهلك ما يقارب من 71% من موارد الحوض كما في الجدول رقم (1). و هذا ما يظهر أهمية رفع كفاءة الري كوسيلة للتخفيف من آثار التغيرات المناخية. كذلك يتوقع أن يتأثر قطاع الطاقة، حيث أن انخفاض كميات مياه نوبان الثلوج القادمة نحو السودان سوف تخفض من إنتاج محطات توليد الطاقة.

3. نمذجة المياه الجوفية (حالة دراسية: حوض الزبداني الفرعي)

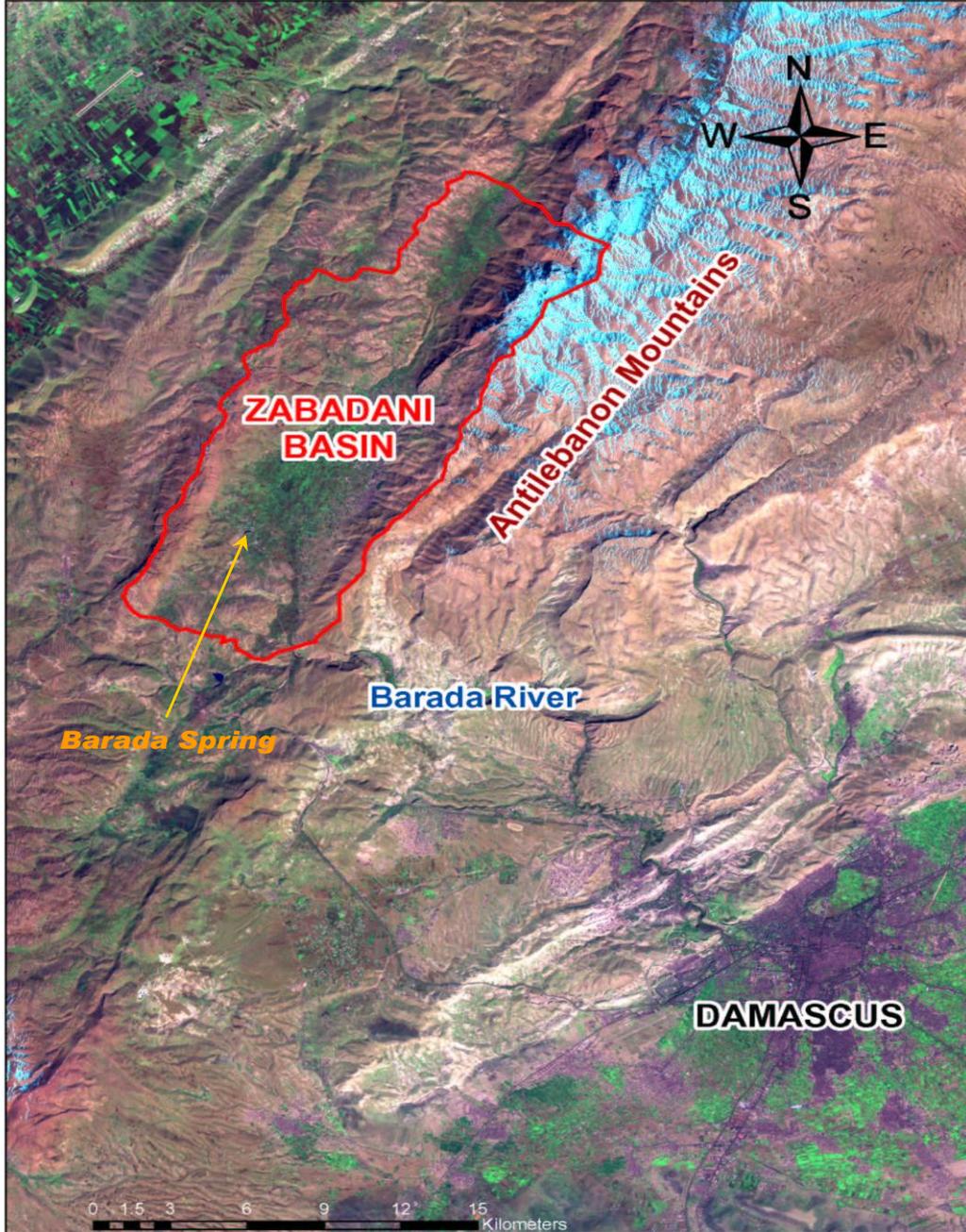
يقع الحوض في جبال لبنان الشرقية و بمساحة تبلغ 140 كم². يمكن تقسيمه من حيث البنية (مورفولوجيا) الى ثلاث وحدات: سلسلة جبال الشيخ منصور في الغرب و بارتفاع يصل إلى 1884 م فوق سطح البحر، و منخفض الزبداني و سرغايا بارتفاع يتراوح من 1080 الى 1400 م فوق سطح البحر، و سلسلة جبل شقيف في الشرق بارتفاع يصل إلى 2466 م فوق سطح البحر. ينبع من الحوض نبع بردى على ارتفاع 1095 م فوق سطح البحر و الذي يمثل بداية نهر بردى كما في الشكل رقم (7). يبلغ متوسط الهطول المطري السنوي للحوض 700 ملم.

يوجد في المنطقة تنافس على الموارد المائية لتلبية احتياجات مياه الشرب و احتياجات النشاطات الزراعية و السياحية. يبلغ متوسط تصريف نبع بردى 3.8 م³/ثا لكنه يجف تماما في السنوات الجافة مما يزيد من حدة التنافس على المياه بين المزارعين من جهة و مزودي مياه الشرب الذين يضحون المياه من حرم النبع.

طور المركز العربي لدراسات المناطق الجافة و الأراضي القاحلة (أكساد) بالتعاون مع المعهد الاتحادي لعلوم الأرض و الموارد الطبيعية (BGR) و معهد ستكهولم للبيئة (SEI) نظاما لدعم اتخاذ القرار (DSS) في إدارة الموارد المائية

(ACSAD-BGR TECHNICAL COOPERATION PROJECT, 2007). و قد استخدم هذا النظام في فحص تأثير التغيرات المناخية على مناسيب المياه الجوفية من خلال تطبيق عدة سيناريوهات و ذلك عن طريق ربط نموذج MODFLOW2000 (United State Geological Survey) لنمذجة حركة المياه الجوفية مع نموذج WEAP21 (Stockholm Environmental Institute) لتقييم و إدارة الموارد المائية. استخدم نموذج MODFLOW2000 لحساب مناسيب مياه الجوفية و قيم الجريان و ذلك حسب النموذج المائي (الهيدروجيولوجي) الاعتباري. بينما يحسب نموذج WEAP21 تغذية المياه الجوفية و مناسيب المياه في المجاري المائية و احتياجات الري إضافة إلى باقي مكونات الموازنة المائية. عن طريق هذا الربط الديناميكي فإن نتائج كل نموذج تغذي النموذج الآخر و بشكل متتالي لكل خطوة زمنية (Al-Sibai

(et al, 2008) . هذا الربط يمكن من الاستفادة من قدرات كلا النموذجين فمن جهة نستفيد من قوة نموذج WEAP21 في بناء السيناريوهات و من جهة أخرى نستفيد من إمكانيات نموذج MODFLOW2000 لمراقبة تأثير تلك السيناريوهات على مناسيب المياه الجوفية. و قد تم في مثلنا هذا فحص سيناريوهين (Droubi et al, 2007) هما:

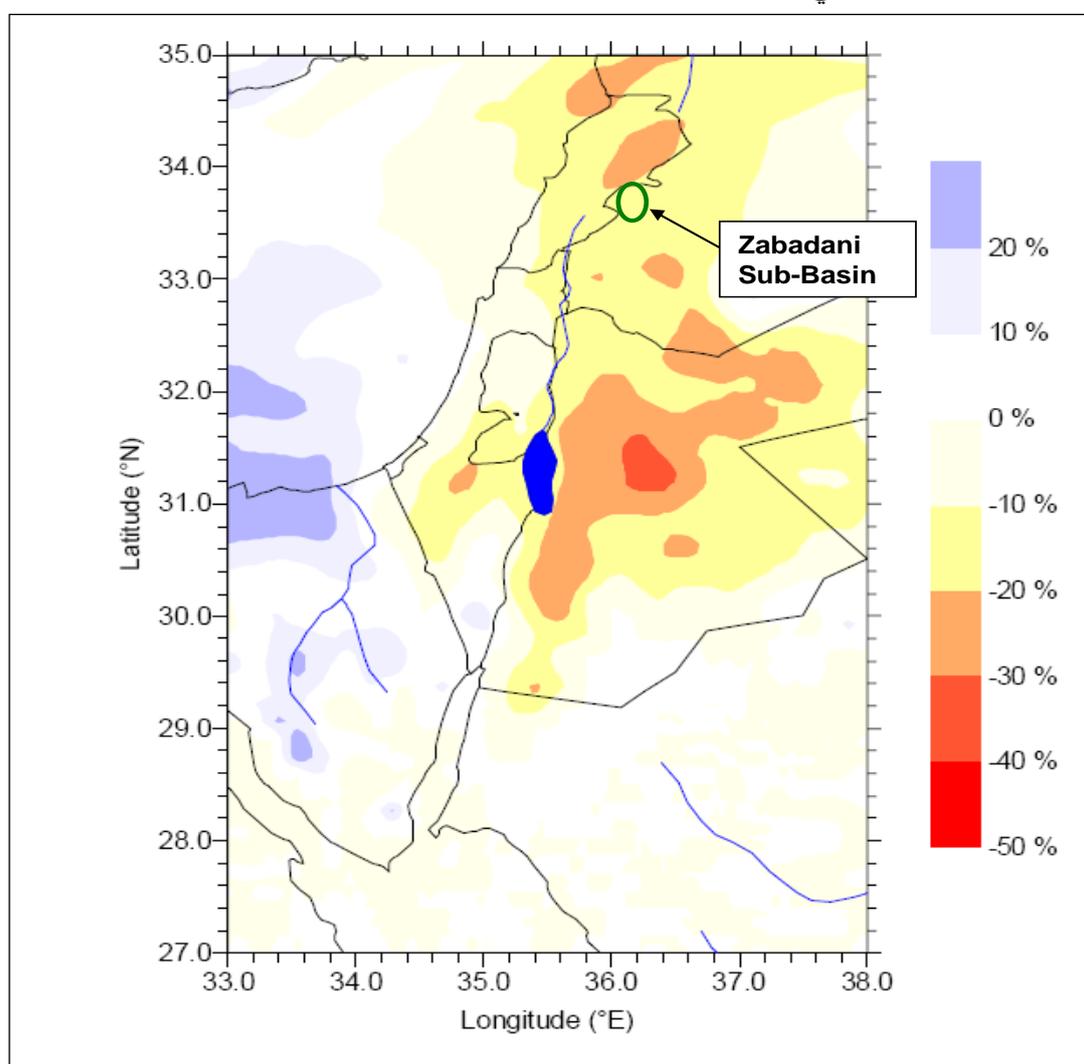


الشكل رقم (7): منطقة الدراسة في حوض الزبداني الفرعي

السيناريو A:

تم تقدير تأثير التغير المناخي على منطقة شرق المتوسط و الشرق الأدنى من قبل (Kunstmann et al., 2007) و ذلك اعتماداً على سيناريو المناخ الأرضي B2 لنموذج ECHAM4 بتخفيض مقياسه إلى دقة 18km x 18km. تم اشتقاق النتائج الأولية لفترتين كل منهما لمدة ثلاثين عاماً (1961-1990 , 2070-2099).

يبين الشكل رقم 6-a هذه النتائج، و يظهر وجود انخفاض واضح في الهطول المطري يصل الى 20% في منطقة الزيداني. تم تطبيق نسبة هذا الانخفاض في هذا السيناريو لفترة 2017-2005، كي نرى تأثير هذا الانخفاض في الهطول.

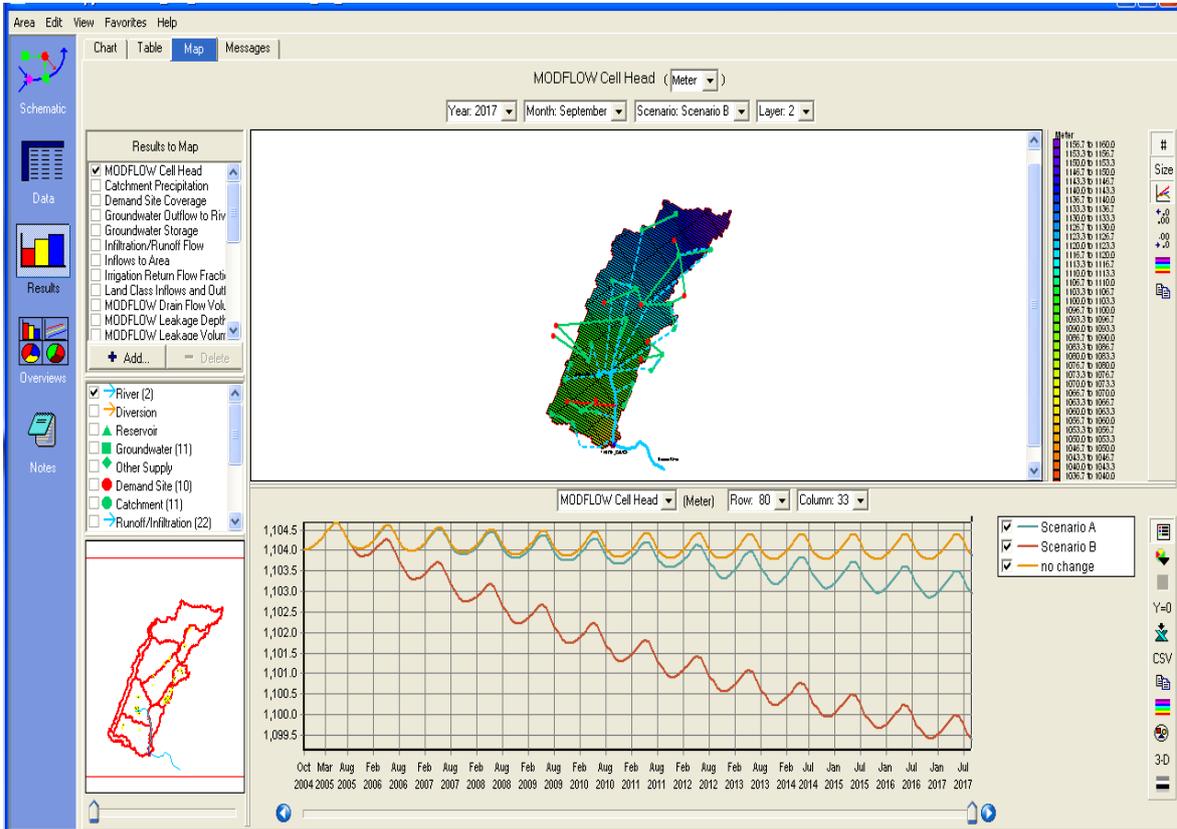


الشكل رقم 6-a: التغير النسبي في الهطول المطري، الاختلاف بين فترتي 2070-2099 و 1961-1990، و ذلك بناء على سيناريو ECHAM 4, B2 للنموذج الإقليمي MM5 و بدقة 18 كم (Kunstmann et al., 2007)

السيناريو B:

تظهر قياسات الهطول المطري لمنطقة دمشق وجود سنة جافة (بأقل من نصف معدل الهطول السنوي) كل ثلاثة عشر عاما تقريبا. كما أنه قد تمر عدة سنوات جافة متتالية كما حصل عندما مرت ثلاث سنوات جافة متتالية خلال 1999 إلى 2001، أثرت بشكل حاد على تأمين المياه للشرب و الزراعة. لذلك سوف نحرص في هذا السيناريو تأثير مرور سنوات جافة متتالية (50% من معدل الهطول السنوي) على الوضع المائي الجوفي.

تظهر النتائج المتوقعة من النظام كما في الشكل رقم (7) أن التأثير الأسوأ في مناسيب المياه الجوفية حصل في السيناريو الثاني. و قد حصل تأثير مشابه في نهاية 2001 بعد مرور ثلاث سنوات عجاف أدت إلى انخفاض وسطي في مناسيب المياه الجوفية بمقدار 5 أمتار. مثل هذا الانخفاض سيجبر الفلاحين في النهاية على تعميق آبارهم و سيزيد بالتالي من كلفة الضخ.



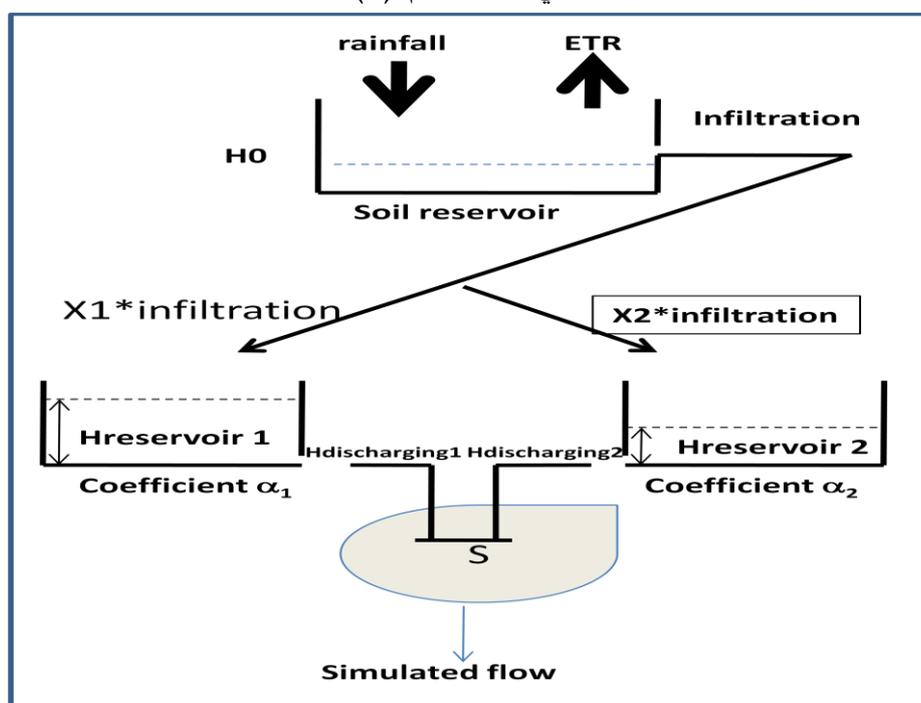
الشكل رقم 7-a: مناسيب المياه الجوفية المحسوبة للسيناريوهات المختلفة. تظهر الشاشة السفلى في الشكل تأثير السيناريو A و B على مناسيب المياه الجوفية لأية خلية مختارة

يمكن هذا النظام من مشاهدة تأثير السيناريوهات المختلفة على تغيرات مناسيب المياه الجوفية في أية خلية من منطقة الدراسة. إن وجود مثل هذه الأنظمة أمر ضروري لإدارة و تخطيط الموارد المائية الجوفية لأي حوض. تحتاج هذه الأنظمة و النماذج إلى تحسين و إعادة معايرة مستمرة لتكون أداة موثوقة تساعد في اتخاذ القرارات المناسبة لإدارة الحوض.

4. نمذجة نبع بردى:

تعتبر الينابيع الرئيسية في سورية (مثل نبع بردى و السن و الفيحة و رأس العين وغيرها) ينابيعاً كارستية. إن نمذجة مثل هذه الينابيع موضوع معقد بسبب عدم تجانس الكارست و صعوبة وجود البيانات اللازمة.

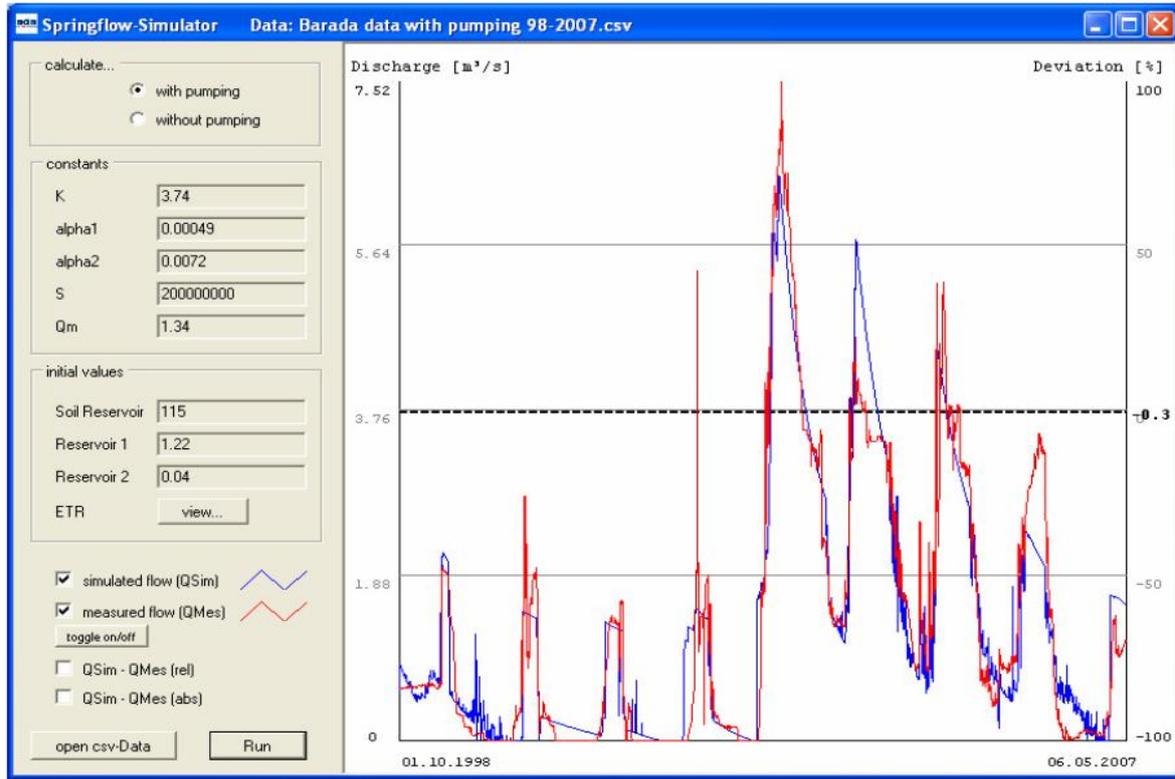
يشكل نبع بردى مصدراً هاماً لتأمين مياه الشرب لمدينة دمشق لذلك فإن دراسته مهمة لفهم نظام الطبقة المائية خاصة و أن الضخ من حرم النبع تزداد أهميته بتزايد عدد السكان. يبين النموذج المائي (الهيدروجيولوجي) الإعتباري للنبع أن النبع يتغذى من مياه الأمطار و ذوبان الثلوج حيث يجري الماء الراشح في وسطين: جريان داخل الشقوق و الممرات الجوفية (جريان سريع)، و آخر بطيء في الأوساط بين الشقوق. و بالتالي فإن النموذج الإعتباري يتضمن وسطين (خزانين) واحد للجريان البطيء و الذي يؤمن التدفق عند الجريانات الدنيا للنبع ، و آخر للجريان السريع و الذي يشكل المركبة الرئيسة للجريان عند الفيضان كما في الشكل رقم (8).



الشكل رقم 8: الشكل العام لنموذج نبع كارستي (El Hakim, 2005).

يتوزع الماء الراشح إلى كلا الوسطين حسب معاملي تشارك $X1, X2$ يحددان لكل خزان. يتم تشغيل النموذج بإدخال قيم الهطولات المطرية و يقوم النموذج بحساب التصاريح المتوقعة للنبع. إن مثل هذه النماذج التي تقسم الجريانات الى وسطين استخدمت سابقا في العديد من الينابيع الكارستية في أوروبا (Fleury, 2005) و في لبنان (El Hakim, 2005) و كانت قادرة بشكل جيد على نمذجة الجريان من الينابيع الكارستية.

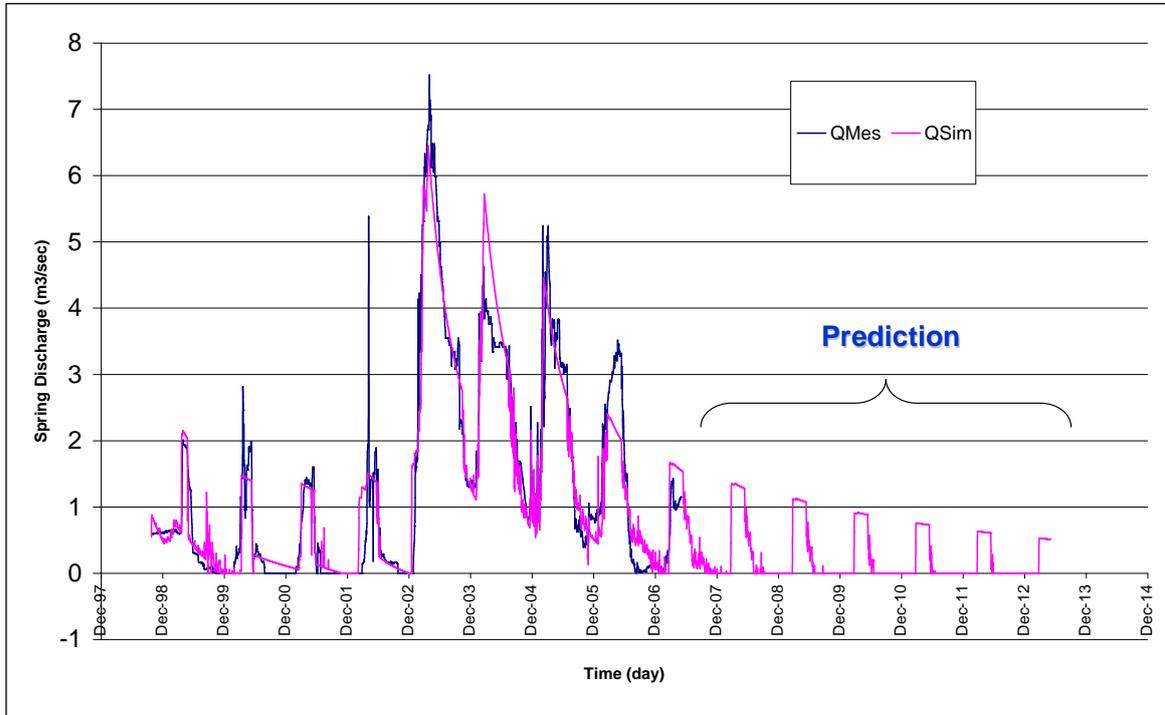
جرى استخدام النموذج المطور من قبل أكساد و معهد BGR (Streamflow simulator, 2007) لنبع بردى و المبني على النموذج الإعتباري السابق و الذي تمت معايرته بناءً على بيانات الهطول المطري اليومية (من عام 1985 الى 2007) لأربع محطات هي مضايا، الزيداني، سرغايا و بقين. و على القيم اليومية لتصاريح نبع بردى حيث تم الحصول على مجموعتين من قيم معاملات المعايرة: مجموعة قبل بدء الضخ من جوار النبع و مجموعة بعد بدء الضخ. و قد أعطى النموذج تطابقاً مرضياً بين القيم المحسوبة و القيم المقاسة للتصاريح كما في الشكل رقم (9).



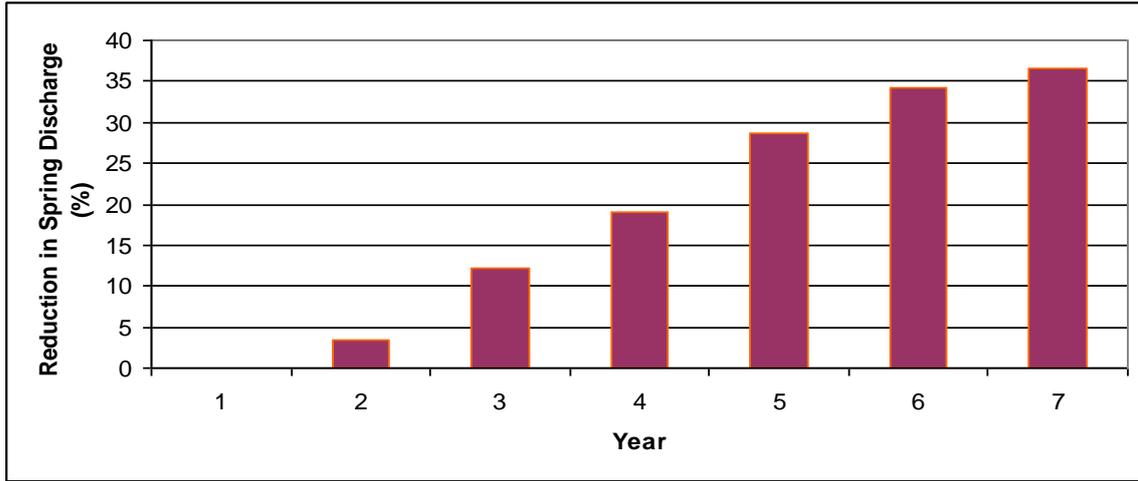
الشكل رقم (9): نتائج المعايرة. القيم المحسوبة (الخط الأزرق) و المقاسة (الخط الأحمر) لتصاريح نبع بردى. تمثل القيم الموجودة في النافذة اليسرى قيم معاملات المعايرة.

استخدم هذا النموذج للتنبؤ بتأثير التغير المناخي على تصارييف النبع. تم تطبيق تناقص في الهطول المطري بمقدار 4 % "مكافئ لـ 25 ملم تناقصاً في الهطول السنوي الميّن بالشكل رقم (4)" متزافق مع زيادة في الضخ بقيمة 2.5% سنوياً (للتعويض عن التزايد في الطلب نتيجة النمو السكاني) على النموذج بدءاً من عام 2007، و بافتراض قالب الهطول المطري نفسه و الضخ للعام المائي (الهيدرولوجي) 2006-2007.

و يوضح الشكل رقم (10) نتائج النموذج، و يظهر فيه التناقص المستمر في قيم التصريف مع الزمن، كما يظهر التلاشي المتدرج لفترات الجريانات الدنيا و بحيث يظهر النبع بشكل رئيسي عند فترات الذروة. توقع النموذج انخفاضاً في قيم التصريف تصل إلى 35% بعد ست سنوات كما في الشكل رقم (11).



الشكل رقم 10: النتائج المتوقعة لتصارييف النبع بعد عام 2007 بناء على افتراضات النموذج (الخط الأحمر هو القيم المحسوبة)



الشكل رقم (11): التناقص المتوقع في تصريف نبع بردى، و الناتجة عن زيادة سنوية في الضخ بمقدار 2.5%، وانخفاض سنوي في الهطول المطري بمقدار 4%.

إن قطاع البلديات في حوض بردى و الأعوج و الذي يستهلك جزءاً كبيراً من موارد الحوض -تبلغ 24 % كما في الشكل رقم (2)- لتأمين مياه الشرب، و هو الأكبر مقارنة مع ما يستهلكه هذا القطاع في الأحواض الأخرى، و بالتالي فهو الذي سيكون الأكثر تأثراً. وقد قامت مدينة دمشق لتخفيض الضياعات و الهدر من شبكات مياه الشرب بتحسينات كبيرة، و هناك خطط كبيرة أيضاً لريف دمشق. كذلك فإن نوعية المياه الجوفية التي تشكل مصدراً آخر لمياه الشرب تتدهور، خاصة في سهل دمشق نتيجة للري الجائر و التسميد المفرط و التلوث الناتج عن الفضلات الصناعية و المنزلية. أدى هذا إلى إغلاق ما يزيد عن 200 بئراً من آبار الشرب عام 2005 (Abed Rabouh, 2007)، و زاد من الضغط على الموارد الأكثر عذوبة من نبعي الفيحة و بردى. كل ذلك يجعل من تخفيض كميات مياه الري و رفع كفاءة طرق الري و حماية المياه الجوفية من مختلف مصادر التلوث (الصناعية و المنزلية و الزراعية) أمراً بالغ الأهمية.

إن تحديد مناطق التغذية للينابيع الرئيسية في سورية هو مطلب أساسي للبدء بأية خطة تنمية و إدارة للنبع. هناك العديد من الدراسات المائية (الهيدروجيولوجية) الهامة لبعض الينابيع و لكنها بحاجة للتحديث و التحقيق المستمر. كذلك فإن تحديد و حماية حرم الينابيع، و خاصة المستخدمة للشرب، أمر بالغ الأهمية لحماية هذه المصادر الحساسة من مختلف أنواع الملوثات. كما أن الرغبة المتزايدة بضخ المياه من جوار الينابيع لتلبية الاحتياج المتزايد لمياه الشرب، يجب أن تدار بناءً على توصيات الدراسات الهيدروجيولوجية و البيئية المفصلة لتلك الينابيع.

5. سياسات التكيف:

- ✓ ان الطريقة المثلى لإدارة الموارد المائية تحت ظروف التغيرات المناخية هي بتطبيق منهجية الادارة المتكاملة للموارد المائية (Global Water Partnership, 2007).
- ✓ تطبيق و تنفيذ سياسات حماية و صون الموارد المائية.
- ✓ وضع التشريعات الملائمة بما يتضمن تحديد حرم الينابيع، و قوانين حفر الآبار و الإشراف عليها و تسجيل المواصفات، تحديد مناطق تغذية الطبقات المائية الجوفية، أنظمة (ريجيم) الضخ من الآبار، حماية المياه الجوفية والسطحية من التلوث، تنمية الموارد المائية.
- ✓ إقامة محطات معالجة مياه الصرف الصحي، و تحديد سياسات إعادة الاستعمال.
- ✓ تطبيق الطرق الحديثة لرصد التسربات، و إدارة الشبكات في المدن الرئيسية.
- ✓ رفع كفاءة الري على مستوى المزارع الصغيرة و الكبيرة.
- ✓ تحسين و تطوير طرق حصاد مياه الأمطار.
- ✓ ترشيد استهلاك المياه، و استخدام طرق توفير المياه.
- ✓ إعادة تأهيل السدود، و تحسين البني التحتية في الأحواض الساكنة لزيادة طاقة التخزين.
- ✓ تطبيق سياسات إدارة مائية ملائمة في الأحواض الساحلية.
- ✓ تخفيض استهلاك المياه في الري، عن طريق تحسين الدورات الزراعية و طرق الري و المساحات المروية.
- ✓ التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية.
- ✓ تحسين شبكات الرصد المائي السطحي و الجوفي و المناخي.
- ✓ تخصيص موارد مالية كافية منذ الآن لدعم الخطط المستقبلية للتخفيف من آثار لتغير المناخي.
- ✓ تطوير مؤسساتي يساعد على إعداد مؤسسات "ذكية" قادرة على التنسيق بين الإستجابات و ردود الفعل المختلفة، و المساعدة في اتخاذ القرارات المعقدة. إن التحدي الرئيس يتمثل في توجيه مديري المياه إلى الآثار المختلفة الناتجة عن التغير المناخي.

إن المؤسسات الذكية تعمل إلى ما وراء الإدارة العادية اليومية بحيث تحدد التوجهات العامة و الرؤى المستقبلية لاستخدام المياه و المناطق الأكثر تأثراً بالتغيرات المناخية، إضافة إلى تحديد الخيارات المثلى للإستجابة إلى هذه التأثيرات الناشئة. إن هذا التطوير المؤسساتي سيهدف إلى

بناء مؤسسات عملية (ديناميكية) نشيطة قادرة على الإستجابة بشكل فعال، و وضع الخيارات الإستراتيجية نتيجة المتغيرات الطارئة.

6. النقص في المعرفة:

- يوجد العديد من الثغرات من حيث توفر شبكات الرصد و الأبحاث المتعلقة بالتغير المناخي و الموارد المائية. إن وجود بيانات الرصد و إمكانية الوصول إليها شرط مسبق لوضع أية خطة تكيف مع المتغيرات المناخية، كما إن العديد من شبكات الرصد تتضاءل و تضعف مع الزمن.
- توجد حاجة إلى تحسين الإدراك و الفهم و القدرة على نمذجة تأثير التغيرات المناخية على الدورة المائية (الهيدرولوجية) بمقاييس ملائمة لمتخذي القرار.
- إن البيانات و المعلومات حول تأثير التغير المناخي على الموارد المائية غير كاملة، خاصة فيما يتعلق بنوعية المياه و النظام البيئي المائي و المياه الجوفية، إضافة إلى التأثيرات الإجتماعية و الإقتصادية.
- الحاجة الى عكس النماذج المناخية على مقاييس أكثر تفصيلاً.

7. المراجع

- ABED RABBOH, R. 2007. Water demand management in Syria. 3 rd Regional Workshop on: Water and Sustainable Development in the Mediterranean Water Demand Management, Progress and Policies. Blue Plan UNEP/MAP, Zaragoza, Spain.
- ACSAD-BGR TECHNICAL COOPERATION PROJECT 2007. Management, Protection and Sustainable Use of Groundwater and Soil Resources; PROJECT REPORT PHASE III, 01.04.2004 – 31.03.2008 .Development and Application of a Decision Support System (DSS) for Water Resources Management.
- Al-Sibai, M., Droubi, A., Abdallah, A. Zahra, S. Obeissi, M. Wolfer, J., Huber, M. Hennings, V. & Schelkes, K 2008: Incorporate MODFLOW in a Decision Support System for Water Resources Management, Proceeding of Modflow and More international conference, Colorado, USA.
- Beaumont, P. 1981. Water resources and their management in the Middle East. In Change and Developments in the Middle East: Essays in Honor of W.B. Fisher, Clarke JI, Bowen-Jones H. (eds). Methuen: London; 40–72.
- Droubi, A., Al-Sibai, M., Abdallah, A. Zahra, S. Obeissi, M. Wolfer, J., Huber, M. Hennings, V. & Schelkes, K. 2007. A Decision Support System (DSS) for Water Resources Management, Design and Results from a Pilot Study in SYRIA. Proceeding of CLIMATIC CHANGES AND WATER RESOURCES IN THE MIDDLE EAST AND NORTH AFRICA, Ed: Zereine; Springer, Germany.
- Döll, P. and M. Flörke, 2005. Global-scale estimating of diffuse groundwater recharge. Frankfurt Hydrology paper 03. Insitute of Physical Geography, Frankfurt University.
- EEA, 2004. Impact of climate change, EEA Report No 2/2004. Available at http://reports.eea.eu.int/climate_report_2_2004/en
- EL hakim, M. 2005. Les Aquiferes Karstiques de L'Anti-Liban et du Nord de la Plaine de la Bekaa: Caracterisitques, Fonctionnement, Evolution et Modelisation, d'apres L'Exemple du Systeme Karstique Anjar-Chamsine (Liban). PHD Thesis, University Montpellier II & University Saint Joseph, Beirut, Lebanon.
- Evans, J. 2008. Evans plot of the change in precipitation by amount (hue) and significance(sat). http://web.maths.unsw.edu.au/~jasone/eplots/pics/evans_4_1_1g.png.
- First national communication on climate change for republic of Turkey, 2007
- Global Water Partnership, 2007. Policy Brief on Intelligent Water Strategies for Adapting to Climate Change
- IPCC. 2007. Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change,
- Kolars J. 1991. The Future of the Euphrates River. World Bank: Washington, DC.
- Kunstmann, H., Suppan, P., Heckl, A. & Rimmer, A. 2007. Joint high resolution climate-hydrology simulations for the Upper Jordan River catchment. Abstract IAHS-Conference 2007 in Perugia, Italy.
- Lehner, B., Henrichs, T., Döll, P., Alcamo, J., 2001. EuroWasser — Model-based assessment of European water resources and hydrology in the face of global change. World Water Series 5, Center for Environmental Systems Research, University of Kassel.
- Mourad , K 2006. Situation of IWRM in Syria, Malta, (Informal data, power point presentation)

- North Eastern Region Rural Development Project, 2007. Design Document – Appraisal Report. Working Paper 3: Irrigation and Water Management
- Appendix 1: Data on Water Resources and Irrigation in Syria
- Onol, B. and Semazzi, F. 2006: regional impacts on climate change on water resources over Eastern Mediterranean: Euphrates -Tigris basin. 18th conference on climate variability and change, 86th AMS meeting. USA.
- Smith, R.B., J. Foster, N. Kouchoukos, P.A. Gluhosky, R. Young and E. De Pauw. 2000. Spatial analysis of climate, landscape, and hydrology in the Middle East: modeling and remote sensing. Center for Earth Observation Report No.2., Yale University, New haven, USA
- ACSAD and BGR 2007. Spring flow Simulator Manual Vers. 1.0.2. Technical Cooperation Project - NO.: 2004.2032.3, Management, Protection and Sustainable Use of Groundwater and Soil Resources.
- World Bank 2007. Making the most of scarcity, Accounting for better water management in Middle East and North Africa. MENA development report on water.

- كيال، عبد العليم 2006. آفاق إدارة الموارد المائية في الجمهورية العربية السورية حتى عام 2027 . حلقة العمل حول الإدارة المتكاملة للموارد المائية، الإمارات العربية المتحدة، دبي.

- تقييم حساسية قطاع المياه للتغيرات المناخية (السياسات المائية) في سورية. يوسف مسلماني، عبد الله دروي. برنامج الأمم المتحدة الإنمائي / الهيئة العامة لشؤون البيئة، دمشق، سورية. (INC-SY_V&A_ Water-Policy). آذار/مارس 2009.

- تقييم هشاشة الساحل السوري لارتفاع منسوب مياه البحر (2000-2100)، باستعمال نظم المعلومات الجغرافية GIS. يوسف مسلماني، غالب فاعور. برنامج الأمم المتحدة الإنمائي / الهيئة العامة لشؤون البيئة، دمشق، سورية. (INC-SY_V&A_ Syrian Sea Level Rise). آذار/مارس 2009.

- تقييم حساسية قطاع المناخ في سورية للتغيرات المناخية. يوسف مسلماني، خالد موعد، عماد الدين خليل، محمد عيدو. برنامج الأمم المتحدة الإنمائي / الهيئة العامة لشؤون البيئة، دمشق، سورية. (INC-SY_V&A_ Climate). آذار/مارس 2009.

- تقييم حساسية القطاع الزراعي لتغير المناخ وسياسات التكيف في سورية. يوسف مسلماني، محمد فاضل ورده. برنامج الأمم المتحدة الإنمائي / الهيئة العامة لشؤون البيئة، دمشق، سورية. (INC-SY_V&A_ Agriculture-Policy). آذار/مارس 2009.

- تقييم حساسية القطاع الحراجي في سورية للتغيرات المناخية. يوسف مسلماني، محمود كامل علي. برنامج الأمم المتحدة الإنمائي / الهيئة العامة لشؤون البيئة، دمشق، سورية. (INC-SY_V&A_ Forest). آذار/مارس 2009.

- التصحر واستعمال الأراضي وتقدير حساسيتها لتغير المناخ في سورية. يوسف مسلماني، أحمد فارس أصفري، عمار وهبي، أحمد شمس الدين شعبان. برنامج الأمم المتحدة الإنمائي / الهيئة العامة لشؤون البيئة، دمشق، سورية. (INC-SY_V&A_ Desertification). آذار/مارس 2009.

- التأثيرات الإقتصادية والإجتماعية للتغيرات المناخية في سورية. يوسف مسلماني، محمد خزيمة. برنامج الأمم المتحدة الإنمائي / الهيئة العامة لشؤون البيئة، دمشق، سورية. (INC-SY_V&A_ Socioeconomic impacts). آذار/مارس 2009.
- تقييم الحساسية الساحل السوري للتغيرات المناخية وإجراءات التكيف المحتملة. يوسف مسلماني، أمير إبراهيم. برنامج الأمم المتحدة الإنمائي / الهيئة العامة لشؤون البيئة، دمشق، سورية. (INC-SY_V&A_ Coastal-Zone). آذار/مارس 2009.