

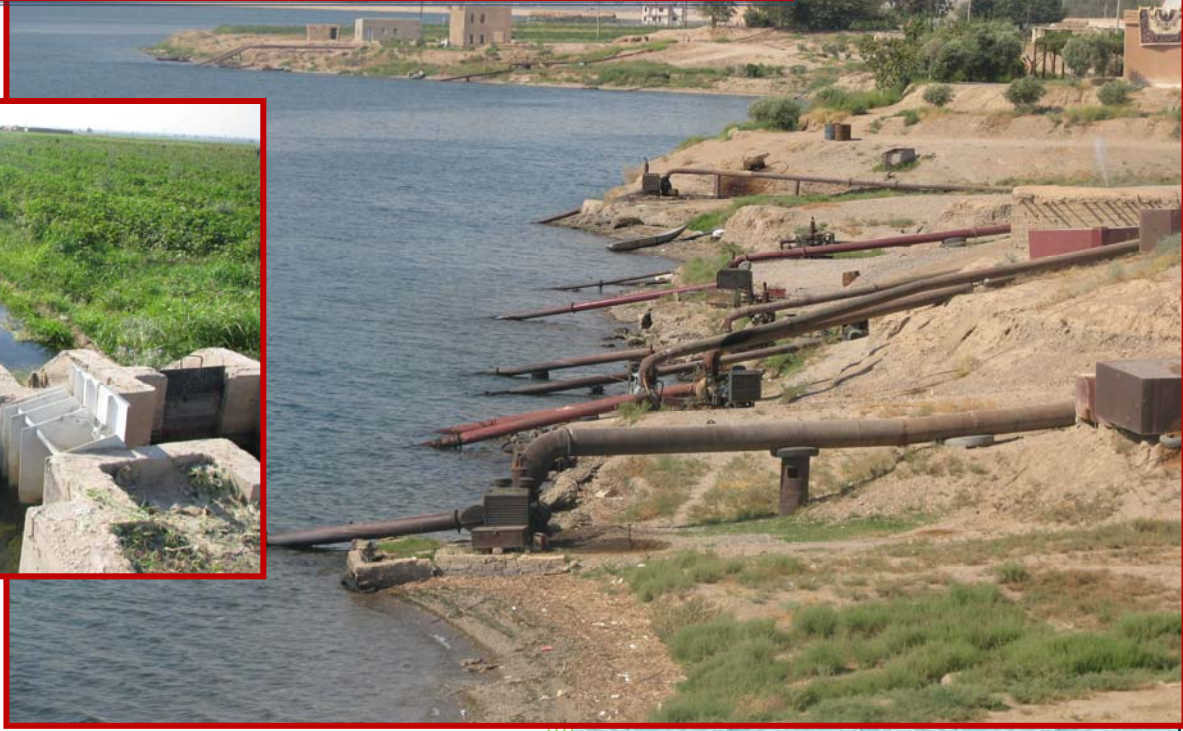
gtz



٢٠٠٨

بدرنامة  
قطاع المياه  
في سورية

# تأثيرات تغير المناخ على قطاع المياه والتكيف في منطقة شرق المتوسط و سوريا



Arabic Preparations by:

Dr. Yousef Meslmani

[www.inc-sy.org](http://www.inc-sy.org)

جرى إعداد هذا التقرير باللغة العربية بتصريف لصالح برنامج تطوير قطاع المياه في سورية  
(عن تقرير السيد هولغير هوف، من مركزي ستوكهولم للبيئة وبوسندام لأبحاث تأثيرات تغير المناخ)  
من قبل مدير مشروع إعداد البلاغ الوطني الأول للتغيرات المناخية في سورية

الدكتور يوسف مسلماني

June / 2008

Climate Change, impacts and adaptation in the  
MENA region, with focus on Syria; Holger Hoff,  
Stockholm Environment Institute and Potsdam  
Institute for Climate Impact Research.

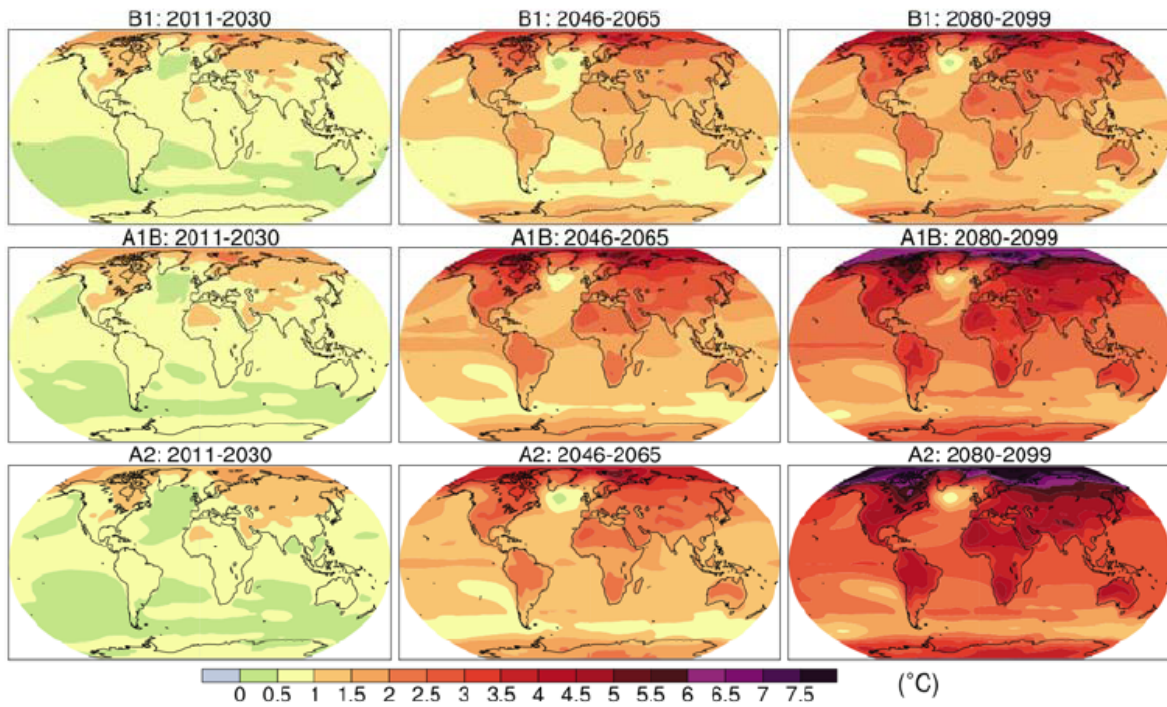
## تأثيرات تغير المناخ والتكيف في منطقة شرق المتوسط و سوريا

د. يوسف مسلماني

يوفر هذا التقرير خلفية عامة لحوار جديد بين علم المناخ، والمياه، وإدارة الأراضي، والتعاون في مجال التنمية.

### (1) التغير المناخي العالمي:

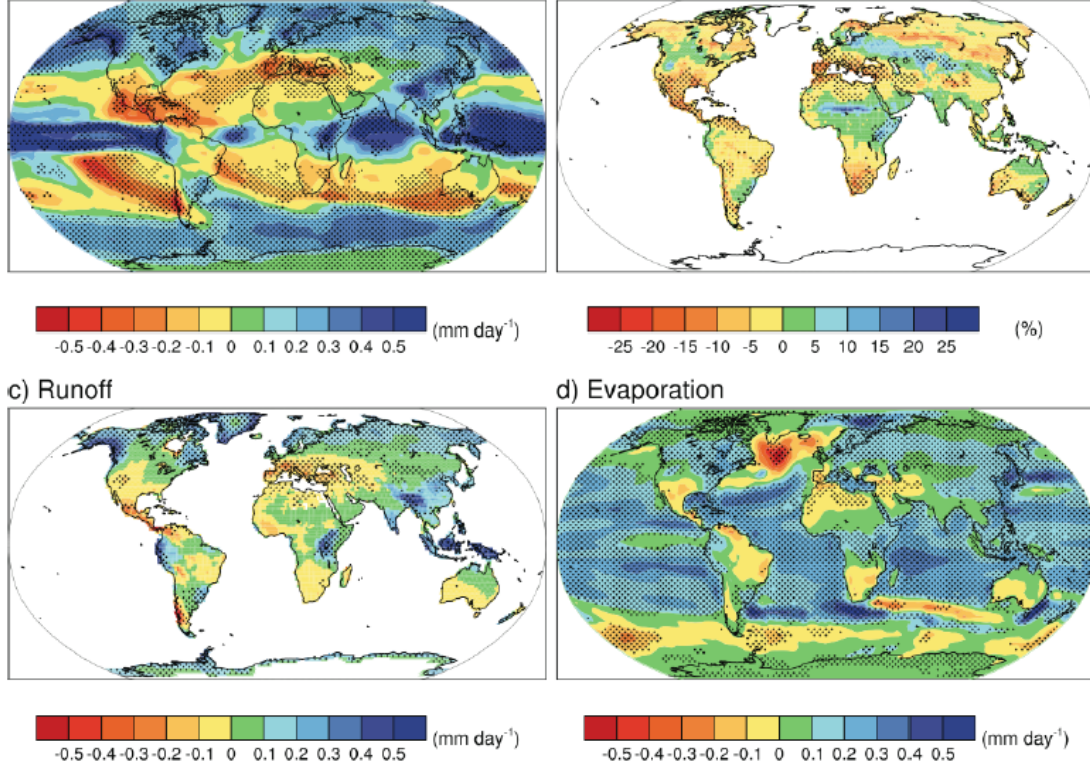
إن تقييم التقرير الرابع للهيئة الحكومية الدولية (IPCC 2007) قد أكد التقييمات السابقة للتغيرات المناخية العالمية، وقدم معلومات أكثر إيضاحاً متضمنة المشاكل المرتبطة بها. لقد رُصد ارتفاع درجة الحرارة في معظم مناطق العالم، وحيث متوقع له الاستمرار بمعدل يعتمد على انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون في التقديرات (السيناريوهات) المختارة. حيث توقع التقرير أعلى درجات الحرارة حدوثاً على الأرض.



الشكل (1) يبين تقديرات درجة حرارة الكرة الأرضية نتيجة لنماذج محاكاة المناخ.

إن التوقعات المستقبلية لكميات هطول الأمطار أقل جدارة بالثقة من تقديرات درجات الحرارة، على أية حال، أظهرت بعض نماذج المقياس الكبير: أنه من أجل عدد قليل من الأقاليم، فإن معظم نماذج المناخ العالمي أيدت تناقص كميات الأمطار وذلك من خلال جميع تقديرات (سيناريوهات) انبعاث الغازات، وبشكل خاص في إقليم شرق حوض المتوسط وأجزاء من جنوب أفريقية، إن ندرة المياه

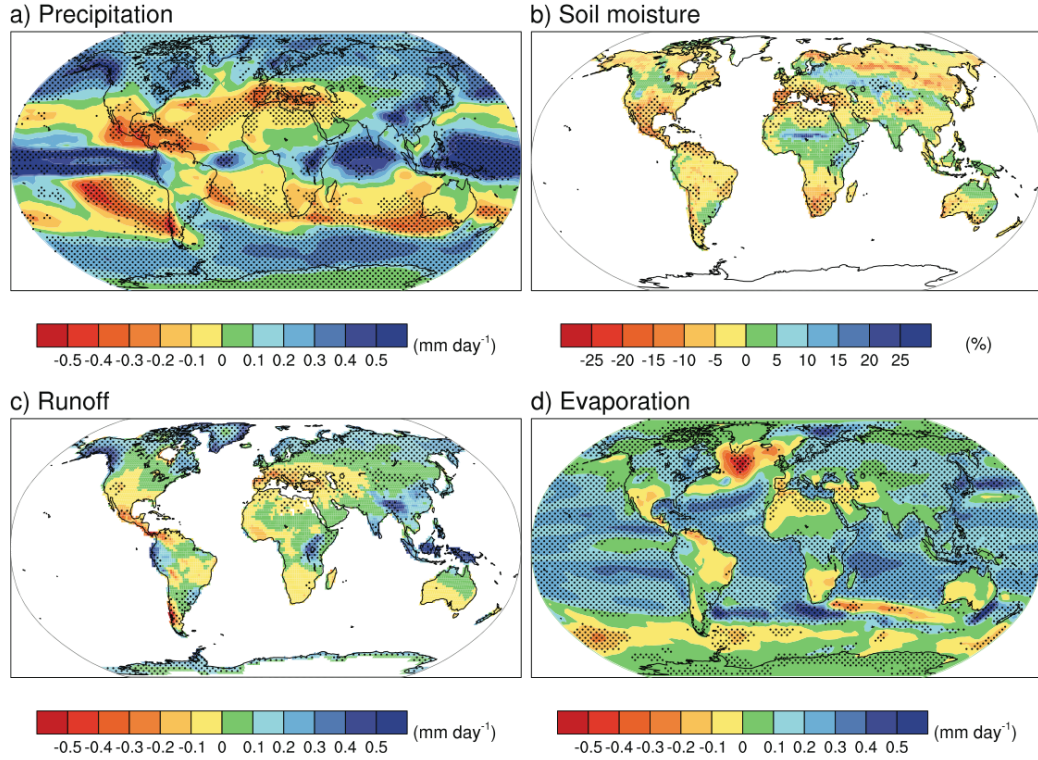
الحالية سوف تترافق بانخفاض توفر المياه بسبب انخفاض كميات هطول الأمطار، وفي الوقت نفسه ازدياد الطلب على المياه بسبب ارتفاع درجات الحرارة (IPCC 2007) وبالتالي ازدياد التبخر-النتح (evapotranspiration) من النباتات في المناطق المزروعة والأنظمة البيئية الطبيعية. والتي تؤدي إلى تناقص أكبر في الجريان السطحي للمياه، وفي تغذية المياه الجوفية، وبشكل عام في كمية المياه المتاحة.



يبين الشكل (2) التوقعات العالمية لكميات الأمطار و توفر المياه. مأخوذة من 15 نموذجاً للمناخ العالمي

السيناريو A1B IPCC 2007

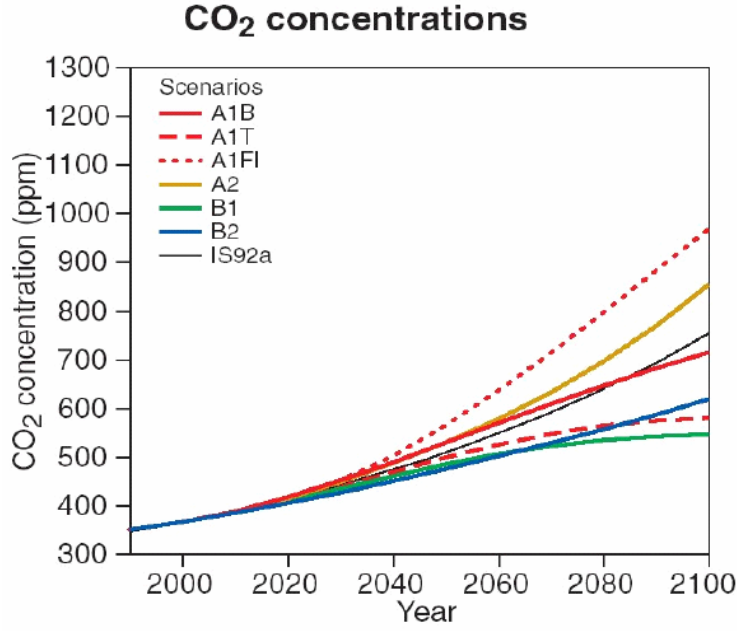
إن الانحدارات السابقة في كميات الهطول الإقليمي مؤشر يقوي بعض التوقعات بتناقص كميات الهطول في المستقبل كما في المتوسط.



الشكل ( 3 ) ائحدار كميات الهطول السنوية 2000 – 1900

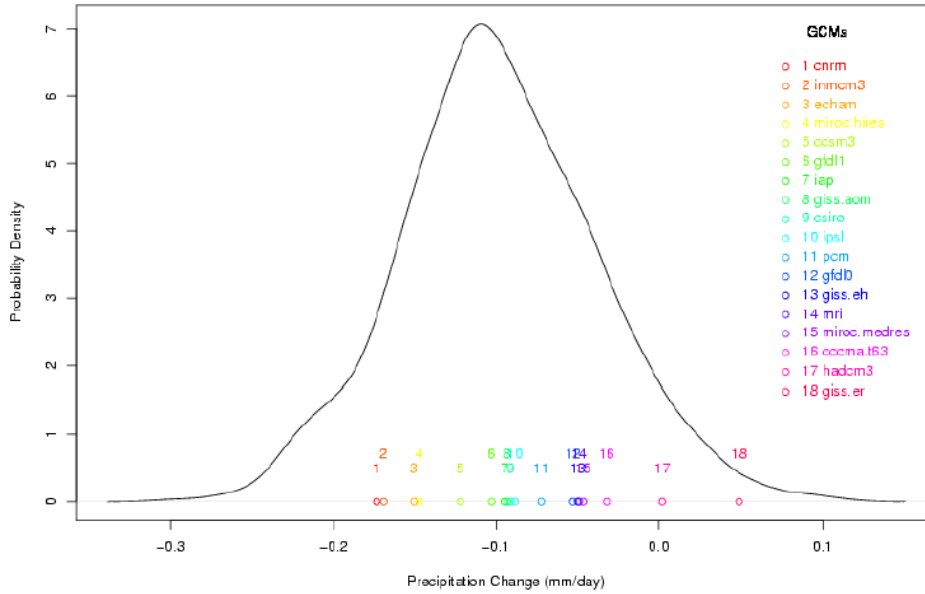
وهناك اتفاق عام أيضاً على أن تبدل المناخ وشدة وازدياد تكرار الحالات المتطرفة مثل الجفاف والفيضانات سوف تزداد (IPCC 2007).

تتوقف معدلات التغير لمعدل الظروف المناخية كما هي أيضاً للتبدلية وللظروف المتطرفة على السيناريوهات المختارة لتقدير انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون (CO<sub>2</sub>)، وقد طورت اللجنة الدولية لتغير المناخ (IPCC) عدداً من السيناريوهات لهذا الانبعاث، كل منها يعتمد كل منها على نمو السكان، النشاط الاقتصادي واستعمال الأراضي. لا تتميز أي من هذه السيناريوهات باحتمالية أكثر من الأخرى، بل إن كل سيناريو يمثل حالة ممكنة أو محتملة في المستقبل للنظام المناخي.



يبين الشكل ( 4 ) عدة سيناريوهات مختلفة لانبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون بحسب (IPCC). وكذلك لتركيز هذا الغاز المنبعث في الجو

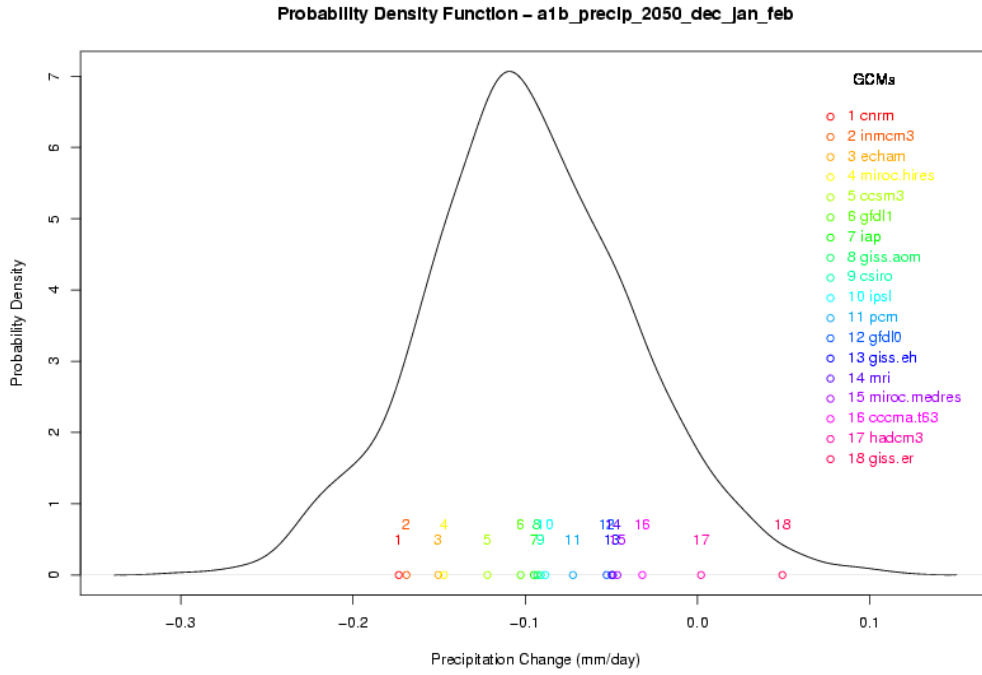
فإذا ما أختير سيناريو محدد للانبعاث، فإنه يمكن أن يتم استنتاج نوع من الاحتمالية لتوزع كل من درجة الحرارة أو هطول الأمطار، من خلال مقارنة عدد من نماذج محاكاة المناخ العالمي المختلفة.



يبين الشكل ( 5 ) إمكانية توزع تغير الهطول بحلول عام 2050م لحوض المتوسط تبعاً لتقدير سيناريو A1B، وهي مستخلصة من نموذج محاكاة المناخ العالمي، المأخوذ من 18 نموذجاً مختلفاً.

إن الحركة العامة للمياه تضخم بشكل عام المؤشرات المناخية، مثل تغيرات الجريان السطحي للمياه " انظر البند 3 "

الشكل ( 6 ) التغيرات المقدرة للجريان السطحي للقرن 21، من السيناريو A1B، المأخوذ من 12 نموذجاً عالمياً، (Milly et al 2005).



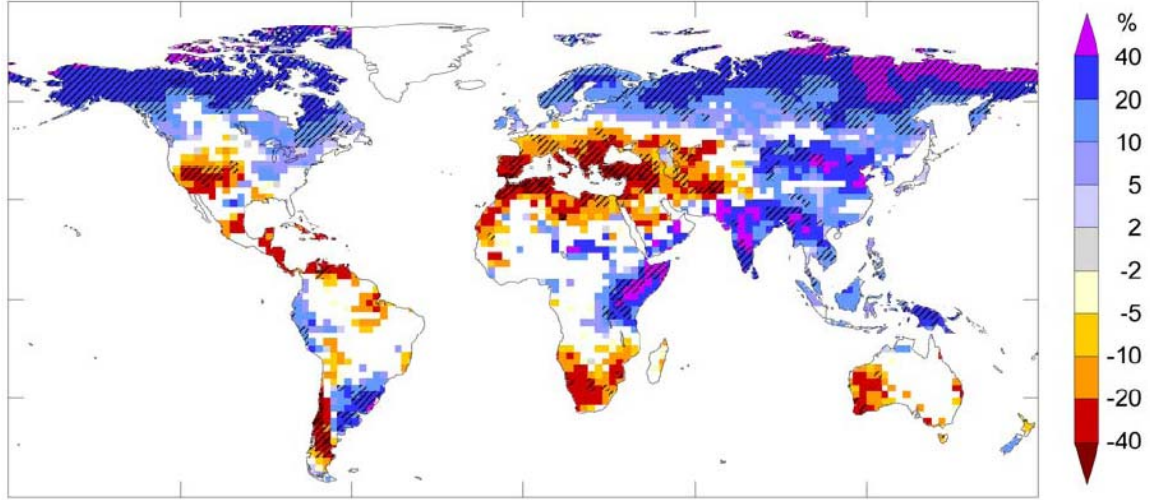
الشكل (6) شكل توضيحي لنقص كمية الأمطار وتغير المياه الجارية .

## (2) تغير المناخي الإقليمي في المنطقة الشرقية لحوض المتوسط / سوريا:

لقد تم خلال العقود السابقة في حوض المتوسط رصد ارتفاع في درجة حرارة الأرض المميز (خلال مائة السنة الماضية بمعدل  $0.75^{\circ}\text{C}$ ) وتناقص عام للهطول المطري خلال القرن العشرين (Lionelloet et al 2006).

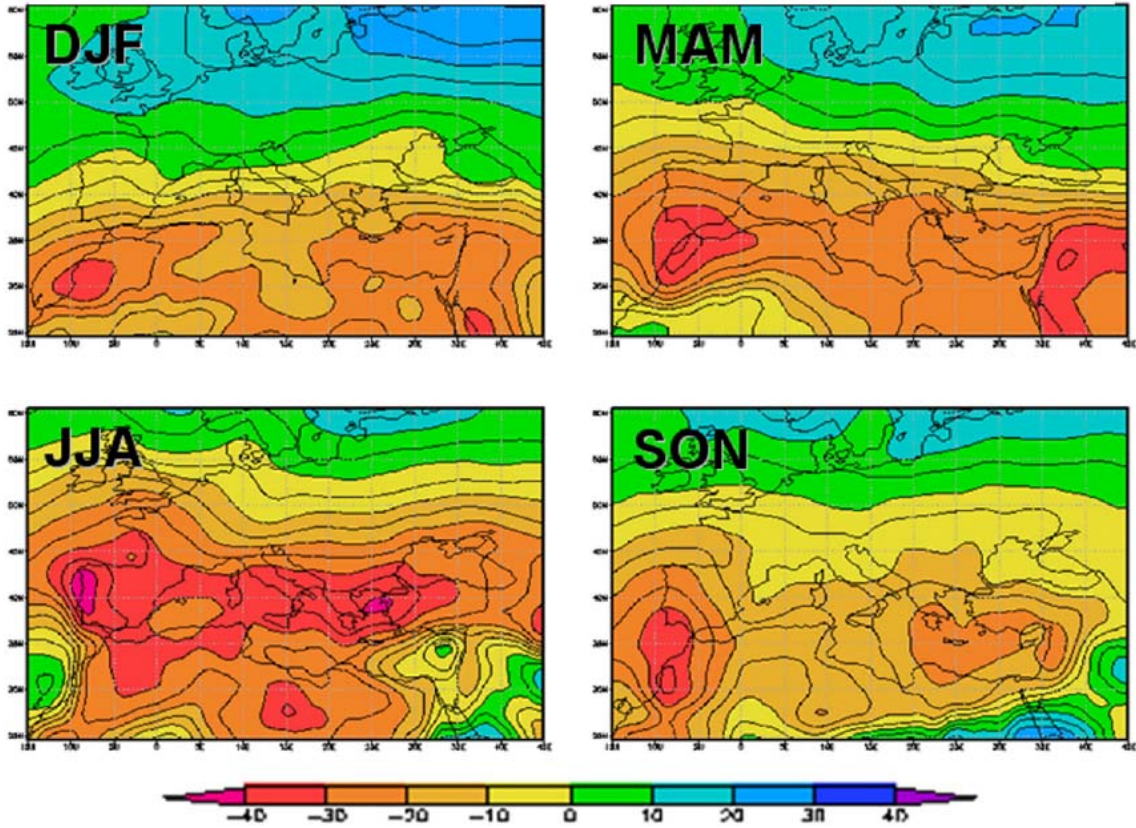
وأشارت نتائج مشروع الاتحاد الأوروبي أيضاً، EU MICE (Hanson et al 2007) إلى حدوث قحط شديد وجفاف عام ومستمر مع تنامي العجز في المياه في منطقة حوض المتوسط.

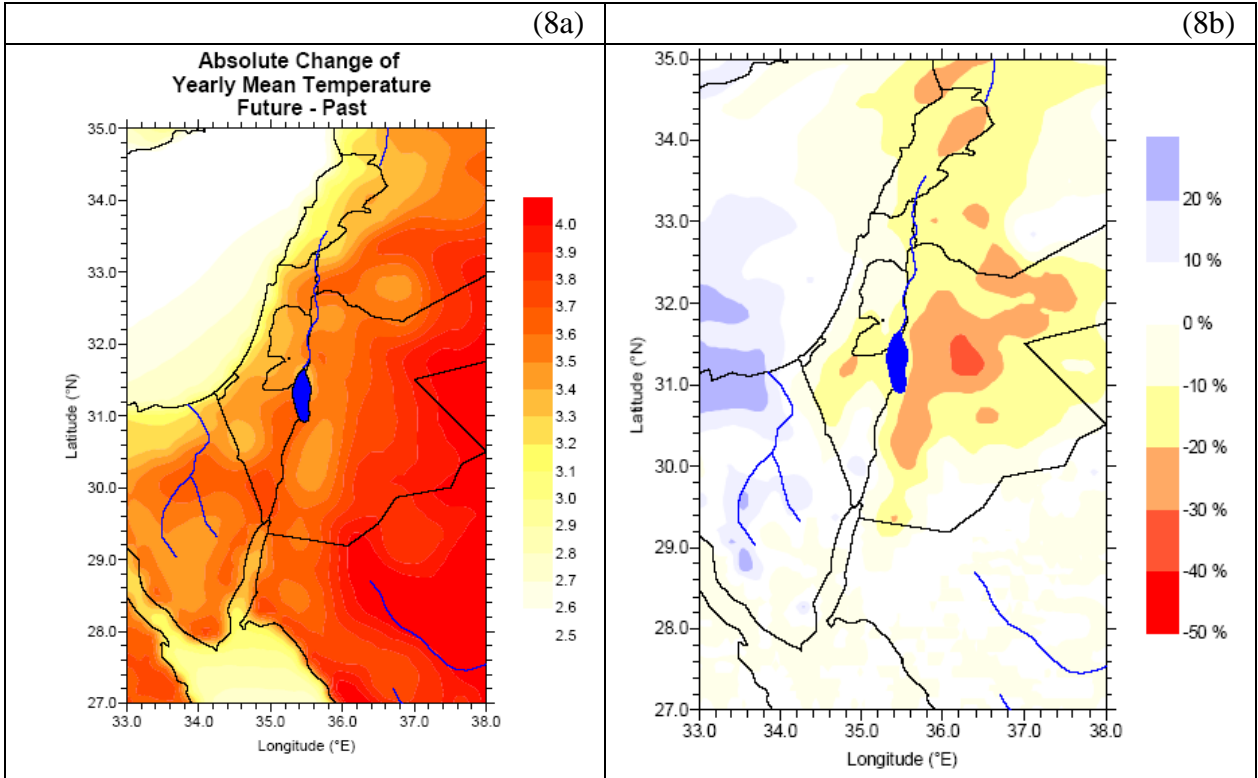
يرتبط مناخ المتوسط إلى حد كبير بالدورة العامة للغلاف الجوي. وهكذا سوف تؤثر التغيرات المتوقعة بالدورة العامة للغلاف الجوي على مناخ المتوسط، وإن الانزياح باتجاه الشمال لمسارات العواصف في الجزء الشمالي من المحيط الأطلسي سوف تقلل من فعالية المنخفضات الجوية، ومن تدفق الرطوبة إلى منطقة جنوب شرق المتوسط. وبناءً على معطيات معظم نماذج محاكاة المناخ العالمي المتعددة السابقة فقد تبين أن هناك إنخفاض في مجموع كمية الأمطار، وخصوصاً في الأجزاء الجنوبية والشرقية للمتوسط، ومن الممكن وجود تزايد ضعيف في الهطول في شمال المتوسط، هذا بالإضافة إلى أن درجات الحرارة تزداد بشكل أكبر من المعدل العالمي (Lionelloet et al 2006).



الشكل ( 7 ) نسبة الهطول الفصلي المتوقع في المتوسط خلال القرن الواحد والعشرين. السيناريو A1B، المأخوذ من 17 نموذجاً عالمياً، (Lionelo et al 2005).

ولقد أكدت نتائج السيناريو الاقليمي الأولي الذي تم تطويره في إطار مشروع نهر الأردن (GLOWA JR) باستخدام نموذج الإسقاط الحركي (وباستخدام نموذج المناخ الإقليمي MM5) هذه التوجهات (Kunstmann et al 2007).





بين الشكل (8) مثال لسيناريوهات مناخ إقليمي في منطقة نهر الأردن (GLOWA). لدرجة الحرارة والهطول (السيناريو B2، نموذج المناخ العالمي ECHAM4، نموذج المناخ الإقليمي MM5)

وبما أن اتجاه التغير واضح تماماً في إقليم المتوسط، "أكثر حرارة، أكثر جفافاً، أكثر تغيراً" فإن تقدير المدى الكامل للمناخ المستقبلي لمحتمل، وعدم الثقة المصاحب يتطلب محاكاة أكثر لسلسلة السيناريوهات المختلفة

(A1. A2. B1. B2) مع مدى لنماذج الحركة العامة (GCMs)، ونماذج المناخ الإقليمي و/ أو مقاربات إحصائية للتخفيضات. ومن أجل الوصول إلى هذه النهاية فإن أول نموذج للمقارنة لمنطقة شرق المتوسط قد تم إعداده بالتعاون بين منظمة GLOWA ومشاريع (MedClivar).

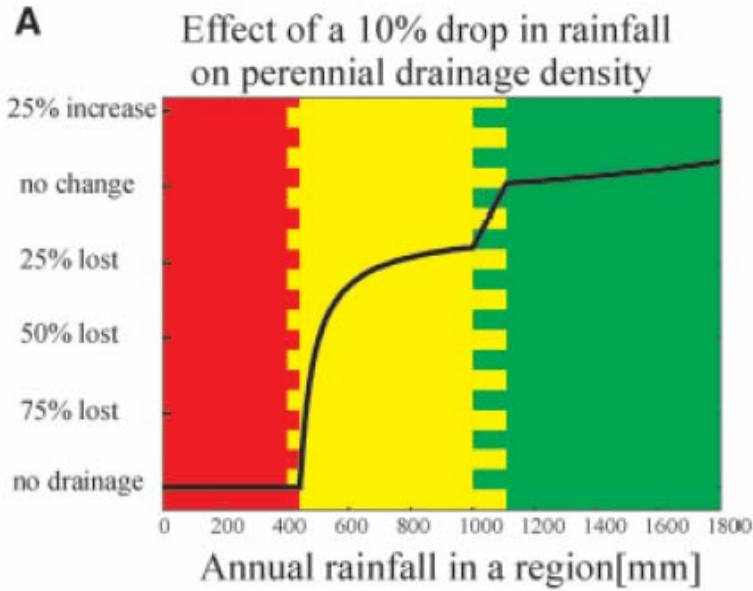
ولتوسيع تطبيق نموذج المناخ الإقليمي إلى سوريا، فإن بيانات الأرصاد الجوية المتاحة في المديرية العامة للأرصاد الجوية بدمشق، قد أمنت الوصول إلى نموذج لمناخ إقليمي متكامل MM5، حيث جرى العمل عليه في IFU- MK ألمانيا (at IMK-IFU, Grmish Partenkirchen). وهذه المبادرة تعتبر أول إسقاط لمحاكاة المناخ الإقليمي لسورية.

(3) تأثيرات تغير المناخ على الموارد المائية:



إن ارتفاع درجة حرارة الكرة الأرضية يصاحبه عادة تغير في الدورة الهيدرولوجية مثل إزدياد التبخر وتبدل المنحى العام والتبدلية والقيم المتطرفة للهاتل المطري، كذلك التغيرات في رطوبة التربة والجريان السطحي وتغذية المياه الجوفية. ومن المتوقع عالمياً أن يزداد تواتر فترات الجفاف وتطول فتراتهما بشكل سريع ، وكذلك -ولحسن الحظ في بعض الأحيان- أن يزداد تكرار ظواهر الهطول المطري الغزير في معظم المناطق (IPCC 2007).

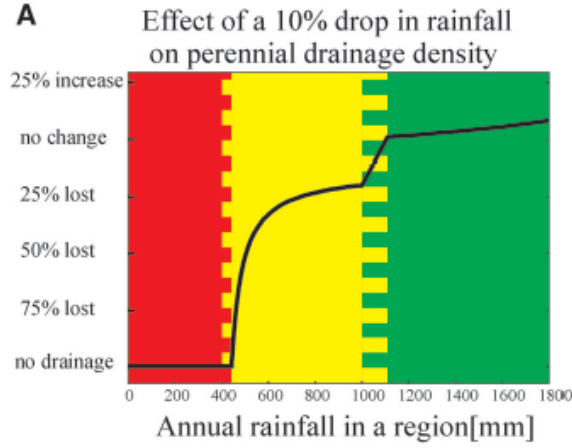
إن الاستجابة الهيدرولوجية للتغيرات المناخية ليس خطياً، إذ أن الانخفاض في كمية الجريان السطحي وتغذية المياه الجوفية، يمكن أن تكون أقوى بكثير من التبدل في كمية الهطولات المطرية. وخاصة إذا ترافق ذلك بتزايد في درجات الحرارة، يبين الشكل ( 9 ) أن الجريان السطحي يسبب تناقصاً بـ (10%) من كمية الهطول وهذا أكثر تأثيراً في المناطق ذات المناخ الجاف وشبه الجاف، بالمقارنة مع المناخ الأكثر رطوبة.



الشكل (9) يعبر عن انخفاض كمية الأمطار والتغير في تصريف المياه (de Wit 2006).

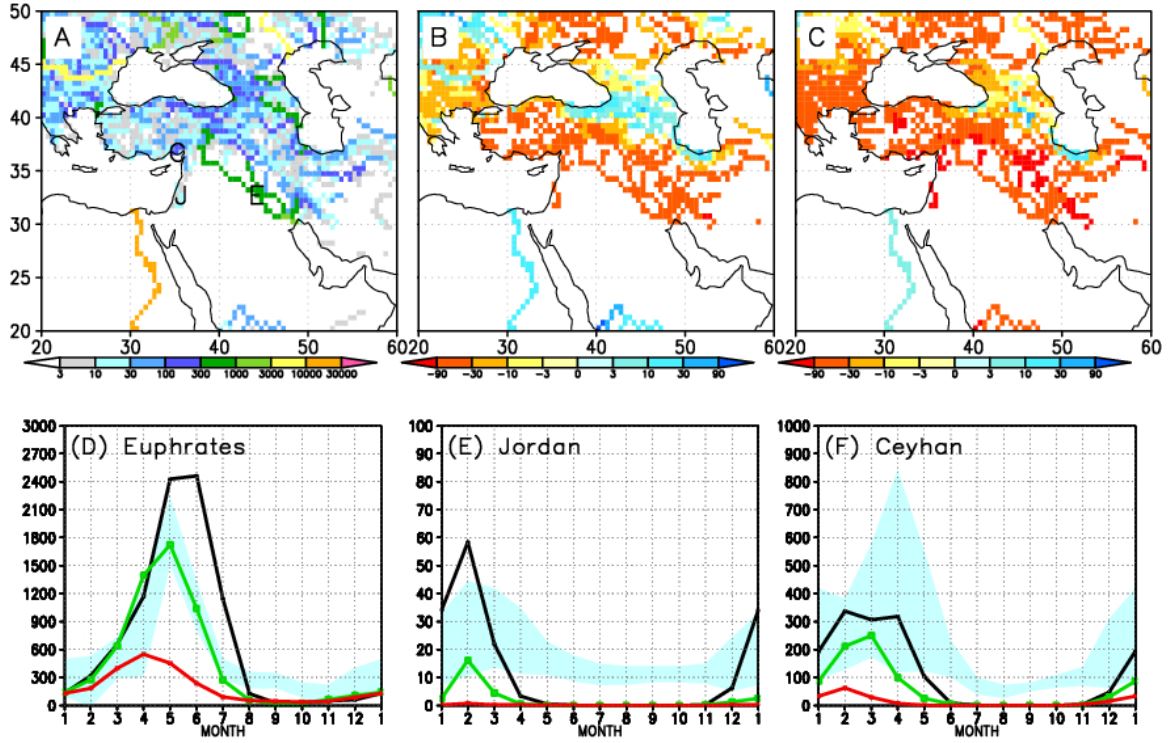
فإذا أخذنا بعين الاعتبار التغيرات المتوقعة في درجة الحرارة والهطولات المطرية في منطقة المتوسط التي جرى ذكرها في المقطع السابق، فإنه من المتوقع حدوث انخفاض قوي في الجريان السطحي وتغذية المياه الجوفية وبالتالي في توفر المياه، خلال العقود القادمة. تبين الأشكال التالية التغيرات في المعدلات السنوية، وتغيرات إضافية في تكرار الجفاف وشدته، مثل عدد أيام الجفاف المتتابة التي تؤدي إلى ظروف حرجة أكثر في جزء من المتوسط، وذلك من أجل إدارة المياه والزراعة، وكذلك الأنظمة الطبيعية، والخدمات التي توفرها (e.g. Weiss et al 2007).

الشكل ( 10 ) تدفق مياه نهر سيحون، الفرات، والأردن م<sup>3</sup>/ثا ونسبة التغيرات خلال القرن 21 من السيناريو (A1B)، وذلك لحساسية مناخ معتدل ( b ) أو قوي ( c ) في النموذج، ولمقترح عالٍ جداً لنموذج المناخ العالمي، مع مقترح 20 كم، (Kitoh et al 2007).



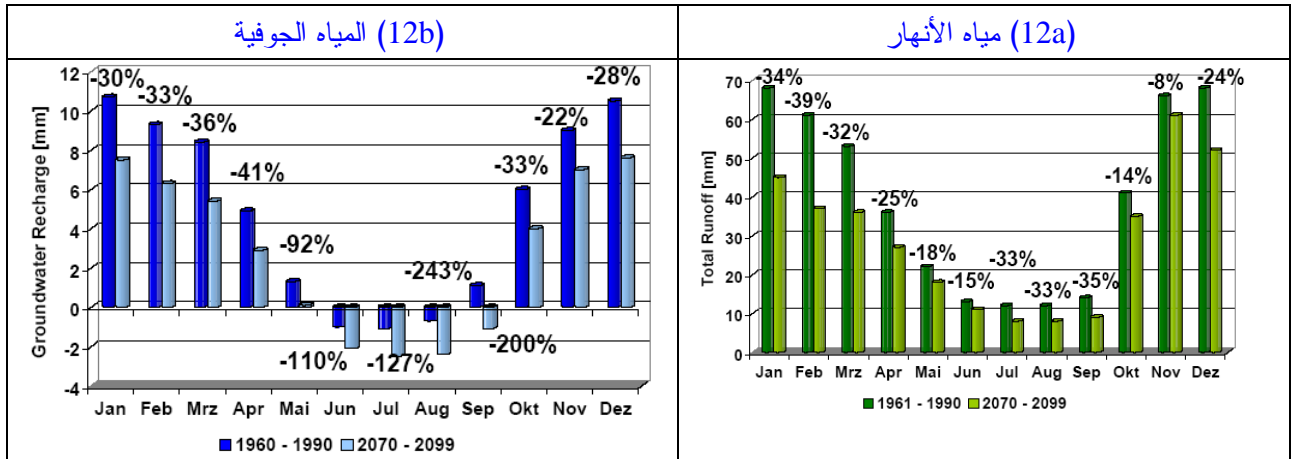
الشكل (10) محاكاة التغيرات في الطلب على مياه الري وعناصر أخرى لتوازن المياه. ( ECHAM4, B2, MM5, TRAIN, ) (Menzelt al 2007)

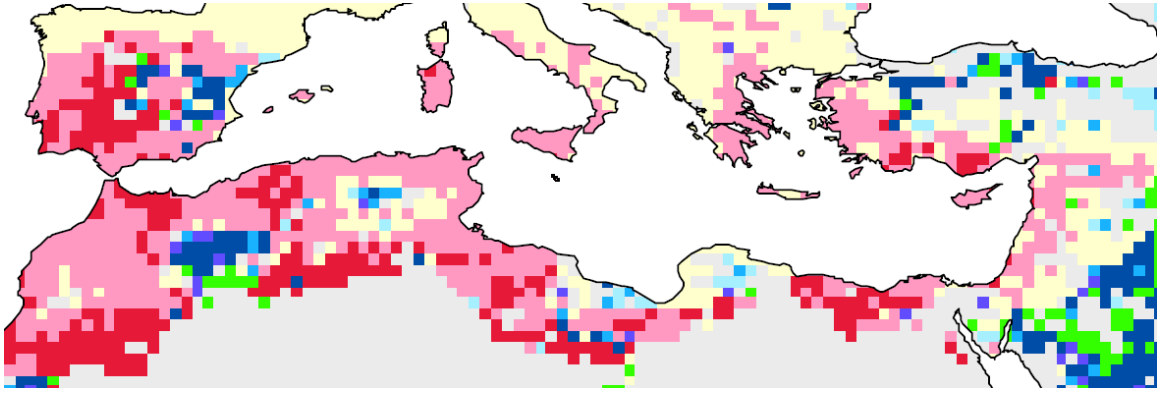
إذ أن الانخفاض في تغذية المياه الجوفية يمكن أن يصل إلى 70% على طول الأطراف الجنوبية لحوض المتوسط (Doell et al 2005). وستكون لذلك نتائج حرجة لإدارة المياه، لأن المياه الجوفية توفر الجزء الأعظم من المياه المستخدمة في إقليم المتوسط، وبشكل خاص تأمين المياه خلال فترات الجفاف.



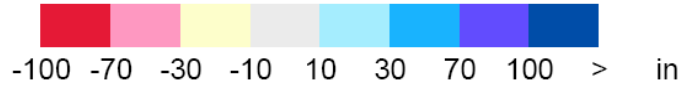
الشكل (11) سيناريو تغير تغذية المياه الجوفية لعام 2050 (CHAM4k B2k Water Gapk Doell 2005).

لقد بين التمثيل الهيدرولوجي الذي يستند إلى سيناريو المناخ الإقليمي الذي أعد لنهر الأردن (GLOWA JR) أن هناك انخفاض في كمية الأمطار وتغذية المياه الجوفية بحوالي 20-40% وفقاً لسيناريو المناخ المعتدل (IPCC SRES B2 Scenario).



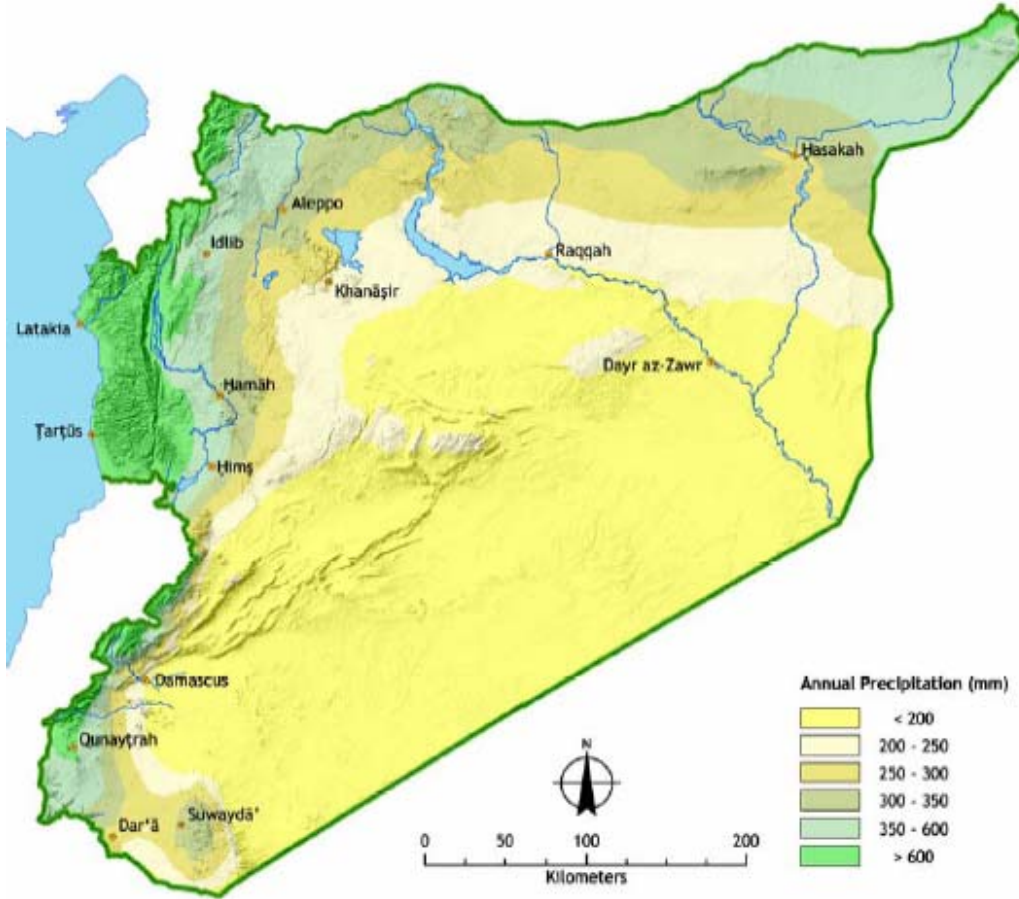


**Percent change of groundwater recharge  
between 1961-90 and the 2050s**



الشكل (12) سيناريوهات GLOWA عن كمية الجريان السطحي وتغذية المياه الجوفية في نهر الأردن ( Kunstmann et al 2007).

تتميز الهيدرولوجيا المائية في سوريا بتدني كبير في الهطول المطري وبالتالي تدني توفر المياه من الغرب إلى الشرق. ويوضح الجدول (1) بعض البيانات المائية الأولية وبيانات الموارد المائية في سوريا، و لتقييم هذه التأثيرات سوف نكون بحاجة إلى المزيد من البيانات.



الشكل (13) بين التوزيع المكاني لكميات الأمطار في سوريا (Bruggeman)

وبشكل عام فإن إدارة الموارد المائية تتبع إلى حد ما أحواض الأنهار الرئيسية، لذلك تم إعطاء المعلومات التالية المدونة في الجدول حول كمية الهطولات، وكمية المياه السطحية والجوفية المتوفرة وكذلك ندرة المياه بالنسبة لأحواض الأنهار الرئيسية في سوريا.

الجدول 1: مجموع الهطول السنوي لكل حوض من الأحواض الرئيسية.

كمية الهطول السنوية		المساحة كم <sup>2</sup>	اسم الحوض
الحجم مليون م <sup>3</sup>	مم		
1930	290	6721	حوض اليرموك
2295	267	8596	حوض بردى والأعوج
4880	960	5086	حوض الساحل
8715	403	21624	حوض العاصي
9800	138	70786	حوض البادية
10658	208	51238	حوض الفرات وحلب
8494	402	21129	حوض البليخ والخابور

(جمال، 2004).

لقد تم لاحقاً في البند 8 من هذا التقرير ذكر خيارات التكيف، التأكيد الجزئي الذي يجب أن يكون على عدم الاستعمال الشائع لما يسمى ( المياه الخضراء )، أو إدارة الهطولات كمورد أساسي. إنه من غير المجدي أن تتم مقارنة حجم كمية الهطولات المطرية السنوية لكل حوض أو نهر مع الموارد المائية المتجددة السنوية، أو المياه الزرقاء، أي الجزء من الهطول المطري الذي يتحول مباشرة إلى مياه سطحية أو تغذية للمياه الجوفية صالحة للاستعمال.

تبين المقارنة في الجدول (2) أن أقل من نصف الهطول المطري وفي بعض الأحيان نسبة قليلة منه حتى 10% تتحول إلى مياه سطحية وتغذية المياه الجوفية تصبح قابلة للاستعمال. ويختلف ذلك بالنسبة لحوض الفرات فنسبة المياه المتوفرة إلى كمية الهطول تكون أكبر بسبب كمية المياه الكبيرة المناسبة من تركيا إلى الجزء السوري. ولسوء الحظ فالمقارنة مع الأردن فإن حوالي 85% من مجموع الهطول تتبخر عائدة إلى الغلاف الجوي دون أن تصبح مياه زرقاء.

لقد وجد (Rockstrom et al 2008) أن عدداً من دول المتوسط بما فيها سورية، الجزائر، تونس، والمغرب لديها مياه خضراء كافية لإنتاج الغذاء اللازم لمواطنيها، ولكن معظم هذه المياه تضيع إنتاجيتها بسبب تقصير الإدارة.

إن هذه الفجوة الكبيرة في كميات المياه الضائعة يمكن تخفيضها من خلال إدارة أفضل للأراضي، ولسوء الحظ فإن إدارة الأراضي حالياً لا تعتبر جزءاً من إدارة المياه. على الرغم من أن الإدارة المتكاملة للموارد المائية (IWRM) عرفت كإدارة مشتركة للأراضي والموارد المائية (GWP 2000). وإذا كان بالإمكان تحويل المزيد من كميات الهطول، من مياه ضائعة بسبب التبخر إلى مياه منتجة فإن هذا سوف يقلل من حالة ندرة المياه بشكل ملحوظ، ويزيد من كمية المياه المنتجة.

الجدول 2: كمية المياه الكلية المتوفرة سنوياً لكل من المياه الخضراء والزرقاء في كل حوض رئيسي.

اسم الحوض	مجموع الهطول الحجم مليون م <sup>3</sup>	المياه السطحية المتاحة مليون م <sup>3</sup>	المياه الجوفية المتاحة مليون م <sup>3</sup>
حوض اليرموك	1930	180	267
حوض بردى والأعوج	2295	12	838
حوض الساحل	4880	1557	778
حوض العاصي	8715	1110	1607
حوض البادية	9800	163	183
حوض الفرات وحلب	10658	7105	771
حوض البليخ والخابور	8494	788	1600

(مول 2004).

إضافة إلى قلة الاهتمام بالمياه الخضراء كمورد هام، فإن ندرة المياه هي نتيجة لعدم التوازن بين المياه المتاحة والطلب على المياه. يوضح الشكل (13) التوزيع الجغرافي للمياه المتاحة والذي لا يتناسب مع توزع السكان. تقدر كمية المياه الزرقاء المتوفرة سنوياً في سوريا بـ 16.000 مليون متراً مكعباً، أي بمعدل 800 م<sup>3</sup> لكل شخص سنوياً.

واستناداً إلى الكثافة السكانية، فإن مختلف أحواض الأنهار تبتعد بشكل ملحوظ عن هذا الرقم فعلى سبيل المثال: إن حوض دمشق يملك أقل من 5% من إجمالي كمية مصادر المياه في القطر، بينما يشكل عدد سكانه نسبة 30% من العدد الكلي للسكان في سوريا، من جهة أخرى إن حوض الفرات في سورية يشكل نسبة 60% من كمية مصادر المياه في سورية، بينما يأوي نسبة 31% فقط من عدد السكان.

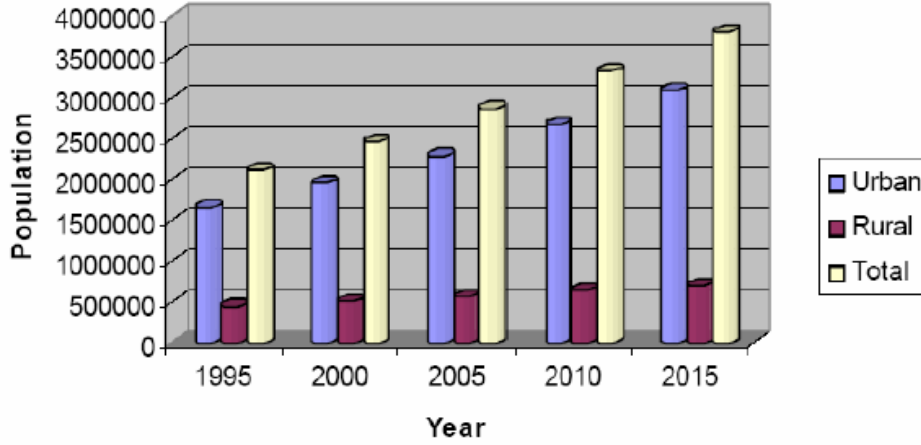
الجدول 3: يبين فجوة ندرة المياه الزرقاء لكل حوض رئيسي.

اسم الحوض	المجموع السنوي للموارد المائية مليون م <sup>3</sup>	المجموع السنوي لطلب على المياه مليون م <sup>3</sup>	الفجوة السنوية عام 2003 مليون م <sup>3</sup>
حوض اليرموك	484	527	- 43
حوض بردى والأعوج	1123	1335	- 212
حوض الساحل	1575	791	0
حوض العاصي	2872	2710	0
حوض البادية	234	129	0
حوض الفرات وحلب	8363	7777	0
حوض البليخ والخابور	2794	4559	- 1765

(مول 2004).

تشير التوقعات الاقتصادية والسكانية إلى نمو سريع للطلب على الماء في المستقبل وبالتالي فإن معظم الأحواض المائية ستصبح في دائرة الندرة المائية أو ستواجه عجزاً بين كمية المياه المتوفرة والطلب عليها.

وكما هو مبين في هذا التقرير في قسم التكيف أو الملائمة، فإن إدارة الطلب على المياه سوف يلعب دوراً متزايداً عند دراسة آثار التغيرات المناخية والضغطات الأخرى على قطاع المياه.



الشكل (14) التقديرات السكانية في سوريا (Mol 2004)

#### 4) تأثير التغير المناخي على مصادر المياه :

يؤثر التغير المناخي على مصادر المياه بعدة طرق وقد استنتجت الهيئة الحكومية للتغيرات المناخية (IPCC 2007) بأن جميع المناطق المدروسة من قبل لجنة IPCC بأنه سوف تتعرض لتأثير سلبي على مصادر المياه نتيجة التغير المناخي.

وحتى المناطق التي من المتوقع أن تتأثر ايجابيا من خلال زيادة كمية الهطول الكلية فإنها سوف تخضع للتأثيرات السلبية الناجمة عن زيادة تبديل الهائل المطري والانزياح الفصلي في الجريان السطحي وانعكاس ذلك على إمدادات ونوعية المياه ومخاطر الفيضان والجفاف.

ومن المتوقع فإن تبديل المناخ في المناطق شبه الجافة سوف يزداد في المستقبل مضيفا مزيدا من الضغط وعدم الدقة في إدارة المياه وبنيتها التحتية مثل الخزانات المائية ونظم نقل المياه وأنظمة الري وبصورة خاصة من فترات جفاف طويلة وشديدة وكذلك أيضا من الهطولات الغزيرة (العواصف المطرية) والجريانات السطحية الشديدة. ونتيجة لهذه التبدلية فإن إقليم المتوسط يدخر موارد مائية بكثرة في الأرض. وتبين تقديرات الأنظمة البيئية الطبيعية (MEA 2005)، إن ثلث المياه المستخدمة الآن في حوض المتوسط غير مستدامة بمعنى استنزاف المياه الجوفية.

إن إدارة الخزانات المائية يمكن أن تصبح أكثر تحدياً. لأنه غالباً ما يتطلب الأمر إجراء التوازن ما بين تخزين المياه من أجل فترات الجفاف وتفريغ تلك الخزانات قبل فصل الفيضان وذلك من أجل حماية جميع أشكال الحياة في المناطق الواقعة في اتجاه جريان الأنهار في الأحباس الدنيا. تصمم الخزانات المائية عادة لخرن كميات معينة من المطر وتبديل الجريان السطحي وهذا يتم عادة استنادا إلى معطيات قياس لفترة قصيرة فإذا ما ازداد التبديل الذي اعتمد في تصميم تلك الخزانات فإنها تصبح صغيرة جداً من حيث السعة لتحقيق الفائدة منها وخاصة الحماية من الفيضان. و سيكون لهذه التغيرات



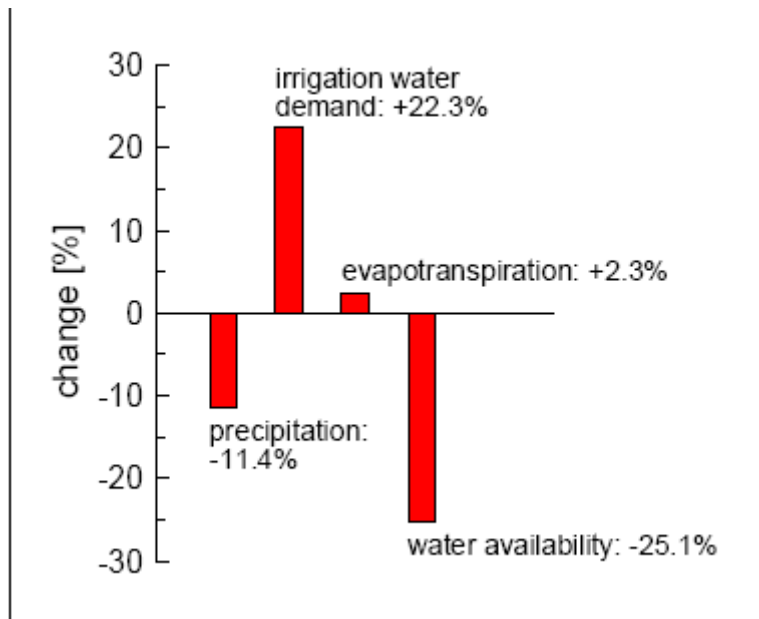
تأثير سلبي في طاقة المياه المنتجة حول المتوسط، وبسبب تغير المناخ فإنه من المتوقع أن طاقة المياه في جنوب أوروبا سوف تتناقص بنسبة 20 - 50% (IPCC 2007).

مظهر آخر لتغير المناخ أنه مصحوب بارتفاع مستوى سطح البحر الذي سوف يؤثر على إمدادات المياه مستقبلاً في جنوب شرق المتوسط، من خلال تسرب مياه البحر المالحة إلى الطبقات المائية الجوفية الساحلية مما سيزيد من تقاوم التملح الناتج عن الهبوط في مناسيب المياه الجوفية نتيجة الضخ الكثيف ومن تملح التربة والمياه الجوفية نتيجة الري .

قد تتأثر نوعية المياه بارتفاع درجة حرارة المياه (تخفيض نسبة تركيز الأوكسجين) وزيادة غزارة الأمطار، (غسيل الملوثات، زيادة في شدة الجريان السطحي في المناطق الزراعية والحضرية)، وزيادة في مياه المجاري)، وكذلك بفترات أطول من الجريان الأدنى (تمديد أقل للملوثات).

هناك أشكال متعددة لتلوث المياه مثل: الرسوبيات، والمواد الغذائية العضوية المنحلة، والكربون العضوي المنحل، وكذلك الجراثيم والمبيدات، والأملاح وكذلك فإن الملوثات الحرارية ستتفاقم أيضاً. وهذا كله سوف يؤثر على النظام البيئي والصحة البشرية وبدرجة الموثوقية بالمياه وتكاليف التشغيل. كما أن تعرية التربة يؤثر سلباً على قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء وعلى مخزونها من الماء مما يؤدي بالمقابل إلى التقليل من قدرتها على مواجهة فترات الجفاف والقحط للنباتات الزراعية والطبيعية. كما أن تعرية التربة يقود أيضاً إلى ازدياد الترسبات في الأحباس الدنيا من مجاري الأنهار والخزانات المائية مما يؤدي إلى ضياع سريع في حجم التخزين.

إن الطلب على الماء وبشكل خاص في مجال الري للمحافظة على الزراعة وإنتاجية النظام البيئي، سوف يزداد مع ارتفاع درجات الحرارة حيث يكون الطلب الأعلى تحت تأثير التغيرات المناخية لمنطقة المتوسط بفترة تكون فيها نسبة الهطولات منخفضة، أو معدومة.



الشكل (15) محاكاة لتغير الطلب على مياه الري لحوض الأردن (Menzel et al 2007).  
ومركبات أخرى للتوازن المائي

وبالمثل إن الضياع بسبب التبخر من المسطحات المائية المكشوفة وبشكل خاص الخزانات المائية سوف يزداد بارتفاع درجة الحرارة.

#### 1-4) الموارد المائية والتأثيرات المناخية في سوريا:

استناداً إلى ما تم ذكره في المقطع أعلاه، فإن عدداً من أحواض الأنهار في سورية تعاني من ضغوط شديدة على المياه إضافة إلى الاستغلال الجائر لموارد المياه الجوفية والذي يفوق الاستثمار الآمن (معظمها لتلبية الطلب على مياه الري). كما أن بعض مصادر المياه السطحية تستثمر إلى مستوى يفوق توفير الجريان اللازم للمحافظة على البيئة، ومن المتوقع أن تزداد هذه الحالة سوءاً مع تبدل المناخ وبالتوافق مع قوى مؤثرة أخرى ( وخاصة الطلب المتزايد على المياه).

وإن هناك حاجة إلى إجراء مزيد من أعمال الحصر التفصيلية لكل حوض من الأحواض، وللمدن وللمناطق الري.

ومن التأثيرات الأخرى للتغيرات المناخية على توفير المياه تلك المرتبطة بارتفاع درجة الحرارة التي سوف تسبب قلة الهطولات الثلجية وذوبان مبكر للثلوج. لذلك توجد حاجة ملحة لإعادة تصميم البنى التحتية بغية التقليل من نسب الضياع في تخزين المياه الطبيعية ومن الثلوج.

إذ أن تأمين المياه ومدى قابليتها في بعض الأحواض يعتمد على الغطاء الثلجي في فصل الشتاء وتخزين كمية كافية من مياه الثلوج وإطلاقها بشكل تدريجي في فصل الربيع.

وبهدف حصر تأثير التبدلات المناخية في هذا المجال فإن هذا الأمر يتطلب توفير معلومات إضافية عن مخزون المياه الثلجي وتحديد هيدروغراف نوبان الثلج المغذي للأنهار في سوريا وفي حال توفر معلومات أكثر عن مخازين المياه في الخزانات المائية في سورية. فإنه يمكن إجراء بعض التقييمات الأولية للتبديل اللازم في الإدارة و/أو الحاجة لطاقة تخزينية إضافية للمياه لمواجهة النقص الناتج عن التغيرات المناخية.

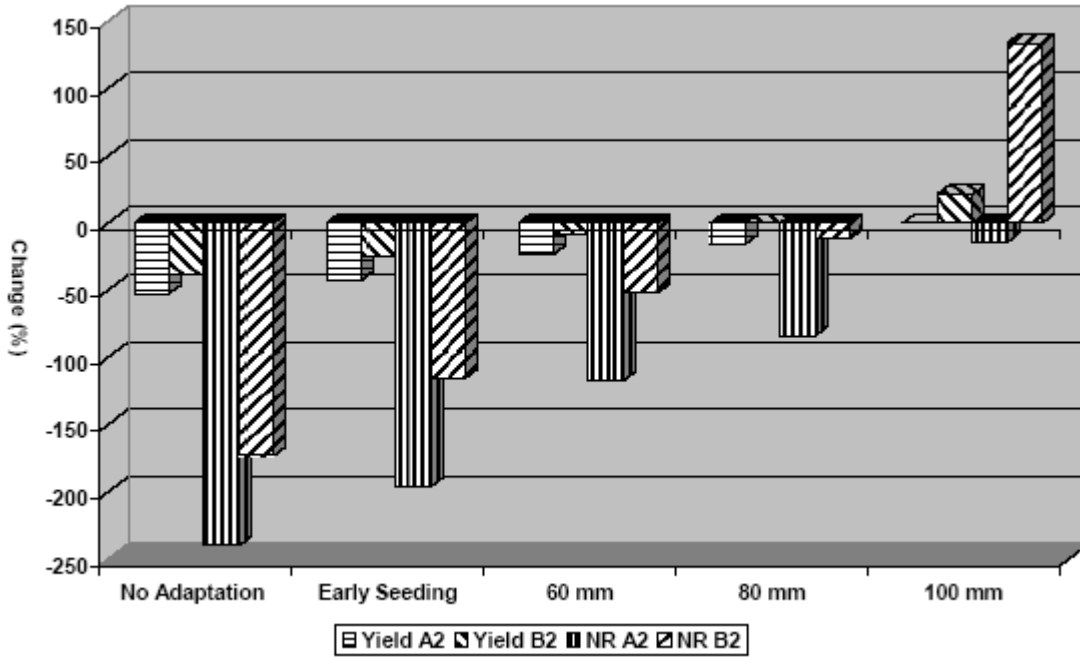
وإذا كان هناك المزيد من المعلومات المتوفرة عن الاتفاقيات مع الدول الحدودية، مع تركيا - العراق - الأردن فإنه يمكن حصر التعديلات الضرورية للتكيف مع التغيرات المناخية.

إن معظم هذه التقييمات يمكن أن تُتجزأ بشكل سريع. إذا كانت المعلومات اللازمة متوفرة، باستخدام (WEAP) برنامج تقييم المياه وأدوات التخطيط لها الذي جرى تطويره من قبل معهد البيئة السويدي (SEI; see: [www.weap21.org](http://www.weap21.org)). وبوجود محاكاة أكثر تفصيلاً لإدارة المياه الجوفية تحت تأثير تغير المناخ قد تكون ممكنة باستخدام نموذج (WEAP-Modflow coupled) الذي طور من قبل معهد البيئة في ستوكهولم (SEI) والمركز العربي لدراسة المناطق الجافة والراضي القاحلة أكساد لطبقات صخرية مائية (حاملة للمياه) مختارة في سورية.

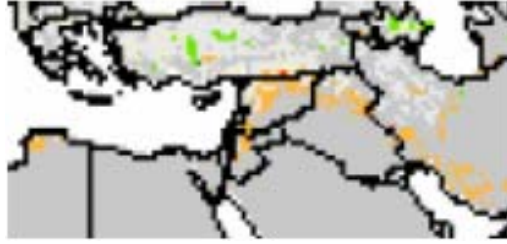
### 5) تأثير التغيرات المناخية على الزراعة:

إن التغيرات المناخية يمكن أن تؤثر على الزراعة بعدة طرق، فعلى سبيل المثال من خلال أعلى معدلات سجلت لدرجات الحرارة العظمى، والنقص في الكمية الكلية للأمطار والزيادة في الطلب على الماء في الزراعة المروية والبعلية، وزيادة عدم ضمان كميات الهطول، وطول فصل الأمطار، وآثار الجفاف والفيضانات.

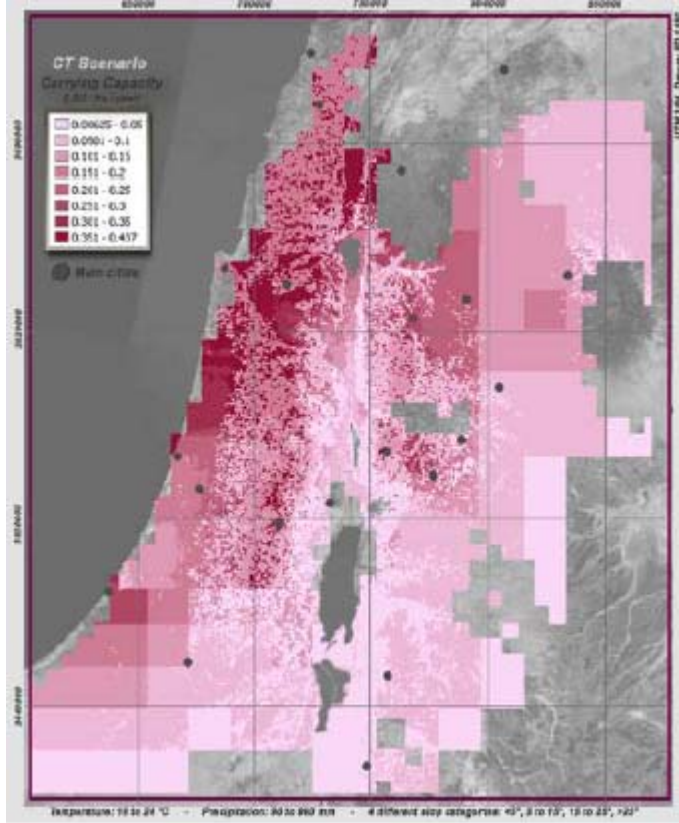
وفي حين أن تأثير التغيرات المناخية على الزراعة على حد علمي لم يتم حصرها بعد في سوريا. فإن هناك حصر أولي لبعض النشاطات الزراعية مثل المراعي والزراعة البعلية والمروية في دول أخرى في شرق المتوسط وحتى في جميع أنحاء المنطقة .



الشكل (16) GLOWA JR: محاكاة التغيرات في مردود محصول القطن من خلال عدة سيناريوهات مناخية مختلفة وخيارات التكيف (Haim et al 2007). "البذار المبكر وتطبيق كميات مختلفة من مياه الري"

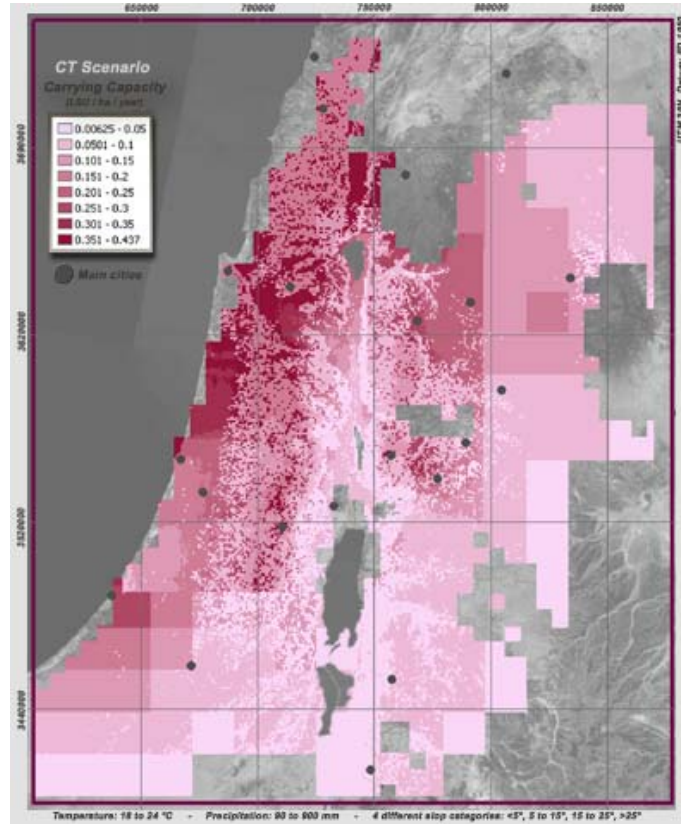


الشكل (17) : التأثير على مياه الأمطار للتغذية في مجال الزراعة في شرق المتوسط من خلال التغيرات المناخية.



الشكل (18) GLOWA JR محاكاة زيادة طاقة الرعي تحت تأثير التغيرات المناخية.

يعتبر الري (السقاية) مقياساً ملائماً دائماً أو مؤقتاً لندرة المياه، وعلى أية حال، فإن لإقليم المتوسط وبشكل دائم أعلى حساسية معروفة للري في العالم، (Siebert et al 2007). وأعلى حصة مائية للزراعة ( أنظر البند 20 )، وفي الغالب تستخدم موارد المياه الزرقاء كلياً وحتى توجد مبالغة في استخدامها. وعليه توجد إمكانية محدودة جداً لتأمين مياه إضافية للري، ومن زاوية المياه الزرقاء لأن التناقص المتوقع للمياه المتاحة للزراعة سوف يزيد أكثر الفجوة بين إنتاج الغذاء والطلب عليه. وهكذا توجد حاجة ملحة لتكيف في قطاع، وذلك لتوقع حدوث آثار متطرفة لتغير المناخ، عبر مجموعة من مقاييس العرض والطلب. ( أنظر البند 8 ).



الشكل ( 19 ) يبين تقديراً لتناقص الغلال الممكن مع التكيف أو بدون ذلك.

الشكل (19) النسبة المئوية للتغير في غلة المحاصيل في مصر والدول المشابهة معتمداً على مستوى التكيف، نموذج (HadCM3) وعدد من نماذج قطاع الزراعة، من أجل سيناريو (555 ppm CO<sub>2</sub>) (ضعف المستوى الذي سبق عصر الصناعة) (Rosenzweig et al 2007).

المستوى الأول للتكيف : نفترض في هذه الدراسة تكاليف إضافية صغيرة للمزارعين وليس تغييراً للسياسة، مثل انزيحات بسيطة لمواعيد الزراعة، التنوع والمحصول، والمياه المخصصة لري المحاصيل.

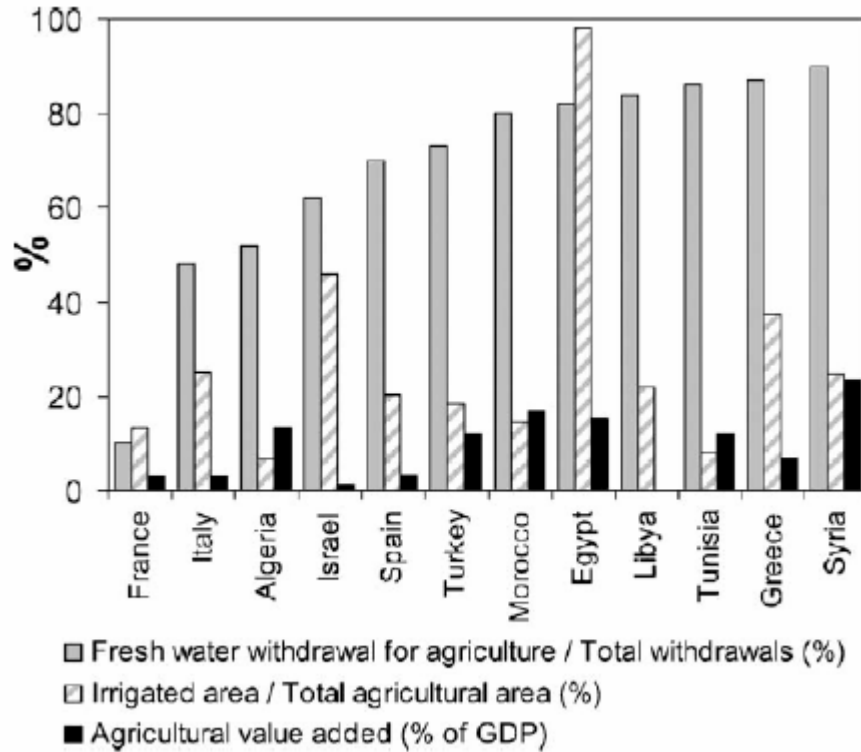
المستوى الثاني للتكيف: يقتضي درجة أعلى للتكيف مع تكاليف إضافية متميزة للمزارعين، مثل انزيحات في مواعيد إنتاج المحاصيل، زيادة استعمال الأسمدة، إقامة أنظمة الري، وتنمية نوعيات جديدة، و/أو تغييرات في السياسات.

ومن الملاحظ أن الفوائد المفترضة من زيادة نسبة تركيز CO<sub>2</sub> في الهواء الجوي (تأثير CO<sub>2</sub> كسماد للتربة، الذي يؤدي إلى زيادة كفاءة استعمال المياه، وهذا يعني زيادة الغلال مع احتياجات للمياه أقل)، وقد أثبتت ذلك التجارب، وربما لا تتجسد بالمقاييس الريفية. بسبب تفاعل عوامل أخرى، مثل ازدياد درجات الحرارة، تزايد درجات الحرارة الملائمة للمحاصيل، النمو السريع للأعشاب الضارة التي تشارك المحاصيل في المياه.

أجرى (Cline 2007) حساباً لنقص الإنتاجية الاقتصادية الزراعية بسبب تغير المناخ مستخدماً " تقديرات مجمع عليها " لمناخ المستقبل من أجل 6 نماذج مناخية عامة، وبتطبيق هذا المناخ المجمع عليه، لمجموعة من نماذج المحاصيل، وعلى ذلك تم تقدير آثار التغيرات المناخية في درجات الحرارة والهطول على الإنتاج الزراعي. ولإنتاجية إقليم المتوسط فإنها تتناقص بنسب 10 - 20% كما حسبت حتى عام 2080 بسبب تغير المناخ. ومن أجل سورية ( وبتقدير الناتج الزراعي بـ 4.945 مليون دولاراً )، فقد حسب تناقص في الإنتاج الزراعي بين 15 - 30% حتى عام 2080.

تميزت سورية بتخصيص نسبة كبيرة من المياه للزراعة، وفي الوقت نفسه تميزت بانخفاض إنتاجية المياه المخصصة للزراعة.

وتعتبر سورية من أكثر دول البحر المتوسط التي تخصص أعلى نسبة من مخصصات المياه (المياه الزرقاء) للري والزراعة (بنسبة 88%) مقارنة بدول المتوسط.



الشكل (20) يبين مخصصات المياه للزراعة في مختلف دول المتوسط (Iglesias et al 2007).

تبين الإحصائيات السورية الزراعية (في عام 2005) أن المناطق الزراعية المروية تغطي حوالي 1,425 ألف هكتاراً (أكثر من ضعف المساحات المروية منذ عام 1990) من مجموع الأراضي القابلة للزراعة [والبالغة 5,932 ألف هكتاراً]، منها 1,258 ألف هكتار من المحاصيل الزراعية و 167 ألف هكتار أشجار. وهناك 8,266 ألف هكتاراً من الأراضي الجرداء والمراعي وإن حوالي 80% من هذه المساحة تروى بواسطة الآبار التي تضخ في كثير من الأحيان بكميات تفوق التصريف الآمن لها ،

وتمثل كمية الخضار غير المروية نسبة أقل من 10% من الكمية الكلية للخضار المزروعة في سورية. وتمثل المحاصيل غير المروية نسبة 25% من مجموع المحاصيل. وكذلك تمثل أشجار الفواكه غير المروية نسبة أقل من 45% من الكمية الكلية لأشجار الفواكه.

إن التطور السريع للري يمكن أن يفسر كمقياس للتكيف مع التقلبات المناخية وندرة المياه، وقد ساهم بشكل قوي في تحسين الإنتاج الزراعي. على أية حال، وفي الوقت نفسه، إن هذا النمو السريع في الري قد زاد من احتمال قابلية ظهور ندرة المياه في المستقبل لأن الزراعة المروية، التي تختلف عن الزراعات البعلية التي تروى بمياه الأمطار بكونها تتنافس مباشرة على المياه مع القطاعات الأخرى وبشكل خاص الطلب وخاصة للاستخدامات المنزلية. إن نتيجة التقدير الواسع القديم لإدارة المياه في الزراعة (CA 2007) بينت أن جزءاً كبيراً من الطلب الإضافي على الغذاء في المستقبل تجب مواجهته بتحسين تغذية الهطول للزراعة، وهذا يمكن أن يؤمن لسورية ولأقسام كبيرة أخرى من إقليم المتوسط.

تم تجهيز فقط 159 ألف هكتار من جميع الأراضي المروية، البالغة (1.425 ألف هكتاراً) بطرق الري بالرش وحتى بنسبة أقل من (84 ألف هكتار) بواسطة الري بالتنقيط. وبالتالي فإن أكثر من 80% من المناطق المروية كاملة مازالت تستخدم وسائل الري السطحية التقليدية التي تتميز بنسبة منخفضة جداً من الكفاءة في استعمال المياه. وتقدر الفوائد من قنوات الري العامة المكشوفة بمعدل 10-60%. وعلى الرغم من أن هذه الفوائد يمكن أن تسترد من خلال تغذية المياه الجوفية، أما الفاقد بسبب التبخر فإنه لايتوفر من أجل تحديد الموازنة المائية لسورية.

كما أن النظام الحالي لتسعيرة مياه الري لا تشجع على توفير المياه، لأنها تعتمد على المساحة وليس على استهلاك المياه الفعلي. وبشكل عام فإن الكفاءة المنخفضة في استعمال المياه والانتاجية المائية في مجال الزراعة تشكل تحدياً كبيراً لمستقبل إدارة المياه، وبشكل خاص تحت تأثير تغير المناخ، ولكنها في الوقت نفسه تتيح إمكانية كبيرة للتحسن. وترجم إدارة الطلب في تراجع فقدان المياه غير المنتجة (التبخر)، وتكامل إدارة المياه الخضراء والزرقاء، بطريقة ما، وهذا يتمثل في الخطط الخمسية السورية، والتي تتطلب وجود " خطة وطنية شاملة للاستخدام المتكامل لموارد المياه المتاحة ". وهذا يمكن أن يفسر كمطلب لإدارة متكاملة لجميع حقوق المياه من المنبع أي الهطول.

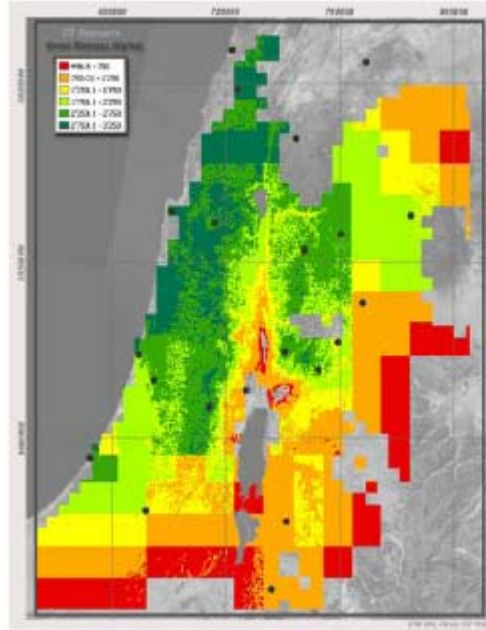
بما أن التغيرات المناخية تشكل تهديداً رئيسياً لتحقيق الإدارة المستدامة للمياه والأراضي، وكذلك للتنمية المستدامة فهي أيضاً تشكل فرصة مناسبة لتطبيق إجراءات أخرى مطلوبة للتكيف (انظر الفصل الثامن) والتي تواجه صعوبات في أخذها بعين الاعتبار حتى الآن. فتغير المناخ يمكن أن يقدم نموذجاً جديداً للزراعة والتنمية، أكثر من التغيرات الكمية على مدى المسار السابق.

## 6) تأثيرات التغيرات المناخية على الأنظمة البيئية الأرضية والمائية:

بناءً على رأي الهيئة الدولية للتغيرات المناخية IPCC فإن نوع الأنظمة البيئية في منطقة المتوسط ( وكذلك في استرالي وجنوب أفريقيا وأجزاء من أمريكا ) تعتبر أكثر الأنظمة البيئية تأثراً وحساسية لتغير المناخ، مثل زيادة القحولة والجفاف و آثارها (IPCC 2007)، وإذا ما أخذنا بعين الاعتبار مستوى ومعدل القحولة الوارد في الفقرة السابقة فإنه من غير المحتمل للنظم البيئية في منطقة المتوسط أن تكون قادرة على التكيف الطبيعي مع تغير المناخ، كما هو مطلوب في المقطع (2) من الاتفاقية الإطارية الدولية للتغيرات المناخية UNFCCC.

وتأتي في المرتبة العليا للتغيرات المناخية فإن الأنظمة البيئية الأرضية والمائية، تخضع إلى سلسلة من الضغوطات الأخرى التي تسيء إلى بنيتها ووظيفتها، والخدمات التي يوفرها النظام البيئي. ومن المؤثرات الأخرى للتغير في الأنظمة البيئية في شرق المتوسط تبدل استعمال الأراضي مثل الرعي الجائر ، التوسع الحضري ، الحرائق، والتلوث.

وسوف تزداد مع الوقت ضغوطات تغير المناخ على الأنظمة البيئية ، وقد بينت MEA لعام 2005 أنه حتى نهاية هذا القرن، فإن تغير المناخ وتأثيره يمكن أن يكون السبب الدائم لفقدان التنوع الحيوي والتغير في خدمات النظام البيئي.



الشكل (21) محاكاة التغيرات في إنتاج الكتلة الحيوية في شرق المتوسط الناتجة عن تغير المناخ. GLOWA JR (21)

إن التغيرات في الأنظمة البيئية للأراضي الجافة وما ينجم عنها من تدهور وتصحر يمكن أن يؤثر على الدورة العامة للمياه (الدورة الهيدرولوجية) وبالتالي في توفر المياه ، بالإضافة إلى الكربون الممتص من قبل النبات.

يعد التصحر أو تدهور الأراضي الجافة ظاهرة معقدة تستلزم تغيرات تبادلية بين النبات والتربة وتوفر المياه والمناخ المحلي. إن مكافحة التصحر، وإعادة تأهيل خدمات الأنظمة البيئية للأراضي



الجافة والتكيف المناخي يتطلب التعاون من خلال الإدارة المتكاملة للمياه والأراضي. وبالتالي هناك فرصة للاهتمام باتفاقيات الأمم المتحدة المعنية بالمناخ والتصحر (ومن الممكن CBD أيضاً) معاً. وإذا كان الجذب (الجفاف) على رأس التغيرات المناخية المتوقعة في شرق المتوسط، فقد تم إدخال نباتات عطشى للمياه ، عن طريق التشجير (لأن الغابات تتميز بكفاءة عالية في استخدام مياه الأمطار). وبالتالي فإن القليل من المياه يمكن أن يتبقى في الحوض الصباب للجريان السطحي ولاستخدام آخر غير النظام البيئي.

إن تدهور النظام البيئي المائي المستمر في إقليم شرق المتوسط، من خلال ازدياد التلوث والضخ الجائر من المياه الجوفية ، سوف يستفحل نظراً لأن المناخ سوف يؤدي إلى حدوث نقص كبير في الجريان المائي ، وبشكل خاص في الأوقات الحرجة من الجريان الأدنى. وفي هذا السياق فإن متطلبات الجريان اللازم للحفاظ على الأنظمة البيئية المائية لم يتم الاعتراف بها قانونياً أو عملياً في أي مكان في الإقليم.

إن تقييم تأثير التغير المناخي يتطلب توفير مزيد من البيانات والإحصائيات على المستوى الوطني. عن النظام البيئي وتغير استعمالات الأراضي في سورية.

#### (7) المضامين السياسية "الخطة":

من المتوقع أن يؤدي تغير المناخ إلى زيادة الضغوطات على الموارد المائية والتدهور البيئي في منطقة شرق البحر المتوسط إضافة إلى الضغوطات الأخرى كالنمو السكاني والتنمية الاقتصادية والتوسع الحضري والنقص في التعددية الاقتصادية .

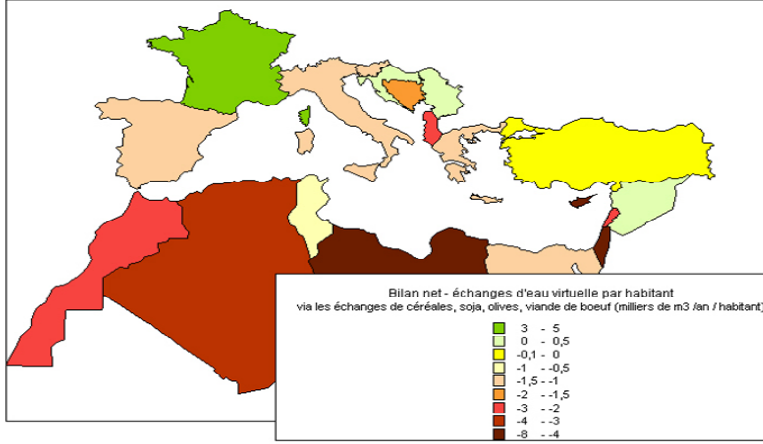
من المعروف على نطاق واسع، أن الفقراء هم الأكثر عرضة لتأثيرات تغير المناخ، خاصة في المناطق الريفية حيث يعتمدون بقوة على الموارد الطبيعية مثل الماء و النبات. في حين أنهم وفي الوقت نفسه لايتوفر لديهم أقل الوسائل للتكيف. أما في المناطق الحضرية فيعيش الفقراء عادة في المناطق الهامشية أو بطروف سكنية أكثر عرضة للفيضان والجفاف والحرارة إلخ... وبالتالي فإن مقاييس التكيف يجب أن تتناسب مع الاحتياجات المعيشية من وجهة نظر الفقراء. يحتاج التكيف مع المناخ لوضعه في سياق مشاريع التنمية.

تحتاج إدارة المياه والأراضي والسلطة ، لأن تكون أكثر قوة وقدرة على الاحتمال لمدى واسع من التغيرات الكامنة والاضطراب، بشكل جزئي حالات الجفاف ودورات الجفاف، لتكون على مستوى بقاء قلة الثقة في توقعات المناخ. معلومات المناخ المتوفرة حتى الآن ليست كافية للوصول إلى براهين مناخية موثوقة، تغطي التقصير في احتمالية المعلومات.

إن الماء والزراعة هي المفتاح لجميع مجالات التكيف، وإن الإدارة المتكاملة للموارد المائية (IWRM) تشكل إطاراً مناسباً للتكيف مع المناخ. وبشكل جزئي إذا تم التوسع في إدارة العرض

والطلب للمياه الزرقاء، بما في ذلك المياه الخضراء وإدارة الأراضي والتخطيط الخاص للزراعة، والحفاظ على الاستراتيجيات البيئية. كما يمكن أن يحمل تكامل إدارة الأراضي والمياه إمكانية كبيرة لتخفيض ضياع المياه غير المنتجة، لتحسين إنتاجية المياه. والاستفادة المسبقة من موارد المياه غير المتاحة " مثل حصاد المطار ". وبناء القدرات مطلوب في جميع أقاليم الأراضي الجافة، ولزيادة الوعي للدور الهام الذي يمكن أن يلعبه استعمال الأراضي للتكيف مع المناخ، ومع ندرة المياه في المستقبل. ومن الأمور المرتبطة في هذا الموضوع، إنتاج الوقود الحيوي كوسيلة لمواجهة تغير المناخ. حيث زاد الاهتمام بإقامة مزارع إنتاج الوقود الحيوي كحلٍ لتلبية الطلب المتنامي على الطاقة، وبدون زيادة في تركيز غاز CO<sub>2</sub> في الغلاف الجوي، بالشكل الذي يؤدي إليه استخدام الوقود الأحفوري. غير أن منطقة شرق المتوسط تبدو ذات إمكانية محدودة جداً لزراعة مساحات مخصصة بنباتات كهذه، التي تزيد الضغوط على ندرة المياه، وتزيد من التنافس للطلب على المياه والأراضي لإنتاج الغذاء ولكن للامتداد السريع للمدن. وعند تقييم خيارات الوقود الحيوي ( أو عزل الفحم - الكربون ) للتخفيف من تغير المناخ ، فإن مفهوم خدمات النظام البيئي ( أنظر 2005 MEA ) يمكن أن تكون مساعدة جداً، حيث تسمح بالمقارنة الكمية بين مختلف أساليب استعمال الأراضي والمياه وإجمالي خدمات الأنظمة البيئية الناتجة. وفي هذه الحالة فإن كمية المياه المطلوبة وتكاليف الفرص المتاحة لزراعة الوقود الحيوي ( أو إعادة التحريج لعزل الكربون - من الممكن أن ترتبط بالتنمية النظيفة ( CDM ) يجب أن تقارن مع الاستعمالات المختلفة للأراضي والمياه، وبشكل خاص لإنتاج الغذاء. وكمثال هذا يمكن أن يتضمن إمكانية إعادة تأهيل التربة المتدهورة، والأراضي الهامشية مع المساحات الصعبة لإنتاج الوقود الحيوي، مثل الجاتروفا ( Jatropha ).

الاستيراد العملي للمياه، حيث يتم من خلال ذلك تخفيض الطلب على المياه المحلية للزراعة ويصبح هذا مفتاح السياسة في إقليم المتوسط. وفي الحقيقة فإن مفهوم " المياه المستوردة " قد تطور أساساً في سياق زيادة ندرة المياه في شرق المتوسط (Allan 2001). بين (Yang et al 2007) أن ازدياد الاهتمام بإقليم المتوسط خلال العقدين الماضيين ارتبط تماماً بتفاقم ندرة المياه. وهكذا فإن استيراد مصر للحبوب مثلاً وفر على الأقل 3600 مليون م<sup>3</sup>/سنة من موارد المياه المحلية. ونجد أن المياه العملية الصافية المستوردة للأردن وفلسطين الآن تتجاوز موارد المياه المحلية بعدة نسب مئوية ( Haff et al 2006)، وخلال مدة ليست طويلة فإن هذه الدول قد لا تكون قادرة على الاكتفاء الذاتي من إنتاج الغذاء، بسبب تفاقم ندرة المياه. وقد تصل الدول الأخرى في المتوسط إلى هذه الحالة قريباً، على أية حال، فإن ندرة المياه تتفاقم بشكل واسع في الإقليم. وهكذا فإن التجارة العملية للمياه في الإقليم تشكل مصلحة نسبية لكل دولة وتحمل إمكانية كبيرة للتعاون الإقليمي. أما الآن فإن معظم السلع الزراعية ( والمياه الفعلية المحلية ) تستورد من الولايات المتحدة الأمريكية أو أوروبا. وتوجد إمكانية الاستيراد من الدول ذات الغنى النسبي بالمياه في الإقليم مثل لبنان أو سورية.



الشكل ( 22 ) صافي تدفق المياه العملية لدول المتوسط.

على أية حال، فإن الدول يمكن أن تكون لديها حاجة خطيرة لاختبار الصادرات الحالية للمياه العملية وذلك لتكاليفها الاقتصادية وفوائدها ( أنظر مثلاً إجمالي صادرات المياه العملية في تونس مع الحبوب واللحوم، البند 23، التي تتجاوز إجمالي المياه المتوفرة ). إن مفهوم خدمات النظام البيئي يمكن أن يوجه المقارنات الاقتصادية لإنتاجية المياه في استعمالات الراضي المختلفة.

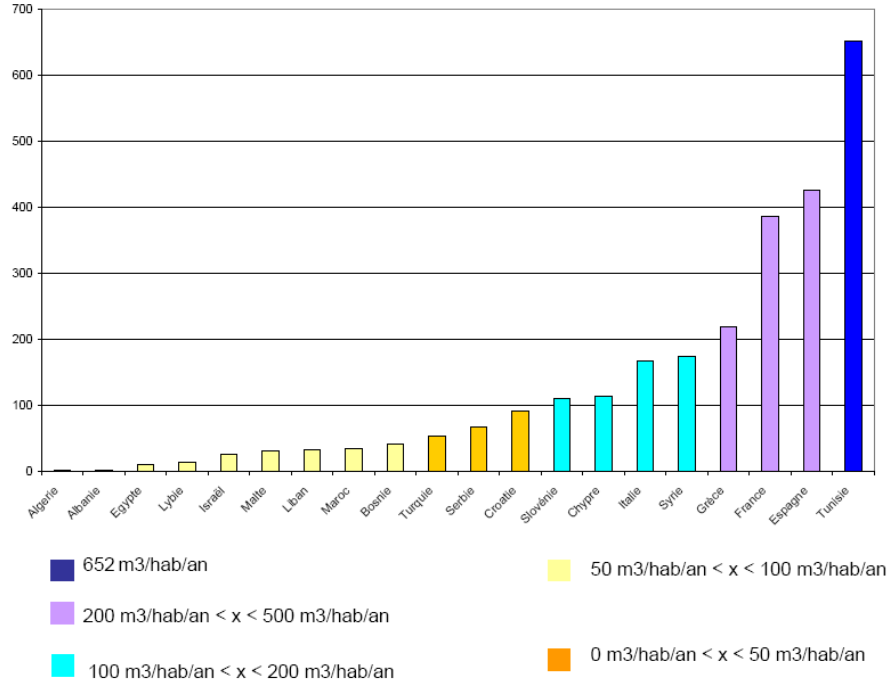


Figure 3- Exports d'eau virtuelle, par habitant, via les échanges de céréales, soja, olives, produits spécifiques et viande bovine (Données source : FAO)

الشكل ( 23 ) تدفق المياه العملية لدول المتوسط المرتبطة بصادرات الحبوب واللحوم.

إن الإدارة المتكاملة للأراضي وللمياه (الخصراء و الزرقاء) توفر إمكانيةً كبيرةً لتخفيض الضياع في كميات المياه غير المنتجة، وتحسين إنتاجية المياه، والاستفادة من مصادر المياه المختلفة (وبشكل خاص من خلال حصاد مياه الأمطار) وتخفيف الضغط على المياه تحت الظروف المناخية الحالية وفي المستقبل.

إن العلاقة الوثيقة بين المياه والأراضي والزراعة والأنظمة البيئية والقطاعات الأخرى، (مثل الصحة والسياحة والبنية التحتية) سوف تكون مهمة، ليس فقط لتوجيه التكيف مع المناخ في مختلف الأنشطة القائمة والجديدة ضمن كل قطاع، ولكن للوصول إلى مستوى جديد من التنسيق بين القطاعات، لتجنب سوء التكيف عند التركيز على هدف واحد فقط ( أنظر مثال الوقود الحيوي أعلاه ).

وكخطوة أولى، يمكن أن يتم تبادل البيانات المناسبة والمعلومات بين المؤسسات الرئيسية في كل قطاع. إن مفهوم خدمات النظام البيئي كما تم توضيحها في ( MEA 2005 )، تتضمن القيمة الاجتماعية الخاصة، وحساسية الماء بالنسبة للمجتمع، والتي يمكن أن تساعد في تكامل القطاعات المختلفة والمقاربات الإدارية ( مثل، IWRM صيانة الزراعة، الإدارة المتكاملة للغابات، السياحة، البيئة .. الخ ) وتطوير نظام حوافز للاستعمال المستدام للأراضي والمياه. مثل تخصيص ودفع اموال لخدمات النظام البيئي.

وهناك مؤسسات عديدة في سورية يمكن أن تساهم في تقييم حساسية تأثير المناخ والاتجاهات السائدة لتكيف المناخ من خلال نشاطاتها الخاصة (على المستوى الوطني) كوزارات البيئة والمياه والري والزراعة والتخطيط والمالية والمديرية العامة للأرصاد الجوية ومراكز الأبحاث مثل إيكاردا وأكساد (ACSAD, ICARDA). ويجب إتمام هذه القائمة من قبل الشركاء السوريين.

إن تطبيق المنهجية المتكاملة لتكيف المناخ كما ذكرت أعلاه وبشكل خاص الإدارة المتكاملة للمياه والأراضي عبر القطاعات تقتضي وجود مستوى جديد من التعاون بين مختلف الوزارات، و هيئات الأبحاث ومؤسسات أخرى.

ولقد اتخذت خطوات هامة نحو تطبيق النهج التشاركي في إدارة مصادر المياه مع التشريع الجديد للمياه وتأسيس جمعيات مستخدمي المياه، و هذا ضروريٌ بشكل خاص في إدارة المياه على مستوى الحوض.

إن منهجيات التكامل في أحواض الأنهار ينبغي أن توسّع أيضاً لتشمل إدارة الموارد المائية المشتركة السطحية والجوفية، مثل الأخذ بالاعتبار أن سورية تحصل على حوالي 36% من مصادرها المتجددة سنوياً من نهر الفرات و 7% من دجلة (Tigris) . وأحواض النهار أخرى مثل العاصي واليرموك وهي أنهار مشتركة أيضاً. إن تأثير تغير المناخ لا ينحصر فقط ضمن الحدود الوطنية

وإن التفاؤل الحقيقي للإنتاجية المائية لا يمكن الوصول إليه إلا من خلال التوصل إلى اتفاقيات لإدارة المياه المشتركة وتوزيع حصص المياه ، والذي يبدو أنه صعب المنال بسبب المعوقات السياسية.

على أية حال فإن معظم اتفاقيات المياه المشتركة أو العابرة للحدود بدأت تأخذ التغيرات المناخية بالحسبان، لكي تتجنب النزاعات نتيجة زيادة تكرار وقساوة الجفاف. ولا بد من توفر المزيد من المعلومات عن اتفاقيات المياه المشتركة القائمة أو قيد التخطيط وذلك لتقييم إمكانية تضمين التغيرات المناخية.

يمكن القول بشكل عام، إن منحنى القياسات الحالية المناسبة لتقلب المناخ تساعد أيضاً للتكيف مع المناخ مستقبلاً. إن منطقة شرق المتوسط لها خبرة طويلة في التكيف مع التقلبات المناخية وندرة المياه، هذا وعملت على تطوير إجراءات واستراتيجيات وخطط لعقود أو قرون إن لم تكن للألفية. إن هذه المعرفة يجب جمعها وتوفيرها لكافة أنحاء الإقليم لمواجهة الأخطار المناخية في المستقبل. وكمثال على تجميع نظامي لأفضل التجارب كهذه ( ليس فقط للتكيف مع المناخ، ولكن من أجل صيانة معايير الراضي والمياه، فإن قاعدة بيانات WOCAT والتي تضم عدداً من التجارب الناجحة لسورية، انظر مثلاً الشكل التالي:



### Furrow-enhanced runoff harvesting for olives

استغلال أثلام الفلاحة لحصاد المياه في بساتين الزيتون - Syria

**Runoff harvesting through annually constructed V-shaped microcatchments, enhanced by downslope ploughing.**

The Khanasser Valley in north-west Syria is a marginal agricultural area, with annual rainfall of about 220 mm/year. Soils are shallow and poor in productivity. The footslopes of degraded hills are traditionally used for extensive grazing or

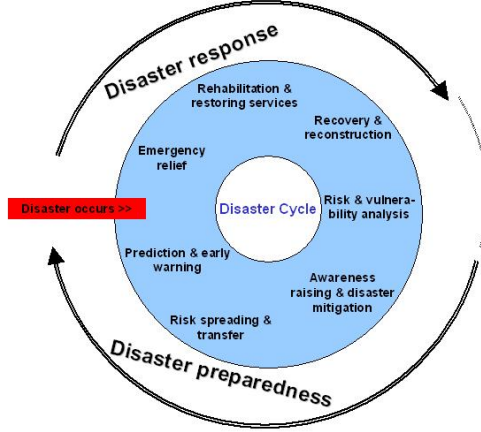
**left:** Runoff harvesting for olive trees by up-and-down tillage (by tractor) and V-shaped microcatchments (dug by hoe) in a semi-arid area, Khanasser Valley, Aleppo, Syria. (Francis Turkelboom)

**right:** Runoff is collected in micro-basins around each tree. The V-shaped bunds extend to the left. Stone mulching – as a supportive measure – further enhances moisture conservation by reducing evaporation (see picture in related approach). (Francis Turkelboom)

الشكل ( 24 ) مثل سوري من قاعدة بيانات WOCAT للإدارة المتكاملة للأراضي والمياه.

يطبق أيضاً مبدأ عام آخر للتكيف مع المناخ، مأخوذ من إدارة الكوارث، وعلاقتها بالزيادة المتوقعة لحدة الجفاف: في مقام فعالية التكيف وإدارة الخطر النظامية بشكل طبيعي فإنها ذات تكلفة أكثر فعالية من إدارة الحوادث المفاجئة وإدارة الأزمات. فعالية إدارة الخطر للحوادث المتطرفة ذات العلاقة بالمناخ مثل حالات الجفاف، يجب أن تأتي كفعالية متواصلة عبر ما يسمى " دورة الكوارث" أنظر

الفقرة 25، أكثر من الاستجابة كردة فعل للحوادث المتطرفة و الكوارث. إن التجارب القائمة متضمنة تمويلاً قد يكون غالباً غير مشجع على الاستعداد " التحضير " وإعادة البناء.



الشكل ( 25 ) دورة الكوارث. (Hoff et al 2004).

وعلى الرغم من التحديات الكبيرة بأهمية زيادة الوعي العام حول الآثار الممكنة للمناخ في المستقبل والحاجة للتكيف بفعالية مسبقة. فإن تغير المناخ والضغوطات الهائلة التي ستراافقه، يمكن أن توفر فرصة أيضاً مناسبة لتطبيق إطار تخطيطي لإدارة متكاملة مناسبة على المدى الطويل مثل الإدارة المتكاملة للموارد المائية IWRM، أو التخطيط المتكامل لتحسين إنتاجية المياه من خلال القطاعات.

## 8) التوصيات لإدارة التكيف:

يمكن القول بشكل عام إن تغير المناخ لم يؤخذ بعد بالحسبان في مجال إدارة المياه والأراضي والتخطيط في إقليم المتوسط وفي أماكن أخرى، وإن الإستراتيجيات والاستثمارات مازالت تعتمد على السلاسل الزمنية التاريخية مثل المائيات، على الرغم من أن العلماء يجمعون على أن تغير المناخ سوف يكون حقيقة واقعية، لذلك يجب التكيف مع هذا الواقع وتهيئة البنية التحتية الجديدة للمياه ولتخطيط استعمالات الأراضي ولعدة قرون. أنظر مثلاً (Milly et al 2008).

إن قلة الثقة المعطاة للتقديرات المناخية و تقييم الآثار في المستقبل، ومعايير التكيف يجب أن تكون قوية ومرنة لتطبق على مدى الظروف المستقبلية. وبقدر عدم توفر المعلومات الاحتمالية فإن السيناريوهات سوف تعمل على تأمين مدى مقبول في المستقبل، الذي يحتاج على تغطية بمعايير التكيف. مفهوم إدارة التكيف المعتمد الآن في الاستجابة لتغير المناخ، يفترض وجود معلومات جديدة أفضل "احتمالية" آثار المناخ سوف تكون متاحة مع الزمن و مترافق باستمرار مع الإدارة والتخطيط. (Pahl-Wostl 2007).

وعلى أية حال، فإن قلة الثقة حول التوجه ( أكثر حرارة، أكثر جفافاً ) ومقدار التغير هو اقل بكثير بالنسبة للمتوسط ، مما هو عليه في أي إقليم آخر في العالم.

إن إدراج التكيف المناخي في الإدارة المتكاملة للموارد المائية IWRM يجب أن يتكامل على نطاق واسع مع إجراءات أخرى تخص البنية الهيكلية (hard ) أو غير الهيكلية (قوانين وأنظمة ويطلق عليها سوفت soft)، وذلك بقدر ما هي في إدارة العرض والطلب في الدولة أو الحوض وخاصة في إجراءات التكيف، إن بعضاً من هذه الإجراءات كانت مطبقة في حوض المتوسط لقرون وحتى لألف عام لمواجهة التبدل المناخي الكبير وندرة المياه الذي كانت تتعرض له تلك المناطق نذكر منها حصاد المياه وتخزينها وكذلك نظام المدرجات، الري التكميلي، الزراعة الحافظة وإكثار البذور، استعمال النباتات المقاومة للملوحة، وهناك طرق أخرى أدخلت مؤخراً إلى المنطقة مثل إعادة استعمال مياه الصرف الصحي. الشحن الاصطناعي للمياه الجوفية ( لحد من ضياع المياه السطحية بالتبخّر)، و تحلية مياه البحر، والمياه الجوفية قليلة الملوحة.

وإذا طبقت تحلية المياه على نطاق واسع، فستكون لها إمكانية لمساهمة سلبية لتغير المناخ لأن طاقة كبيرة سوف تستهلك، وهكذا ستتطلق كميات كبيرة من CO<sub>2</sub>، ما لم يتم ذلك باستخدام الطاقات النظيفة والمتجددة.

إلى جانب الإجراءات الهيكلية هناك الإجراءات المؤسسية للتكيف مع المخاطر المناخية مستقبلاً مثل: اللامركزية في إدارة المياه وفقاً لأحواض الأنهار وتسعير مناسب للمياه وأدوات مالية لإدارة المخاطر ( مثل دلالة أساسية لتأمين الزراعة ). وأكثر من ذلك، فإن الإجراءات الهيكلية متضمنة مجالاً واسعاً لنقائات الحفاظ على المياه والأراضي، مثل ما ورد في قاعدة بيانات WOCAT. ومما تحتاجه أن تكون مصحوبة بنظام حوافز لإقرارها، مثل تخصيص الأموال لخدمات النظام البيئي، وكذلك الحاجة لأخذ مخاطر المناخ بعين الاعتبار بشكل أفضل، والخطة الوطنية السورية لتحديث أساليب الري، وهي " تخطيط المساحة المروية تبعاً لاحتمالية 75% من الهطول " ( جمال 2006 ). وهذا التخطيط قد لا يكون ملائماً فيما إذا ازدادت تبدلية المناخ أكثر مما كانت عليه في السلاسل الزمنية التاريخية. وحتى لو كانت التبدلية الحالية أكثر بـ 25%، مثلاً، في الأردن مع معدل لحصيلة مجموع الهطول السنوي بـ 8300 مليون م<sup>3</sup> ، والذي يتراوح سنوياً بين 5800 و 11000 مليون م<sup>3</sup> .

ومن المتوقع أن يكون مبدأ إدارة الطلب هو من أهم المواضيع التي سيتم اتخاذها في المستقبل القريب إضافة إلى زيادة إنتاجية المياه وتقليل الفاقد من المياه غير المنتجة، ( وبشكل جزئي تحويل المياه الجارية من المياه غير المنتجة بسبب التبخر إلى مياه منتجة بالنتج ). وفي سورية على سبيل المثال، فإن إمكانية الحفاظ على الماء من خلال تحسين أنظمة الري هي بحدود 3000 - 4000 م<sup>3</sup>/سنة (جمال 2006). وإن جزءاً من خطة إدارة الطلب سوف تكون أيضاً بإعادة تخصيص المياه للاستعمالات ذات القيمة العالية والبدائل المحتملة للإنتاج المحلي من الغذاء والمياه الافتراضية

المستوردة، وهو بالطبع موضوع بالغ الحساسية من الناحية السياسية. ولا بد لدول المتوسط أن توجه سؤالاً:

وهو أي المحاصيل يمكن إنتاجها محلياً في ظروف زيادة ندرة المياه. وأي المحاصيل ( متضمنة المياه الافتراضية ) التي يجب أن تستورد. وهنا، فإن "مجموع خدمات النظام البيئي " يمكن أن تساعد في مقارنة التكاليف والفوائد للاستعمالات المختلفة للمياه والأراضي، متضمنة الآثار الجانبية الممكنة. وعلى سبيل المثال ينتج القطن في مساحة 250 - 270 ألف هكتاراً مستهلكاً 3 - 4 مليون متراً مكعباً من المياه سنوياً، مع كفاءة متدنية لاستعمال المياه وفوائد تزيد عن 50% مما يساهم في زيادة ملوحة التربة.

وكما ذكر سابقاً فإن هناك احتمال كبير لزيادة إنتاجية المياه وتوفير (مياه إضافية) من خلال تكامل إدارة المياه الخضراء أو إدارة الأراضي في الإدارة المتكاملة للموارد المائية IWRM.

ومن المعروف أنه في البيئات الجافة وشبه الجافة، فإن أكثر من 90% من كمية الهطول المطري تتبخر عائدة إلى الجو دون أن تتحول إلى مياه منتجة أو مياه سطحية جارية قابلة للاستعمال. تأمين الزراعة، حصاد مياه الأمطار وتخزينها إضافة إلى الري التكميلي يمكن أن تقلل من ضياع المياه غير المنتجة و تزيد من إنتاجية المحاصيل الزراعية بشكل كبير، بلا، أو بتنافس قليل على المياه الزرقاء مع القطاعات الأخرى.. لقد برهن عويس العام الماضي (Oweis al 2007) في دراسة مقدمة لسورية (وكأحد الأمثلة على ذلك الأعلاف) أن نمو الشجيرات يمكن أن يتحسن من 3-4 مرات من خلال تنفيذ مشاريع حصاد المياه وتخزينها على مستوى أحواض صغيرة ، وأن إنتاجية القمح وإنتاجية المياه يمكن أن تتضاعف باستخدام الري التكميلي في حدود 100-200 ملم

لقد تبين أن تطبيق تقانات حصاد المياه كالتالي جربت في سورية لم تؤثر على جريان المياه السطحية في الأحباس الدنيا لذلك فإن تطبيقها على مساحات أكبر لايؤثر كثيراً على الجوار في الأحباس الدنيا . كما بين عويس (Oweis) أهمية حصاد المياه لإعادة تأهيل المراعي المتدهورة والتي يمكن أن تتفاد تحت تأثير تغير المناخ. مع تزايد الجفاف.

إن مراكز الأبحاث الإقليمية والمحلية مثل إيكاردا أو أكساد (ACSAD or IECARDA) بالتعاون مع الوزارات والهيئات والإدارات المعنية بحاجة إلى أن تتسق و تحلل كل ما هو متوفر من معلومات عن سناريوهات المناخ وتأثير المائيات و موارد المياه و الزراعة والنظام البيئي، وبقدر قابلية مجموعات السكان المختلفة لتكوين قاعدة أساسية تساعد في وضع خطة متكاملة للتكيف مع ظاهرة التغير المناخي. والتطبيقات العملية الأفضل، والتجارب الأساسية للتكيف في الدول الأخرى في الإقليم. انظر كمثال برنامج التكيف التونسي، يحتاج إلى انتشار واسع.

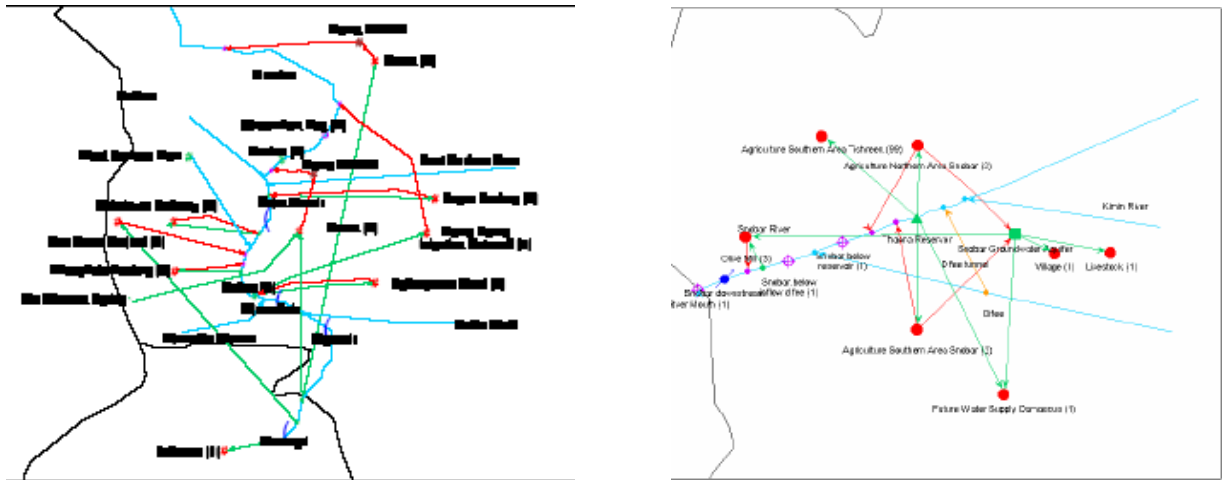
كما أن التكيف مع المناخ لا بد أن يشكل جزءاً متكاملًا من مشاريع التنمية في قطاعي المياه والزراعة... وبالتنسيق مع أهداف أخرى للتنمية مثل تخفيف الفقر والتنمية الاقتصادية والمحافظة على



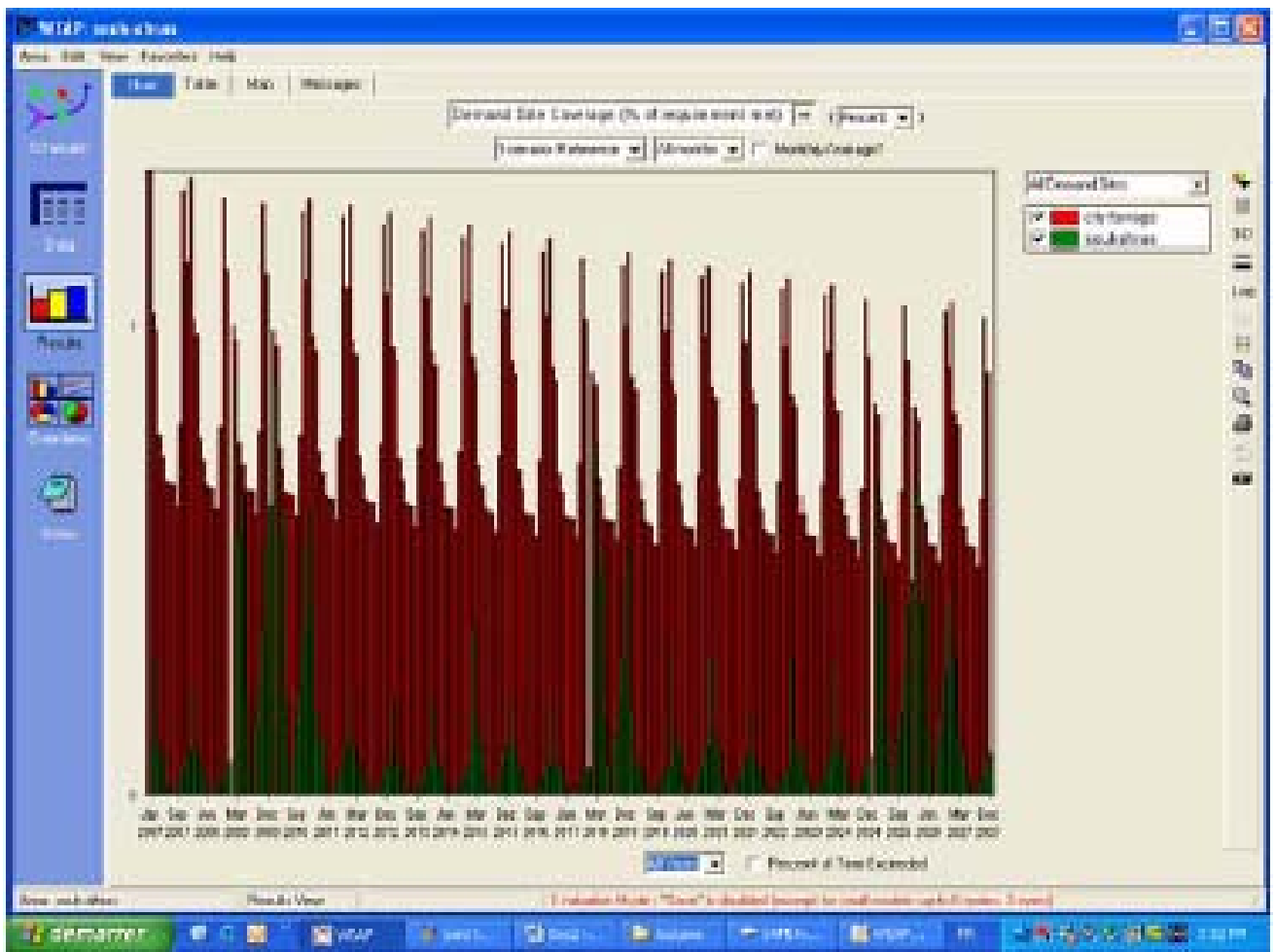
البيئة إلى آخر ذلك، وبالأخذ بعين الاعتبار التأثيرات المناخية القاسية المتوقعة في منطقة شرق المتوسط فإنه لابد من الاسراع فورا بانتقاء المشاريع التنموية وتوجيه الاستثمارات لمواجهة التبدلات المناخية .

وقد عمل معهد استوكهولم للبيئة (SEI) و بالتعاون مع شركاء آخرين في تقديم مجموعة من الأدوات على شكل برمجيات التي تشجع على النهج التشاركي لتقييم مشاريع التنمية الجديدة أو القائمة لمواجهة المناخ .

وقدم هذا المعهد فيما بعد في إحدى دراساته الإقليمية عن شرق المتوسط وشمال أفريقيا نظام WEAP5 كأداة لإعداد سيناريوهات تخطيطية لموارد المياه وتنظيم وتجميع المعلومات المتوفرة عن موارد المياه، والطلب على المياه، في قطاعات مختلفة، تغطي استعمال الأراضي والغطاء النباتي. يؤمن نظام WEAP خيارات سهلة الاستعمال في إطار عام لتقييم ومقارنة خطط وخيارات واستراتيجيات مختلفة للتكيف وهي الآن منفذة مع بعضها البعض مع هيئات مختلفة للمياه وكذلك الوزارات في دول MENA. بالتعاون مع توسع إدارة ( ACSAD, BGR, WEAP ) للمياه الجوفية ( MODFLOW ) والمحاصيل ( CROPWAT ) التي طورت الآن لإقليم المتوسط. ويبين الشكل (26) بعض التطبيقات الأولية لـ WEAP في منطقة MENA.



الشكل (26a) المخطط الأولي WEAP لنهر العاصي (Shaker 2006) وحوض الساحل (Hnijk, DHV 2004)



الشكل (26b) النتائج الأولية WEAP للجزائر (سيناريوهات دراسة تغيرات المناخ (Y. Djebbar, 2007).

## الأشكال

- الشكل (1) يبين اتجاهات درجة الحرارة عن نماذج محاكاة تغيرات المناخ لسيناريوهات مختلفة IPCC 2007.
- الشكل (2) سيناريوهات كميات هطول الأمطار. دراسة عن وفرة المياه - معدل التغيرات في الفترة ما بين 2080-2099 والمتعلقة بـ 1999-1980 - نماذج محاكاة متعددة IPCC 2007-A1B.
- الشكل (3) سيناريوهات مختلفة ل IPCC لانبعثات CO2
- الشكل (4) احتمال تغير كمية الهطولات في منطقة حوض المتوسط حتى 2050 - سيناريو A1B المستنتجة من محاكاة المناخ العالمي ب 18 نموذج مختلف عن نماذج المناخ العالمي (UCAR2007).
- الشكل (5a) GLOWA سيناريو للمناخ المحلي، معدل التغير في درجة الحرارة، المختلفة خلال الأعوام 2070-2099 وكذلك الأعوام 1990-1961 معتمدة على سيناريو B2،ECHM4 والنموذج المحلي MM5، مع تصميم 18km (Kunstman et al 2007) .
- الشكل (5b) GLOWA سيناريو عن المناخ الإقليمي. التغير النسبي بكمية هطول الأمطار، الاختلافات خلال الأعوام 2070-2099 وكذلك الأعوام 1990-1961 المعتمدة على ECHAM4، سيناريو B2، النموذج المحلي MM5 مع تصميم 18 km (Kunstman et al 2007).
- الشكل (6) شكل توضيحي لنقص كمية الأمطار وتغير المياه الجارية .
- الشكل (7a) GLOWA JR سيناريو لتدفق نهر الأردن
- الشكل (7b) GLOWA JR سيناريو للمياه الجوفية في حوض الأردن (ECHAM4) و (WASIM) Kunstman et al (2007)
- الشكل (8) توزيع كمية الأمطار في سورية (ICARDA) Bruggeman
- الشكل (9) التقديرات السكانية في سورية (MoI, 2004)
- الشكل (10) GLOWA JR محاكاة التغيرات في الطلب على مياه الري وعناصر أخرى لتوازن المياه. (ECHAM4, ) (B2, MM5, TRAIN, Menzelt al 2007)
- الشكل (11) GLOWA JR محاكاة التغيرات في المحاصيل الزراعية والرياح للقطن، سيناريوهات مختلفة للمناخ (A2 and B2) وخيارات التكيف التالية: الزرع المبكر 60/80/100 mm لسقي إضافي (Haim et al 2007)
- الشكل (12) تأثير الأمطار على الزراعة من خلال التغير المناخي المستقبلي.
- الشكل (13) GLOWA JR محاكاة نقل الطاقة للري تحت تأثير التغير المناخي ، نسبة المياه المسحوبة للزراعة (Iglesias et al 2007).
- الشكل (14) نسبة المياه المسحوبة للزراعة (Iglesias et al 2007).
- الشكل (15) GLOWA JR ظاهرة إنتاج الكتلة الحيوية ومحتوى الطاقة في حوض نهر الأردن تحت تأثير التغيرات المناخية.
- الشكل (16a) المخطط الأولي WEAP لنهر العاصي (Orontes) Shaker و Ansobar / الحوض الساحلي (DHV)،(2004).
- الشكل (16b) النتائج الأولية WEAP ل الجزائر (دراسة تغيرات المناخ 2007, Djebbar).

## المراجع References

- Allan T. (2001): The Middle East Water Question, Tauris Publishers, London.
- CA (2007): Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture, IWMI, Sri Lanka.
- Cline W. (2007): Global Warming and Agriculture: Impact Estimates by Country, Peterson Institute for International Economics, Washington DC, 250 pp
- Doell P., Floerke M. (2005): Global-Scale Estimation of Diffuse Groundwater Recharge, Frankfurt Hydrology Paper 3, Frankfurt, Germany
- Fernandez S. (2007) : L'eau virtuelle dans les pays Méditerranéens : un indicateur pour contribuer à l'analyse des questions de gestion et de répartition de l'eau en situation de pénurie? Plan Bleu, étude régionale: gestion de la demande en eau en Méditerranée, progrès et politiques
- Fischer G., Shah M., van Velthuisen H.(2002): Climate Change and Agricultural Vulnerability, special report to the WSSD, IIASA, Laxenburg, Austria
- Giorgi F., Lionello P. (2007): Climate Change Projections for the Mediterranean Region, Global and Planetary Change, in press
- [Gleick P. H. \(2003\): Global Freshwater Resources: Soft-Path Solutions for the 21st Century, 302, 1524-1528](#)
- GWP (2000): Global Water Partnership, Integrated Water Resources Management, TAC Background Paper No 4
- Haim D., Shechter M., Berliner P. (2007): Assessing the impact of climate change on representative field crops in Israeli agriculture: a case study of wheat and cotton, Climatic Change, 10.1007/s10584-007-9304-x
- Hanson C.E. et al (2007): Modelling the impact of climate extremes: an overview of the MICE project, Climatic Change, 81,1, 163-177
- Hoff H., Bouwer L., Berz G., Kron W., Loster T. (2004): Risk Management in Water and Climate – the Role of Insurance and Other Financial Services, Munich Re Publication, Munich, Germany, 42 pp.
- Hoff H., El-Fadel M., Haddadin M. (2006): Expert Statement on Political Factors of Virtual Water Trade, Research Initiative on Virtual Water Trade, German Development Institute, Bonn, Germany
- [Hoff H. \(2008\): Challenges in upland watershed management: the green-blue water approach, in: Dinar A., Garrido A. \(editors\): Managing water resources in a time of global change: mountains, valleys and flood plains, Routledge](#)
- Iglesias A., L. Garote, F. Flores, and M. Moneo (2007): Challenges to manage the risk of water scarcity and climate change in the Mediterranean. Water Resources Management, 21, 5, 775-788
- IPCC (2007): Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Impacts, Jamal M., Arslan A., Dayoub K. (2004): Harnessing salty water to enhance sustainable livelihoods of the rural poor in four countries in West Asia and North Africa: Syria, GCSAR-MAAR, [www.iwmi.cgiar.org/assessment/files\\_new/research\\_projects/](http://www.iwmi.cgiar.org/assessment/files_new/research_projects/)
- ICBA%20NationalReport\_Syria%20Part%201.pdf.
- Jamal M., Al-Shayeb R., Kaisi A. (2006), The National Plan for Irrigation Modernization in the Syrian Arab Republic, presentation at the International Symposium on Irrigation Modernization Constraints and Solutions, Damascus, Syria

- Kitoh A. Yatagai A. Alpert P. (2007): First Evidence that the Ancient "Fertile Crescent" Will Disappear in this Century, submitted to Science
- Kunstmann H., Suppan P., Heckl A., Rimmer A. (2007): Regional climate change in the Middle East and impact on hydrology in the Upper Jordan catchment, Proceedings of Symposium HS2004 at IUGG2007, Perugia, July 2007). IAHS Publ. 313, 141-149
- Lionello P., Malanotte-Rizzoli P., Boscolo R.. (2006): Mediterranean Climate Variability, Elsevier
- MEA (2005): Millenium Ecosystem Assessment, Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press, Washington, DC.
- Menzel L., Teichert E., Weiss M. (2007): Climate change impact on the water resources of the semi-arid Jordan region, proceedings of the Third International Conference on Climate and Water, Helsinki, Finland 3-6 September 2007
- Milly, P. C. D., K. A. Dunne & A. V. Vecchia (2005) Global pattern of trends in streamflow and water availability in a changing climate. Nature, 438 (7066), 347-350
- [Milly, P. C. D., Betancourt J., Falkenmark M., Hirsch R.M., Kundzewicz Z.W., Lettenmaier D.P., Stouffer R.J. \(2008\): Stationarity Is Dead: Whither Water Management? Science, 319, 573-574](#)
- MoI (2004): Initial Assessment Study of Water Sector Management in the Syrian Arab Republic, Ministry of Irrigation
- Oweis T., Ali A., Rashid M., El-Naggar S., Abdul Aal A. (2007): Water harvesting options in the drylands at different spatial scales, Land Use and Water Resources Research, 7, 1-13
- [Pahl-Wostl C. \(2007\): Transitions towards adaptive management of water facing climate and global change, Wat Res Mgmt, 21, 49-62](#)
- Rockström J., Falkenmark M., Karlberg L., Hoff H., Gerten D., Rost S. (2008): Future Water Availability for Global Food Production: the Potential of Green Water for Increasing Resilience to Global Change, submitted to Water Resources Research
- Rosenzweig C., Iglesias A. (2007): Potential Impacts of Climate Change on World Food Supply, Data Sets from a Major Crop Modeling Study
- Siebert S., Döll P. (2007): The Global Crop Water Model, Frankfurt Hydrology Paper 07, Germany
- UCAR (2007): Regional Climate-Change Projections from Multi-Model Ensembles, <http://rcpm.ucar.edu>, National Center for Atmospheric Research, USA
- [Weiss M., Floerke M., Menzel L., Alcamo J. \(2007\): Model-based scenarios of Mediterranean droughts, Adv. Geosci., 12, 145-151, 2007](#)
- Yang H., Wang L., Zehnder A.J.B. (2007): Water scarcity and food trade in the Southern and Eastern Mediterranean Countries, Food Policy, 32, 585-605