اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا

ريكار

المبادرة الإقليمية لتقييم أثر تغيُّر المناخ على الموارد المائية وقابلية تأثر القطاعات الاجتماعية والاقتصادية في المنطقة العربية

السويد
Sverige

الأمم المتحدة
الاسكوا
ESCWA

تقييم تأثير التغيرات في المياه المتاحة على انتاجية المحاصيل الزراعية

تقرير دراسة الحالة في المغرب

منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة

جامعة الدول العربية
المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة
ACSAD 1968

E/ESCWA/SDPD/2019/CP.6

اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا

مشروع تعزيز الامن الغذائي والمائي من خلال التعاون وتنمية القدرات في المنطقة العربية

تقييم تأثير التغيرات في المياه المتاحة على انتاجية المحاصيل الزراعية في المنطقة العربية

تقرير دراسة الحالة في المغرب

الأمم المتحدة
بيروت

© 2019 الأمم المتحدة
حقوق الطبع محفوظة

تقتضي إعادة طبع أو تصوير مقتطفات من هذه المادة الإشارة الكاملة إلى المصدر.

توجّه جميع الطلبات المتعلقة بالحقوق والأذون إلى اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا)، البريد الإلكتروني: publications-escwa@un.org؛ الموقع الإلكتروني: www.escwa.un.org

النتائج والتفسيرات والاستنتاجات الواردة في هذه المطبوعة هي للمؤلفين، ولا تمثل بالضرورة الأمم المتحدة أو الدول الأعضاء فيها، ولا ترتب أي مسؤولية عليها.

ليس في التسميات المستخدمة في هذه المطبوعة، ولا في طريقة عرض مادتها، ما يتضمن التعبير عن أي رأي كان من جانب الأمم المتحدة بشأن المركز القانوني لأي بلد أو إقليم أو مدينة أو منطقة أو لسلطات أي منها، أو بشأن تعيين حدودها أو تخومها.

الهدف من الروابط الإلكترونية الواردة في هذه المطبوعة تسهيل وصول القارئ إلى المعلومات وهي صحيحة في وقت استخدامها. ولا تتحمل الأمم المتحدة أي مسؤولية عن دقة هذه المعلومات مع مرور الوقت أو عن مضمون أي من المواقع الإلكترونية الخارجية المشار إليها.
جرى تدقيق المراجع حيثما أمكن.

لا يعني ذكر أسماء شركات أو منتجات تجارية أن الأمم المتحدة تدعمها.

تتألف رموز وثائق الأمم المتحدة من حروف وأرقام باللغة الإنكليزية، والمقصود بذكر أي من هذه الرموز الإشارة إلى وثيقة من وثائق الأمم المتحدة.

مطبوعة للأمم المتحدة صادرة عن الإسكوا، بيت الأمم المتحدة، ساحة رياض الصلح،
صندوق بريد: 8575-11، بيروت، لبنان.

19-00115

تقديم

تعد المنطقة العربية من أكثر مناطق العالم جفافا فهي إلى جانب كونها تقع في حزام المناطق الجافة وشبه الجافة مما ينعكس بقلة الآمطار وندرتها فإنها تتعرض لتغيرات كبيرة في معدلات الأمطار من عام إلى آخر وهذا ماينعكس بشكل واضح على ندرة الموارد المائية المتاحة فيها من جهة إضافة إلى تأثير ذلك على الانتاج الزراعي وبالتالي توفر الغذاء والأمن الغذائي من جهة ثانية ولا شك أن النمو السكاني المتسارع والذي يعد من أعلى معدلات النمو في العالم ساهم هو بدوره في تفاقم الأزمة المائية والغذائية في المنطقة العربية.

وتطورت الأبحاث العلمية في مجال التغيرات المناخية وخاصة في المنطقة العربية لتؤكد بدورها أن المنطقة في مجملها ستتعرض إلى أشد التغيرات المناخية سواء من حيث انخفاض معدلات الأمطار أو من ناحية ارتفاع درجات الحرارة وازدياد واضح في تكرار دورات الجفاف. وهذه العوامل تؤثر سلبا على الانتاجية الزراعية بالنسبة للزراعات البعلية وإلى حد ما المروية منها .

ومن أجل تقييم تأثير التغيرات المناخية على الانتاجية الزراعية في المنطقة العربية فقد قامت اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الاسكوا) في إطار تنفيذها للمشروع الاقليمي حول «تعزيز الأمن الغذائي والمائي من خلال التعاون وتنمية القدرات في المنطقة العربية» وبتمويل من الوكالة السويدية للتنمية (سيدا) بتكليف منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (الفاو) –المكتب الاقليمي للدول العربية وبالتعاون مع المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد) لتنفيذ المكون الأول من هذا المشروع الذي يسعى الى تقييم الإنتاج الزراعي في المنطقة العربية نتيجة تغير وفرة المياه من خلال استخدام توقعات موثوقة للمناخ والمعلومات القياسية الهيدرولوجية على المستوى الإقليمي والوطني.

ومن أجل ذلك تمت ترجمة دليل المستخدم والكتيب الخاص باستخدام برنامج أكوا-كروب (AquaCrop) الذي تم تطويره من قبل الفاو إلى اللغة العربية والذي أثبتت الدراسات والأبحاث أنه يعتبر من الوسائل الحديثة الناجحة في التنبؤ بالإنتاجية الزراعية إضافة إلى تنفيذ عدد من الدورات التدريبية وتوفير الدعم الفني المباشر على استخدامه لكافة الفرق الوطنية من الدول العربية المشاركة في المشروع[1].

قامت هذه الفرق بعد ذلك بإعداد تقارير وطنية لتقييم الإنتاجية الزراعية لعدد معين من المحاصيل في مناطق محددة تحت تأثير التغيرات المناخية باستخدام نتائج المبادرة الإقليمية لتقييم أثر تغير المناخ على الموارد المائية وقابلية التأثر الاجتماعي والاقتصادي في المنطقة العربية (ريكار) الذي نفذته الاسكوا بتمويل من سيدا. وتشكل هذه التقارير الوطنية ثمرة كافة هذه الجهود وتتضمن مقترحات وتوصيات للتكَيف مع تغيرات وفرة المياه نتيجة تأثيرات تغير المناخ.

والأمل معقود أن تشكل هذه الوثائق باللغة العربية مرجعا للباحثين في الدول العربية المهتمين بالشأن الزراعي إضافة إلى إغناء المكتبة العربية بالمراجع العلمية المتخصصة.

---

1. الدول المشاركة في المكون الأول للمشروع هي: الأردن، البحرين، تونس، السودان، العراق، فلسطين، لبنان، مصر، المغرب واليمن.

فريق الدراسة

اعد هذا التقرير الوطني أعضاء الفريق الوطني المغربي:

ابن حليمة أميمة
مهندسة رئيسة، المعهد الوطني للبحث الزراعي الرباط، المغرب.

إعيش حمزة
مهندس رئيس، المعهد الوطني للبحث الزراعي الرباط، المغرب.

كرفاتي عبد المجيد
مهندس رئيس ممتاز زراعي، مديرية الري وإعداد المجال الفلاحي / قسم الموارد الهيدرو فلاحية / وزارة الفلاحة والصيد البحري والتنمية القروية والمياه والغابات الرباط، المغرب.

د. مصدق رشيد
رئيس قسم البيئة والموارد الطبيعية، المعهد الوطني للبحث الزراعي، رئيس الفريق..

المملكة المغربية
Royaume du Maroc

وزارة الفلاحة والصيد البحري والتنمية القروية والمياه والغابات
Ministére de l'Agriculture, de la Pêche Maritime, du Développement Rural et des Eaux et Foréts

المغرب الاخضر
LE MAROC VERT

المعهد الوطني للبحث الزراعي
Institut National de la Recherche Agronomique

المحتويات

ص. 3 تقديم
ص. 5 فريق الدراسة

ص. 11 1. مقدمة
ص. 11 مقدمة عن المملكة المغربية
ص. 11 مقدمة عن الزراعة في المملكة المغربية
ص. 13 الاستراتيجية الزراعية في المملكة المغربية

ص. 14 2. منطقة الدراسة والمحاصيل
ص. 14 المنطقة البعلية مرشوش-حالة القمح اللين
ص. 15 المنطقة المروية للزمامرة-حالة القمح اللين والشمندر السكري

ص. 17 3. البيانات والمعاملات المستخدمة في الدراسة
ص. 18 حالة القمح اللين في المنطقة البعلية مرشوش
ص. 18 حالة القمح اللين والشمندر السكري في المنطقة المروية الزمامرة

ص. 20 4. معايرة النموذج باستخدام البيانات المقاسة
ص. 20 منطقة مرشوش البعلية
ص. 24 منطقة الزمامرة المروية

ص. 28 5. تطبيق برنامج "AquaCrop" والسيناريوهات المعتمدة المدروسة للتغيرات المناخية
ص. 28 حالة القمح اللين في المنطقة البعلية مرشوش
ص. 30 حالة القمح اللين والشمندر السكري في المنطقة السقوية الزمامرة

ص. 33 6. نتائج الدراسة
ص. 33 حالة القمح اللين في المنطقة البعلية مرشوش
ص. 37 حالة القمح اللين والشمندر السكري في المنطقة السقوية الزمامرة

ص. 42 7. مناقشة النتائج ومنعكساتها
ص. 42 حالة القمح اللين في المنطقة البعلية مرشوش
ص. 45 حالة القمح اللين والشمندر السكري في المنطقة المروية الزمامرة

ص. 47 8. انعكاسات الدراسة على السياسات الزراعية والاقتصاد الوطني

ص. 49 9. الخطة المستقبلية للتوسع في استخدام البرنامج

ص. 50 10. توصيات

ص. 51 المراجع

قائمة الاشكال

ص. 14 **الشكل 1.** خريطة الموقع للمنطقة البعلية مرشوش

ص. 15 **الشكل 2.** توزيع المناطق المروية في المغرب

ص. 16 **الشكل 3.** الدائرة المروية لدكالة

ص. 17 **الشكل 4.** التوزيع الجغرافي للمزارعين الذين تم تتبعهم بمنطقة الزمامرة خلال الموسم الفلاحي 2012-2013

ص. 20 **الشكل 5.** المتوسطات الشهرية للمعطيات المناخية للمنطقة البعلية مرشوش

ص. 21 **الشكل 6.** معطيات محصول القمح اللين للمنطقة البعلية مرشوش

ص. 21 **الشكل 7.** تقويم دورة نمو محصول القمح اللين للمنطقة البعلية مرشوش

ص. 21 **الشكل 8.** قائمة إدارة الحقل للمنطقة البعلية مرشوش

ص. 22 **الشكل 9.** قائمة إجراءت تشكيل الحقل للمنطقة البعلية مرشوش

ص. 22 **الشكل 10.** خصائص مقطع التربة للمنطقة البعلية مرشوش

ص. 22 **الشكل 11.** قائمة الشروط الابتدائية للمنطقة البعلية مرشوش

ص. 23 **الشكل 12.** تشغيل المحاكاة للمنطقة البعلية مرشوش

ص. 26 **الشكل 13.** جدول ري القمح للمنطقة المروية الزمامرة

ص. 26 **الشكل 14.** جدول ري الشمندر السكري

ص. 27 **الشكل 15.** خصوبة التربة بالنسبة للقمح

ص. 27 **الشكل 16.** خصوبة التربة بالنسبة للشمندر السكري

ص. 27 **الشكل 17.** الرطوبة الابتدائية للتربة للمنطقة المروية الزمامرة

ص. 27 **الشكل 18.** الشروط خارج فترة النمو للشمندر السكري بالمنطقة المروية الزمامرة

قائمة الاشكال البيانية

ص. 11 **الشكل البياني 1.** استعمال الأراضي الفلاحية ومتوسط الإنتاجية لأهم المزروعات في المغرب

ص. 23 **الشكل البياني 2.** مقارنة قيم الإنتاجية الناتجة من النموذج مع القيم المقاسة فعليا للمنطقة البعلية مرشوش

ص. 25 **الشكل البياني 3.** مقارنة قيم الإنتاجية الناتجة من النموذج مع القيم المقاسة فعليا بالنسبة للقمح اللين

ص. 25 **الشكل البياني 4.** مقارنة قيم الإنتاجية الناتجة من النموذج مع القيم المقاسة فعليا بالنسبة للشمندر السكري

ص. 42 **الشكل البياني 5.** طول فترة النمو المتاحة (LGP) للفترات 1985-2005 و2020-2030 و2040-2050 للمنطقة البعلية مرشوش

ص. 43 **الشكل البياني 6.** مؤشر التساقطات الموحد (SPI) للفترة 1985-2005 للسيناريو RCP4.5

ص. 44 **الشكل البياني 7.** مؤشر التساقطات الموحد (SPI) للفترة 2040-2050 للسيناريو RCP4.5

ص. 44 **الشكل البياني 8.** مؤشر التساقطات الموحد (SPI) للفترة 1985-2005 للسيناريو RCP8.5

ص. 44 **الشكل البياني 9.** مؤشر التساقطات الموحد (SPI) للفترة 2040-2050 للسيناريو RCP8.5

قائمة الجداول

ص. 19 **الجدول 1.** المعطيات المقاسة فعلياالمحصولان المرويان

ص. 19 **الجدول 2.** جدول الري

ص. 20 **الجدول 3.** الإنتاجية الفعلية لمحصول القمح البعلي بمنطقة مرشوش

ص. 23 **الجدول 4.** المؤشرات الإحصائية لنتائج المحاكاة للمنطقة البعلية مرشوش

ص. 24 **الجدول 5.** الإنتاجية الفعلية لمحصولي القمح والشمندر السكري المرويين بمنطقة دكالة

ص. 25 **الجدول 6.** المؤشرات الإحصائية لنتائج المحاكاة للمنطقة المروية الزمامرة

ص. 25 **الجدول 7.** الإنتاجية الفعلية لمحصولي القمح والشمندر السكري المرويين بمنطقة الزمامرة

ص. 29 **الجدول 8.** التغيرات المتوقعة للهطول المطري والهطول المطري الموسمي للقمح والحرارة الصغرى والحرارة العظمى للفترتين 2020-2030 و2040-2050 مقارنة بفترة الأساس (1985-2005) في مرشوش باستخدام المحاكاة RCA4 للنماذج EC-Earth, CNRM-CM5 ،GFDL-ESM2M وفقا للسيناريو RCP 8.5 لحالة تغير تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون

ص. 29 **الجدول 9.** التغيرات المتوقعة للهطول المطري الموسمي للقمح للفترتين 2020-2030 و2040-2050 مقارنة بفترة الأساس (1985-2005) في مرشوش باستخدام المحاكاة RCA4 للنماذج EC-Earth, CNRM-CM5,GFDL-ESM2M وفقا للسيناريو RCP 8.5 لحالة ثبات تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون

ص. 30 **الجدول 10.** التغيرات المتوقعة للهطول المطري والهطول المطري الموسمي للقمح والحرارة الصغرى والحرارة العظمى للفترتين 2020-2030 و2040-2050 مقارنة بفترة الأساس (1985-2005) في مرشوش باستخدام المحاكاة RCA4 للنماذج EC-Earth, CNRM-CM5 ،GFDL-ESM2M وفقا للسيناريو RCP 4.5 لحالة تغير تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون

ص. 30 **الجدول 11.** التغيرات المتوقعة للهطول المطري الموسمي للقمح للفترتين 2020-2030 و2040-2050 مقارنة بفترة الأساس (1985-2005) في مرشوش باستخدام المحاكاة RCA4 للنماذج EC-Earth, CNRM-CM5 ،GFDL-ESM2M وفقا للسيناريو RCP 4.5 لحالة ثبات تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون

ص. 31 **الجدول 12.** التغيرات المتوقعة للهطول المطري والهطول المطري الموسمي للقمح والشمندر السكري والحرارة الصغرى والحرارة العظمى للفترتين 2020-2030 و2040-2050 مقارنة بفترة الأساس (1985-2005) في الزمامرة باستخدام المحاكاة RCA4 للنماذج EC-Earth, CNRM-CM5 ،GFDL-ESM2M وفقا للسيناريو RCP 8.5 لحالة تغير تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون

ص. 31 **الجدول 13.** التغيرات المتوقعة للهطول المطري الموسمي للقمح والشمندر السكري للفترتين 2020-2030 و-2040 2050 مقارنة بفترة الأساس (1985-2005) في الزمامرة باستخدام المحاكاة RCA4 للنماذج EC-Earth, CNRM-CM5,GFDL-ESM2M وفقا للسيناريو RCP 8.5 لحالة ثبات تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون

ص. 32 **الجدول 14.** التغيرات المتوقعة للهطول المطري والهطول المطري الموسمي للقمح والشمندر السكري والحرارة الصغرى والحرارة العظمى للفترتين 2020-2030 و2040-2050 مقارنة بفترة الأساس (1985-2005) في الزمامرة باستخدام المحاكاة RCA4 للنماذج EC-Earth, CNRM-CM5 ،GFDL-ESM2M وفقا للسيناريو RCP 4.5 لحالة تغير تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون

ص. 32 **الجدول 15.** التغيرات المتوقعة للهطول المطري الموسمي للقمح والشمندر السكري للفترتين 2020-2030 و-2040 2050 مقارنة بفترة الأساس (1985-2005) في الزمامرة باستخدام المحاكاة RCA4 للنماذج EC-Earth, CNRM-CM5 GFDL-ESM2M، وفقا للسيناريو RCP 4.5 لحالة ثبات تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون

ص. 33 **الجدول 16.** متوسط إنتاجية القمح في مرشوش والتغير المتوقع في الانتاجيه من اجل السيناريو RCP8.5 لحالة تغير تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون

ص. 33 **الجدول 17.** متوسط طول موسم النمو خلال فترة الأساس 1986-2005 وخلال الفترات 2020-2030 و2040-2050 من اجل السيناريو RCP8.5 لحالة تغير تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون

ص. 34 **الجدول 18.** التبخر-النتح المرجعي والفعلي خلال فترة الأساس 1986-2005 وخلال الفترات 2020-2030 و2040-2050 من اجل السيناريو RCP8.5 لحالة تغير تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون

ص. 34 **الجدول 19.** الانتاجيه المائيه خلال فترة الأساس 1986-2005 وخلال الفترات 2020-2030 و-2040 2050 من اجل السيناريو RCP8.5 لحالة تغير تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون

ص.34 **الجدول 20.** متوسط إنتاجية القمح في مرشوش والتغير المتوقع في الانتاجيه من اجل السيناريو RCP8.5 لحالة ثبات تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون

ص.34 **الجدول 21.** متوسط طول موسم النمو خلال فترة الأساس 2005-1986 وخلال الفترات 2030-2020 و2050-2040 من اجل السيناريو RCP8.5 لحالة ثبات تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون

ص.35 **الجدول 22.** التبخر-النتح المرجعي والفعلي خلال فترة الأساس 2005-1986 وخلال الفترات 2030-2020 و2050-2040 من اجل السيناريو RCP8.5 لحالة ثبات تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون

ص.35 **الجدول 23.** الانتاجيه المائيه خلال فترة الأساس 2005-1986 وخلال الفترات 2030-2020 و-2040 2050 من اجل السيناريو RCP8.5 لحالة ثبات تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون

ص.35 **الجدول 24.** متوسط إنتاجية القمح في مرشوش والتغير المتوقع في الانتاجيه من اجل السيناريو RCP4.5 لحالة تغير تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون

ص.35 **الجدول 25.** متوسط طول موسم النمو خلال فترة الأساس 2005-1986 وخلال الفترات 2030-2020 و2050-2040 من اجل السيناريو RCP4.5 لحالة تغير تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون

ص.36 **الجدول 26.** التبخر-النتح المرجعي والفعلي خلال فترة الأساس 2005-1986 وخلال الفترات 2030-2020 و2050-2040 من اجل السيناريو RCP4.5 لحالة تغير تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون

ص.36 **الجدول 27.** الانتاجيه المائيه خلال فترة الأساس 2005-1986 وخلال الفترات 2030-2020 و-2040 2050 من اجل السيناريو RCP4.5 لحالة تغير تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون

ص.36 **الجدول 28.** متوسط إنتاجية القمح في مرشوش والتغير المتوقع في الانتاجيه من اجل السيناريو RCP4.5 لحالة ثبات تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون

ص.36 **الجدول 29.** متوسط طول موسم النمو خلال فترة الأساس 2005-1986 وخلال الفترات 2030-2020 و2050-2040 من اجل السيناريو RCP4.5 لحالة ثبات تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون

ص.37 **الجدول 30.** التبخر-النتح المرجعي والفعلي خلال فترة الأساس 2005-1986 وخلال الفترات 2030-2020 و2050-2040 من اجل السيناريو RCP4.5 لحالة ثبات تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون

ص.37 **الجدول 31.** الانتاجيه المائيه خلال فترة الأساس 2005-1986 وخلال الفترات 2030-2020 و-2040 2050 من اجل السيناريو RCP4.5 لحالة ثبات تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون

ص.37 **الجدول 32.** تأثير التغيرات المناخية على متوسط التبخر- نتح المرجعي (مم) خلال موسمي القمح اللين والشمندر السكري

ص.38 **الجدول 33.** تأثير التغيرات المناخية على متوسط الاستهلاك المائي الفعلي (مم)، طول موسم النمو، الإنتاجية، والإنتاجية المائية للقمح

ص.39 **الجدول 34.** تأثير التغيرات المناخية على متوسط الاستهلاك المائي الفعلي، طول موسم النمو، الإنتاجية، والإنتاجية المائية للشمندر السكري

ص.39 **الجدول 35.** مدى (%) تأثير التغيرات المناخية في الفترات المقبلة مقارنة بفترة الأساس 2005-1985 بالنسبة للقمح اللين

ص.40 **الجدول 36.** مدى (%) تأثير التغيرات المناخية في الفترات المقبلة مقارنة بفترة الأساس 2005-1985 بالنسبة للشمندر السكري

ص.40 **الجدول 37.** مدى (%) تأثير التغيرات المناخية في الفترات المقبلة مقارنة تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون المتزايد بالنسبة للثابت - القمح اللين

ص.41 **الجدول 38.** مدى (%) تأثير التغيرات المناخية في الفترات المقبلة - مقارنة تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون المتزايد بالنسبة للثابت - الشمندر السكري

ص.41 **الجدول 39.** مدى (%) تأثير التغيرات المناخية في الفترات المقبلة - مقارنة RCP 8.5 بالنسبة ل - RCP 4.5 القمح اللين

1. مقدمة

مقدمة عن المملكة المغربية

تقع المملكة المغربية في أقصى شمال غرب إفريقيا ممتدة على مساحة 710,850 كلم^2. يحدها شمالا البحر الأبيض المتوسط، غربا المحيط الأطلسي، شرقا الجزائر وموريتانيا جنوبا. تتنوع تضاريسها وتنتظم بشكل يجعل السلاسل الجبلية تنتصب في القسم الشمالي وتتخذ مظهر حاجز يفصل بين المغرب الشمالي الغربي المتفتح على الرياح المحملة بالأمطار والمغرب الشرقي والجنوبي الخاضعين للتأثيرات الصحراوية الجافة. وهكذا فالمغرب يتميز بمناخ متوسطي معتدل في الشمال ومناخ شبه صحراوي في الجنوب. ويتميز هذا المناخ بتساقطات مطرية غير منتظمة خلال السنة مما يؤدي إلى عدم استقرار الإنتاج الزراعي في المناطق التي تمارس فيها الزراعة المطرية.

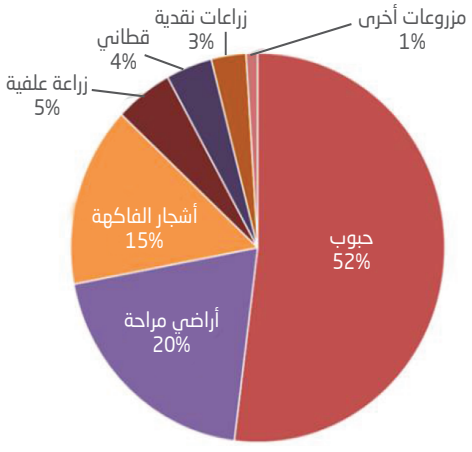
بلغ تعداد سكان المغرب 33 مليون نسمة طبقا لمعطيات الإحصاء العام للساكنة لسنة 2014، يعيش أكثر من نصفهم في المدارات الحضرية. ويعتمد النسيج الاقتصادي الحالي للبلاد أساسا على قطاع الخدمات الذي ساهم، على سبيل المثال، بنسبة 57٪ من الناتج الخام لسنة 2016، متبوعا بالقطاع الصناعي بنسبة 29٪ ثم القطاع الفلاحي ب 14٪.

مقدمة عن الزراعة في المملكة المغربية

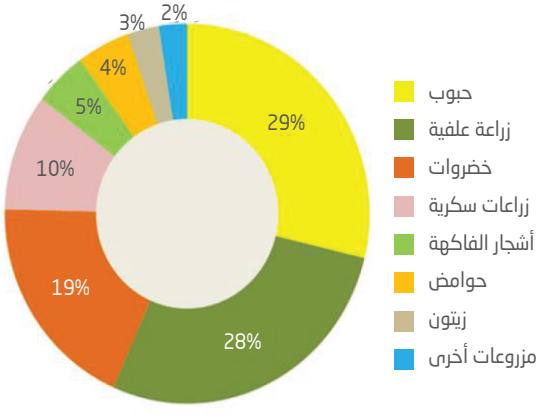
تتوفر المملكة المغربية على مساحة صالحة للزراعة تقدر ب 8،8 مليون هكتار، أي ما يناهز 12٪ من المساحة الإجمالية. يقع ثلثي هذه الأراضي في المناطق البعلية الملائمة من حيث الإنتاج معتمدة على التساقطات المطرية.

الشكل البياني 1. استعمال الأراضي الفلاحية ومتوسط الإنتاجية لأهم المزروعات في المغرب

إستعمال الأراضي الفلاحية في المغرب



متوسط الإنتاجية الفلاحية في المغرب



أما الثلث الباقي فيشكل البعلي الغير ملائم ويتواجد بالمناطق الجافة والشبه جافة وبالجبال. وتمثل حاليا الأراضي المروية بطريقة دائمة حوالي 1.5 مليون هكتار. وتساهم الزراعات المروية، رغم ضعف تمثيليتها في المساحة، بنسبة مهمة في القطاع الزراعي. حيث أنها تساهم ب ٪45 من القيمة المضافة للقطاع الزراعي في المواسم الفلاحية المتوسطة، وب ٪35 من هذه القيمة في المواسم الفلاحية الجيدة، وب ٪70 في السنوات الجافة. هذا، وتساهم الزراعات المروية ب ٪75 من مجموع الصادرات الفلاحية.

تشكل الحبوب ٪52 من المساحة المزروعة بالمغرب، أكثر من نصفها من القمح، متبوعة بأشجار الفاكهة بنسبة ٪15 من ضمنها الزيتون، فالزراعات العلفية ب ٪5، ثم القطاني ب ٪4. بينما تغطي الزراعات النقدية ٪3 ومن ضمنها الخضروات. وتبلغ نسبة الأراضي المراحة سنويا حوالي ٪20. أما بالنسبة للإنتاجية، فتشكل الحبوب ٪29 من مجموع الإنتاجية الزراعية، متبوعة بالزراعات العلفية بنسبة ٪28 فالخضروات ب ٪19 ثم الزراعات السكرية ب ٪10. بينما تشكل إنتاجية أشجار الفاكهة (دون الزيتون) ٪5 وإنتاجية الحوامض ٪4 وإنتاجية الزيتون ٪3.[2]

وعموما، يبقى معيار نجاح المواسم الفلاحية في المغرب مقرونا بمجموع إنتاج الحبوب، نظرا من جهة لارتباطه الكبير بالتساقطات المطرية، وبهذا يدل إنتاج الحبوب بصفة غير مباشرة على إنتاج الزراعات الأخرى، ومن جهة أخرى إلى ارتباطه الكبير بالنشاط الفلاحي لمعظم الساكنة القروية، والذي يتميز بالثلاثي حبوب/رعي/زيتون، خصوصا في المناطق البعلية. ويبقى إنتاج الحبوب مربوطا بالتساقطات المطرية، حيث أنه، على سبيل المثال، بلغ 3,4 مليون طن في الموسم الجاف 2015/2016، بينما بلغ 10,2 مليون طن في الموسم المطر 2016/2017.

وبصفة عامة، يظل عامل المناخ والموارد المائية مؤثرا في نجاح أو فشل المواسم الفلاحية. فعند اعتبار مساحة البلد الكلية، نجد ٪93 تحت مناخ جاف، ٪80 منها بمعدل تساقطات سنوي أقل من 250 مم، خاصة في الصحراء الممتدة في الجنوب الشرقي وجنوب المملكة. ويمتد عادة الفصل المطر سنويا من سبعة إلى ثمانية أشهر ممتدة من أكتوبر إلى مايو. ويبلغ مجموع الموارد المائية المتاحة في المغرب 22 مليار م^3، منها 16 مليار م^3 كموارد مائية معبأة، من ضمنها 4 مليار م^3 من المياه الجوفية[3]. وتظل عموما عوامل المناخ والتغيرات المناخية أكبر تحديات الزراعة في المغرب. حيث يُقدر ثلثا مشاكل القطاع من أصل مناخي، منها ٪40 راجع للجفاف، و٪18 راجع لارتفاع الحرارة وسخونة الرياح، ومن جهة أخرى حوالي ٪10 راجع لمشاكل الصقيع والفيضانات وهطول البرَد. هذا، وبخصوص المناطق المسقية، والتي تمد القطاع بحيوية خاصةً في السنوات الجافة، فإنها تعرف في العقود الأخيرة سنوات عجز مائي أكثر تكرارا[4]. مما يحث على توجيه استراتيجية القطاع الزراعي أكثر نحو تثمين الموارد المائية، إضافة إلى تدبير المجالات الهشة.

رغم ضعف المساهمة المباشرة للقطاع الفلاحي في الناتج الخام، إلا أنه، وبالأخص القطاع الزراعي، يشكل أحد دعامات الاقتصاد المغربي بمساهمة غير مباشرة لتنمية باقي القطاعات (تقدر ب 7,4 مليار دولار أمريكي)، كما تشكل الزراعة جانبًا أساسيا من الصادرات بحيث توفر 1,1 مليار دولار. وعلى المستوى الاجتماعي، تساهم الزراعة في توفير دخل ٪80 من الساكنة القروية المقدّرة بحوالي 18 مليون شخص، وتوفر 250,000 فرصة عمل مباشر كمعدل سنوي.

تهتم الزراعة الحديثة بإنتاج المحاصيل المعدة للتصدير ويظل الاتحاد الأوربي أول مستقبل للصادرات الفلاحية المغربية بنسبة ٪66. وتشمل هذه الصادرات أساسا الحوامض والخضروات ومنتجات الصناعات الغذائية[5]. كما يتوفر المغرب على ثروة سمكية مهمة، وعلى ثروة حيوانية كبيرة، إضافة إلى صناعة غذائية متقدمة.

عمل المغرب كذلك على ضمان اكتفائه الذاتي من بعض المنتجات الغذائية في سياق يتميز باندماج كبير للسوق العالمي. وفي هذا الإطار، يؤمن المغرب اليوم 100 في المائة من حاجياته من اللحوم والخضر والفواكه، و82 في المائة من حاجياته من الحليب، و50 في المائة من حاجياته من مادة السكر، و60 في المائة من حاجياته من الحبوب، و20 في المائة من احتياجاته من الزيوت. في حين، تمثل الواردات الفلاحية بين 14 و24 في المائة من الواردات الإجمالية للمغرب.

الاستراتيجية الزراعية في المملكة المغربية

شهد القطاع الزراعي بالمغرب، منذ استقلاله سنة 1956، تصور وتطبيق عدة استراتيجيات. فكان أولها البرنامج الوطني لتهيئة المجالات المسقية في بداية الستينيات من القرن الماضي، ثم البرنامج الوطني لاستصلاح المجالات البعلية مع بداية الثمانينيات حتى منتصف التسعينيات. وقد رافقت هذين البرنامجين عدة استراتيجيات فرعية، أهمها البرنامج الوطني لتوسيع المجالات المسقية والبرنامج الوطني لاقتصاد مياه الري من جهة، وبرنامج التنمية المتكاملة للمناطق الريفية والمخطط الوطني لتنمية الواحات والمناطق الجبلية من جهة أخرى. ومن جانب آخر، تم إنشاء صندوق الدعم الفلاحي سنة 1987 لتشجيع الفلاحة المعيشية على الاستدامة والتطور، ولتشجيع الزراعات المكثفة على الزيادة في الإنتاجية والقيمة المضافة والصادرات.

وفي سنة 2008، تم إطلاق مخطط المغرب الأخضر 2008-2020، وهو مخطط شامل وموحد لكل الاستراتيجيات الزراعية، وباعث لنظرة جديدة على القطاع ككل، بهدف وضع الزراعة في قلب التنمية الاقتصادية والاجتماعية للمغرب. وقد أتى مخطط المغرب الأخضر مرتكزا على مبدأين (أ) تنظيم القطاع بصفة نهائية حول سلاسل إنتاج محددة ومستقلة؛ (ب) اعتماد نظام التجميع (Aggregation) كمحرك لسلاسل الإنتاج.

لقد تم تصميم مخطط المغرب الأخضر على دعامتين: الدعامة الأولى التي تهدف إلى تطوير سريع لفلاحة عصرية تنافسية وذات قيمة مضافة عالية ومناسبة لضوابط الأسواق الدولية، والدعامة الثانية التي تهدف إلى تأهيل الفلاحة المعيشية ومحاربة الفقر في العالم القروي من خلال تحسين دخل الفلاحين. وعامة، يستند مخطط المغرب الأخضر إلى إطلاق موجة من المشروعات الضخمة باعتماد قدرة تسيير أكبر، وبتجمع الموارد حول المجموعات ذات نفع اقتصادي الخاصة والتجمعات البيمهنية. لهذا، فالمخطط جاء بتصور جديد للشراكة بين القطاعين العام والخاص، باعتماد شراكة «رابح-رابح» وعقود برامج محددة وواضحة. وأخيرا، وفي إطار الرؤية الجهوية الموسعة للمملكة المغربية، فقد تمت ترجمة مخطط المغرب الأخضر إلى اثني عشرة مخطط فلاحي جهوي لكل من جهات المغرب، وذلك لضمان تنزيل أفضل للمخطط ولضمان بقدر الإمكان للتوازن بين الدعامتين الأولى والثانية، وكذلك لضمان تتبع أفضل لسير المخطط ورصد نتائجه[6].

تمثل سنة 2018 عشرية مخطط المغرب الأخضر. وإلى حدود هذه السنة، مكن المخطط من رفع الناتج الخام الفلاحي ب 7،3٪ ليصل إلى 12،5 مليار دولار، متجاوزا بذلك معدل نسبة ارتفاع الناتج الخام الوطني. وقد مكن المخطط من خلق 250.000 فرصة شغل. وفيما يخص الفلاحة المعيشية، فقد مكن المخطط من ولوج أكثر من مليون فلاح إلى التمويل (3 أضعاف ما قبل سنة 2008) ومن تمكين 900 مشروع فلاحي جديد. هذا، وقد تضاعف حجم الاستثمار الفلاحي ليصل إلى 10،5 مليار دولار. وتظل أهم نتيجة للمخطط هي المساعدة على استقرار تعداد الساكنة القروية في حدود 13،3 مليون نسمة، وهو نفس التعداد لسنة 2008، أي أن المخطط مكن من تفادي مشكل النزوح القروي إلى المدن. ومن جهة أخرى، شهدت الفلاحة المغربية في إطار هذا المخطط لجوءا أكبر إلى تقنيات المكننة والاقتصاد المائي، حيث من المنتظر مع نهاية 2018 أن تصل مساحة الري الموضعي إلى 590,000 هكتار، أي 7٪ أكبر من أهداف المخطط لسنة 2020. وقد أدت سياسة اقتصاد مياه الري إلى توفير حوالي 1،6 مليار م^3، وفيما يخص المكننة، فإن عدد الجرارات لكل 1.000 هكتار مثلا، يصل الآن إلى 8،3 مقابل 5،2 سنة.2008 وقد مكنت الدينامية التي خلقها مخطط المغرب الأخضر في القطاع الزراعي من تشجيع الصادرات الزراعية للمغرب. حيث ارتفعت هذه الصادرات بنسبة 65٪ منذ بداية المخطط.[7]

2. منطقة الدراسة والمحاصيل

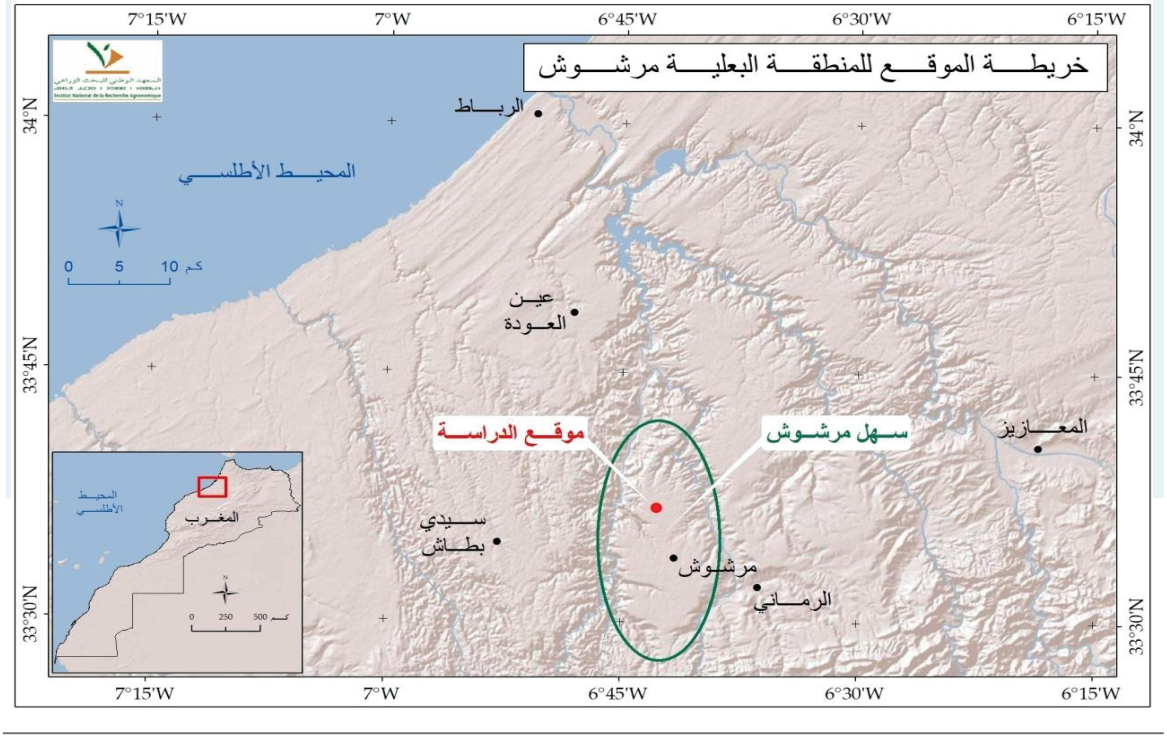
يشكل القمح اللين أهم منتوج زراعي في مختلف المناطق البعلية والمروية في المغرب. حيث شكلت المساحة المخصصة له ما يقارب 2 مليون هكتار خلال المواسم الأخيرة. وقد شكل إنتاج القمح في السنوات الأخيرة مجالا مهما لتشجيع الاستثمار الفلاحي من جهة، وللبحث والتنمية من جهة أخرى (تطوير الأصناف، التقنيات الزراعية، عقلنة استعمال مياه الري، إلخ).

وفيما يخص الزراعات السكرية، لقد أدت آلية الدعم التي تم إحداثها من خلال مخطط المغرب الأخضر إلى الزيادة في المساحة المخصصة لهذه الزراعات بالمناطق المروية، بحيث شهدت ارتفاعا من 30 ألف هكتار

المنطقة البعلية مرشوش-حالة القمح اللين

يقع موقع دراسة الزراعة البعلية في منطقة مرشوش بشمال غرب المغرب، وبالضبط في محطة بحوث المعهد الوطني للبحث الزراعي. ويبعد موقع الدراسة 55 كلم عن العاصمة الرباط باتجاه جنوبي شرقي. وإحداثيات الموقع هي كالتالي: X: 6°42’51,36” W و Y: 33°36’38,48” N سنة 2011-2012 إلى 70 ألف هكتار سنة 2015-2016 بالنسبة للشمندر السكري.

الشكل 1. خريطة الموقع للمنطقة البعلية مرشوش



وتتميز منطقة الدراسة، وهي سهل مرشوش، بجيومرفلوجيا شبه مسطحة، مع معدل درجة ميل بين 1٪ و2٪ ومعدل ارتفاع 380 م. أما جيولوجيا السهل، فهي مكونة أساسا من رواسب حديثة للحجر الرملي الكلسي للعصر الجيولوجي الرابع. وتتميز المنطقة بمناخ متوسطي شبه جاف (حسب تصنيفEmberger للمناخ المتوسطي) مع معدل حرارة سنوي يبلغ 18 درجة مئوية ومعدل تساقطات سنوية يبلغ 300 مم،

أما معدل العجز المائي السنوي فيبلغ 270 مم. وتتشكل أتربة منطقة مرشوش أساسا من التربة الطينية (Vertisols)، متبوعة بالتربة المحدلسة (Ferrusols) ثم تربة الهدرومورفيك (Hydromorphic) محليا. هذا، ويتميز نظام الإنتاج الزراعي في المنطقة بالثنائي حبوب-قطاني، مع هيمنة القمح اللين والعدس والحمص. وبنسبة أقل، نجد محليا أشجار الزيتون، خصوصا على الأتربة الأخف قواما.

وتبلغ المساحة المزروعة في سهل مرشوش 14,730 هكتار[8]. وفيما يخص موقع الدراسة، فهو تابع لمحطة التجارب للمعهد الوطني للبحث الزراعي. وهو عبارة عن قطعة أرض بمساحة هكتارين، حيث تجرى دراسة عن الزراعة الحافظة منذ الموسم الزراعي 2005/2006. والهدف العام من تجربة الزراعة الحافظة هاته هو دراسة تأثيرها على المميزات الفيزيائية للتربة (خصوصا الكثافة الظاهرية، مستويات الرطوبة والتركيبة)، وعلى عزل الكربون، وكذلك على إنتاجية الحبوب والقطاني. ويتميز موقع التجربة بطوبوغرافية شبه مسطحة وتربة طينية من نوع (– Vertisol Typic Chromoxerert)، مكونة فوق طبقة رواسب كلسية ذات قوام عام غضاري.

وبالنسبة لحالة الدراسة واستعمال برنامج «AquaCrop»، فقد تم اختيار القمح اللين كمحصول، وذلك لكونه يمثل أكثر من ثلثي المساحة المزروعة في سهل مرشوش.

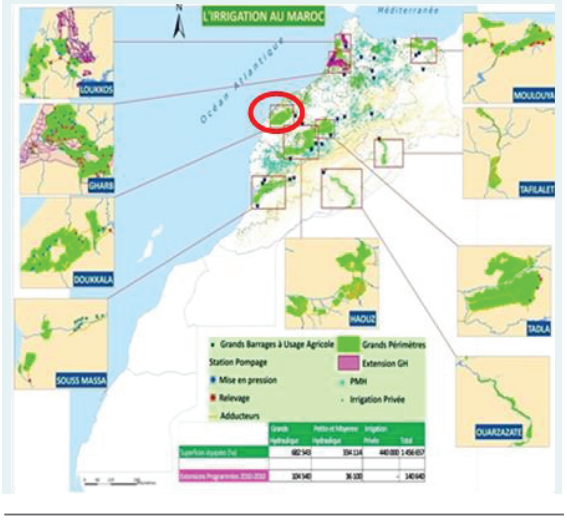
المنطقة المروية للزمامرة ـ حالة القمح اللين والشمندر السكري

منطقة دكالة هي سهل شاسع يبلغ 3500 كلم^2، وتقع بين خطي عرض 32.15° و33.15° شمالاً وخطي طول 7.55° و9.15° غرباً، مع ارتفاع يتراوح ما بين 120 و300 متر. يقع وسط المنطقة على بعد 230 كم جنوب الرباط، بين مدينتي الجديدة وآسفي.

مناخ المنطقة متوسطي شبه جاف، يتميز بمتوسط هطول أمطار يبلغ 317 ملم، تتركز ما بين أشهر نونبر وأبريل، ومتوسط درجة حرارة 18 درجة مئوية، مع 4 درجات مئوية كحد أدنى و40 درجة مئوية كحد أقصى. تتراوح نسبة التبخر-نتح بين 46 ملم في شهر يناير و185 ملم في يوليوز.

تتكون تربة المنطقة من الأقسام التالية:mollisol، calcisol، luvisol، cambisol، vertisol و hydromorphic.

الشكل 2. توزيع المناطق المروية في المغرب

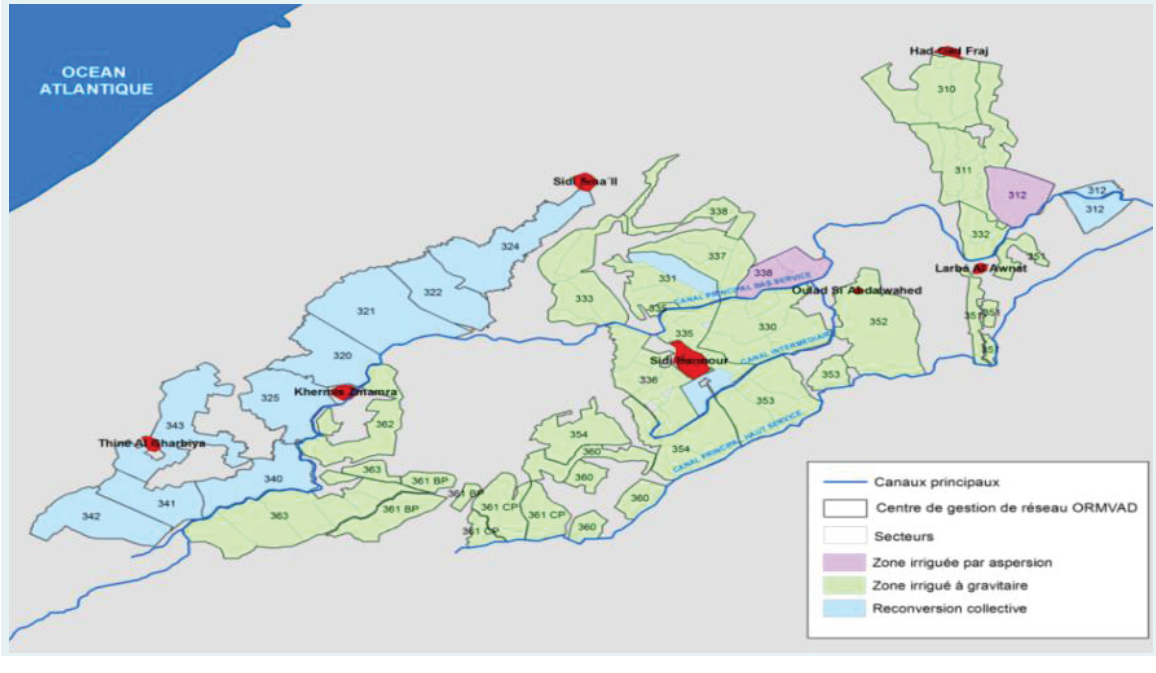


تعد هذه المنطقة واحدة من أقدم وأهم أنظمة الري في المغرب (منذ 1930). تبلغ المساحة المروية 96 000 هكتار وهي مخصصة لإنتاج الشمندر السكري والحبوب والعلف. تفد الموارد المائية السطحية لمنطقة دكالة المخصصة للري بشكل رئيسي من السهل الهيدروليكي لنهر أم الربيع، (متوسط التدفق السنوي 117 م^3 في الثانية)، بالإضافة إلى العديد من مستجمعات المياه الجوفية.

يخضع توزيع المياه في مناطق الري السطحي والري بالرذاذ لأسلوب العرض ويتم عن طريق دورة المياه المبرمجة من طرف موزع الماء، الممثل في المكتب الجهوي للاستثمار الفلاحي لدكالة. أما بالنسبة للمناطق المروية بالري الموضعي، فيخضع توزيع مياه الري لأسلوب الطلب على الماء.

أهم المحاصيل المزروعة في منطقة دكالة هي: الحبوب (49 543 هكتار)، الشمندر السكري (20 645 هكتار)، الأعلاف (17 754 هكتار)، الخضراوات (6 518 هكتار) والقطاني (2 472 هكتار). يمثل إنتاج الحبوب بمنطقة دكالة 14 % من الإنتاج الوطني والشمندر السكري 38 %.

الشكل 3. الدائرة المروية لدكالة



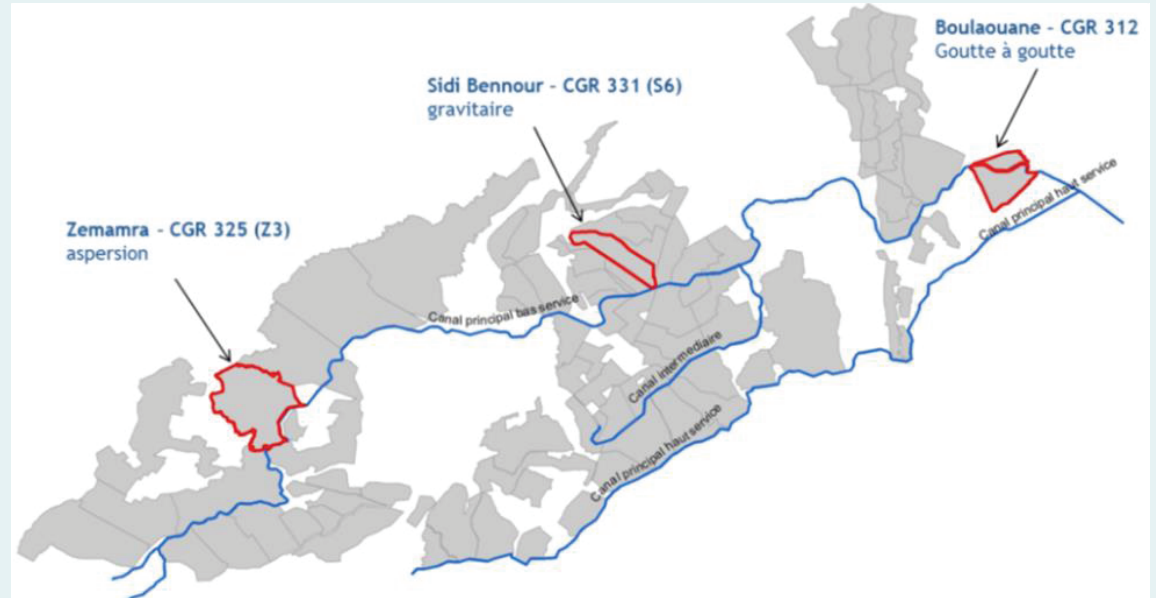
3. البيانات والمعاملات المستخدمة في الدراسة

تطلَّب استعمال برنامج «AquaCrop» للمحاصيل الزراعية لمنطقتي الدراسة إنشاء الملفات التالية: ملف المناخ، ملف المحصول، ملف التربة، ملف الشروط الابتدائية، ملف إدارة الحقل وملف شروط إدارة الحقل خارج فترة النمو. تم إنشاء ملفات المناخ انطلاقا من المعطيات اليومية للهطول المطري والحرارة المسجلة في محطات أرصاد زراعية - جوية محلية أوتوماتيكية بالنسبة للمعايرة، ومن المعطيات اليومية لنماذج المناخ المستعملة بالنسبة لدراسة تأثير التغيرات المناخية.

وتم إنشاء ملف المحصول انطلاقا من معطيات الأوراق التقنية للقمح اللين المصاغة من نتائج البحوث بالمغرب، إضافة إلى معطيات مراجع ومقالات علمية حول المحصول في المغرب والمعارف المكتسبة من طرف الباحثين المحليين في مجالي المحاصيل وتطوير الأصناف بالنسبة لمحطة مرشوش. أما بالنسبة لمحطة الزمامرة فقد تم تتبع مدخلات برنامج Aquacrop فعليا في الحقل للموسم الفلاحي 2012-2013، حيث تم اختيار 11 فلاحا، ينتجون القمح اللين والشمندر السكري، موزعين جغرافيا على منطقة دكالة بشكل يجعلهم يمثلون أحسن تمثيل لباقي المزارعين. ثم عمدنا إلى تتبع البارمترات (الغطاء النباتي، فترات النمو النباتي، رطوبة التربة، ادارة الحقل، إلخ) بوتيرة كل 15 يوم، من بعد الزرع إلى غاية الحصاد.

وفيما يخص باقي الملفات الخاصة بالتربة والحقل، فقد تم إنشاؤها اعتمادا على قياسات حقلية وتحاليل مخبرية، إضافة إلى بيانات تجربة الزراعة الحافظة في موقع مرشوش.

الشكل 4. التوزيع الجغرافي للمزارعين الذين تم تتبعهم بمنطقة الزمامرة خلال الموسم الفلاحي 2012-2013



حالة القمح اللين في المنطقة البعلية مرشوش

- **ملف المناخ**

تم إنشاء ملفات الحرارة والهطول المطري انطلاقا من البيانات اليومية. وتم بعد ذلك إنشاء ملف التبخر-نتح اعتمادا على برنامج «AquaCrop»، وذلك بإدخال خصائص الموقع المطلوبة (إحداثية خط العرض، الارتفاع، تقييم سرعة الرياح، قارِّية الموقع وتقييم مناخه العام). وفيما يخص ملف CO2، فقد تم اختيار الملف المرجعي «MaunaLoa.CO2» في المعايرة وملفات السيناريوهات «RCP» في دراسة تأثير التغيرات المناخية.

- **ملف المحصول**

تم إنشاء ملف المحصول انطلاقا من الملف المرجعي للقمح «WheatGDD"، باعتبار البارمترات التالية:

خصائص البذار

التاريخ: 20 نونبر، وهو معدل تاريخ البذار الذي يتم عادة احترامه في التجربة

كثافة الزراعة: 340 بذرة/م^2

خصائص نمو المحصول

المدة لغاية الإنبات: 8 أيام؛ المدة لغاية الإزهار: 100 يوم؛ مدة الإزهار: 40 يوم

المدة لغاية الشيخوخة: 160 يوم؛ المدة لغاية النضج الفيزيولوجي: 180 يوم

الغطاء الخضري الأعظمي: 100٪؛ المدة لغاية بلوغ الغطاء الخضري الأعظمي: 80 يوم

عمق الجذور الفعال الأعظمي: 60 سم؛ المدة لغاية بلوغه: 80 يوم

معامل الحصاد: 38٪

- **ملف التربة**

تم إنشاء ملف التربة اعتمادا على القياسات الميدانية والتحاليل المخبرية لخصائص مقطع التربة بموقع التجربة، واللازم إدخالها على برنامج «AquaCrop». وهي كالتالي: القوام طيني (مع نسبة طين 50٪ ونسبة غضار 37٪ ونسبة رمل 13٪)؛ الكثافة الظاهرية 1,45 غ/سم^3؛ درجة الملوحة 0,24 مس/سم؛ الرطوبة الحجمية عند الإشباع 46٪؛ الرطوبة الحجمية عند السعة الحقلية 40٪؛ الرطوبة الحجمية عند نقطة الذبول الدائم 25٪؛ الناقلة الهيدروليكية 151,2 مم/يوم.

- **ملف إدارة الحقل**

تم إنشاء ملف إدارة الحقل وفق خصائص تجربة الزراعة الحافظة، حيث التغطية عضوية ونسبتها 50٪، ومستوى تخصيب التربة شبه أمثل (Near Optimal) ومستوى محاربة الأعشاب الضارة جيد (Good).

- **ملف الشروط الابتدائية**

تم إنشاء الملف وفقا لخصائص التجربة، حيث درجة الملوحة هي 0,24 مس/سم والرطوبة عند 10٪ من مجموع المياه المتاحة.

حالة القمح اللين والشمندر السكري في المنطقة المروية الزمامرة

البيانات المناخية: ZM2000-32015.Tnx؛ ZM2000-32015.PLU؛ ZM2000-32015.ET0؛ $MaunaLoa.CO_2$ و Zmamra.CLI

الجدول 1. المعطيات المقاسة فعلياالمحصولان المرويان

	القمح اللين	الشمندر السكري
0. تاريخ البذار	15 نونبر	28 نونبر
1. كثافة الزراعة (نبتة/هكتار)	2800000	120000
2. الغطاء النباتي الابتدائي CCO, (%)	4.20	0.12
3. المدة لغاية انبات 90% من البذور (يوم)	10	10
4. الغطاء النباتي الأعظمي (% ، CCx)	100	95
5. المدة للوصول للغطاء الخضري الأعظمي (يوم)	77	122
6. المدة لغاية بدء اصفرار أوراق النبات (يوم)	156	173
7. المدة لغاية النضج الفيزيولوجي (يوم)	173	192
8. المدة لغاية بدء الإزهار/"Tuberisation" (يوم)	92	76
9. مدة الإزهار (يوم)	20	-
10. عمق الجذور الفعال الأعظمي (, Zx m)	0.40	0.80
11. المدة لبلوغ عمق الجذور الفعال الأعظمي (يوم)	77	123
- التربة Sandy clay (da = 1, 5 g/cm³) 1. محتوى التربة المائي عند الإشباع SAT: 41 2. محتوى التربة المائي عند السعة الحقلية (%، FC: 25) 3. محتوى التربة المائي عند نقطة الذبول الدائم (%, PWP: 13.5) 4. الناقلية الهيدروليكية (Ksat, mm/day): 480 5. النسبة المئوية من الرمل (Sand): 49 6. النسبة المئوية من الطمي (Silt: 12) 7. النسبة المئوية من الغضار (Clay): 39 8. عدد طبقات التربة: 1 9. عمق الطبقة الأولى: أعمق من 0.6 سم		
- المياه الجوفية: أعمق من 10 م		
- إدارة الحقل 1. إجراءات سطح الحقل 2. التغطية 3. التسميد 4. إدارة الأعشاب الضارة	 لا شيء لا شيء شبه مثلي استعمال مبيدات ضد الأعشاب الضارة وضد الصدئ.	 لا شيء لا شيء شبه مثلي استعمال مبيدات ضد الأعشاب الضارة والحشرات.
- الري: بطريقة الرذاذ نوعية مياه الري (ملوحة مياه الري): 1dS/m		

الجدول 2. جدول الري

القمح اللين		الشمندر السكري	
كمية مياه الري (مم)	توقيت الري (يوم بعد البذار)	كمية مياه الري (مم)	توقيت الري (يوم بعد البذار)
66.15	61	38	48
85.05	107	57	94
		113	144
		113	158
		76	168

4. معايرة النموذج باستخدام البيانات المقاسة

منطقة مرشوش البعلية

تمت معايرة إنتاجية المحصول بمقارنتها ببيانات الإنتاجية المقاسة خلال الخمس مواسم الأخيرة

من أجل معايرة محصول القمح اللين بمنطقة مرشوش، قمنا باعتماد البارمترات والمعاملات المذكورة أعلاه ومقارنة الإنتاجية الناتجة عن المحاكاة بالإنتاجية الفعلية للخمس مواسم الفلاحية الأخيرة.

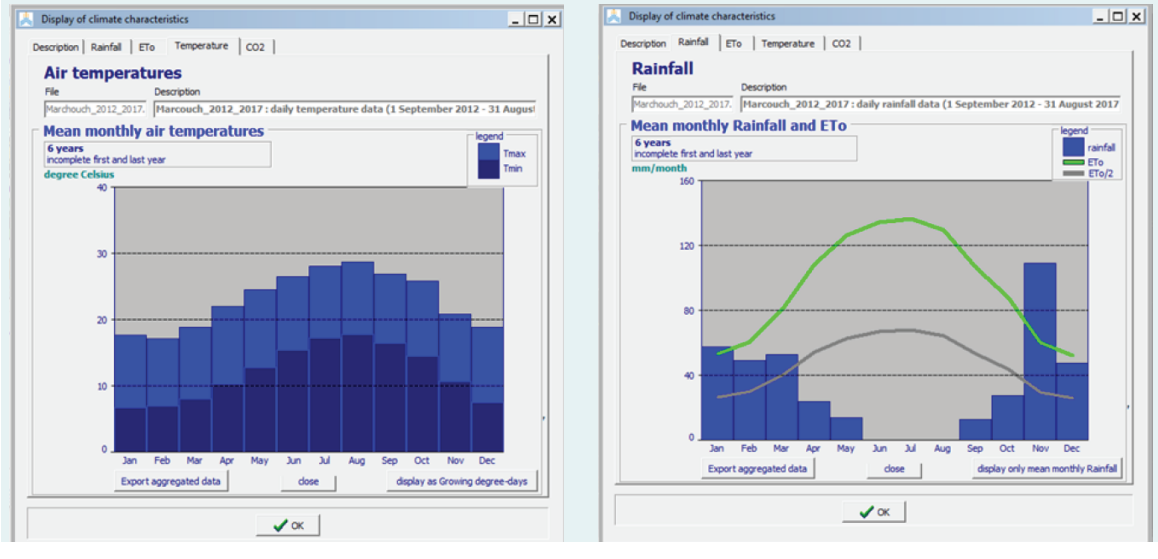
تم تطبيق برنامج «AquaCrop» باستعمال الملفات والبارمترات المشار إليها سابقا. وتمثل الاشكال أسفله عروضا لأهم نوافذ البرنامج خلال تشغيله.

بداية، قمنا بإنشاء ملف المناخ، وفيما يلي الرسومات البيانية للمعدلات الشهرية للحرارة والتساقطات والتبخر-نتح. حيث نلاحظ أن الهطول المطري يبلغ أقصاه في شهر نونبر ويبقى منعدما خلال أشهر يونية ويوليوز وغشت. ونلاحظ أن شهر غشت هو الأكثر حرارة وشهر فبراير هو الأكثر برودة. وتبلغ فترة النمو المتاحة (حيث قيمة الهطول المطري تتجاوز نصف قيمة التبخر-نتح) خمسة أشهر.

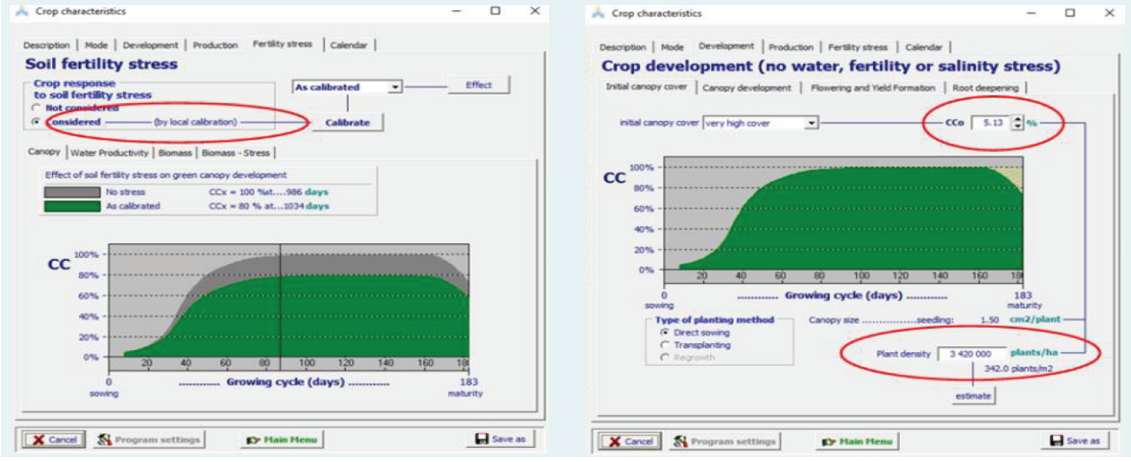
الجدول 3. الإنتاجية الفعلية لمحصول القمح البعلي بمنطقة مرشوش

الموسم	مردود الحبوب (طن/ه)
2012 - 2013	3,66
2013 - 2014	3,77
2014 - 2015	5,95
2015 - 2016	0,92
2016 - 2017	2,00

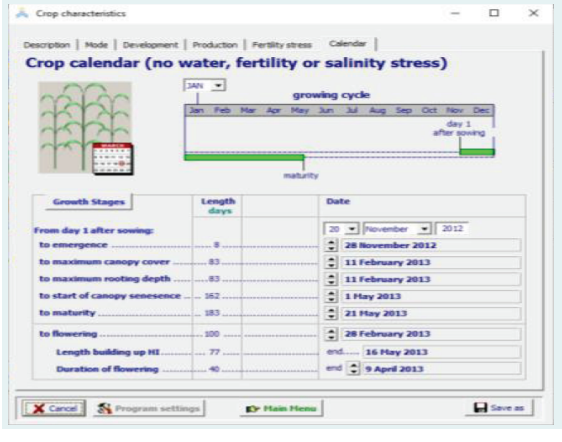
الشكل 5. المتوسطات الشهرية للمعطيات المناخية للمنطقة البعلية مرشوش



الشكل 6. معطيات محصول القمح اللين للمنطقة البعلية مرشوش



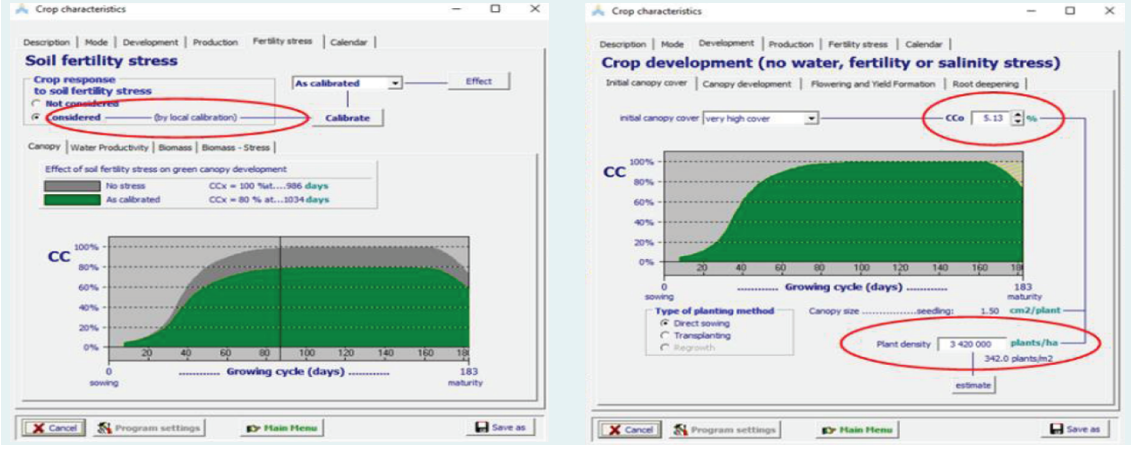
الشكل 7. تقويم دورة نمو محصول القمح اللين للمنطقة البعلية مرشوش



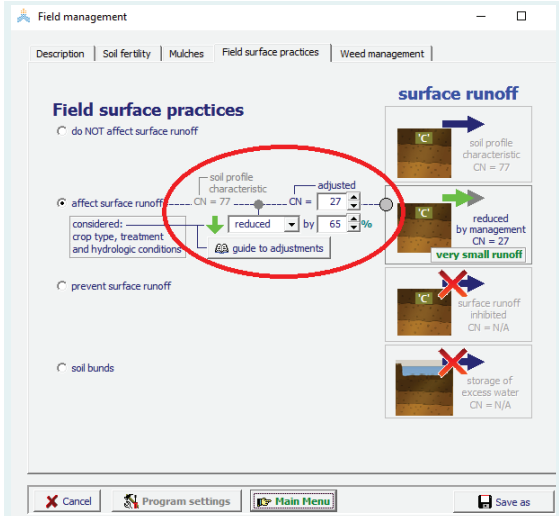
بالنسبة لملف المحصول، قمنا باعتماد بارمترات البذار وخصوبة التربة وتقويم دورة النمو كما هو ملخص الشكل 7.

وفيما يخص ملف إدارة الحقل، تم تثبيت نسبة التغطية العضوية في 50٪ وإدارة الأعشاب الضارة في «Good». هذا، وقد قمنا بتعديل قيمة رقم المنحنى «CN» في عمود إجراءات تشكيل الحقل، بعدما تم الأخذ بعين الاعتبار انخفاض جريان المياه السطحي في الزراعة الحافظة بنسبة 65٪ استنادا إلى دراسة ميدانية سالفة.

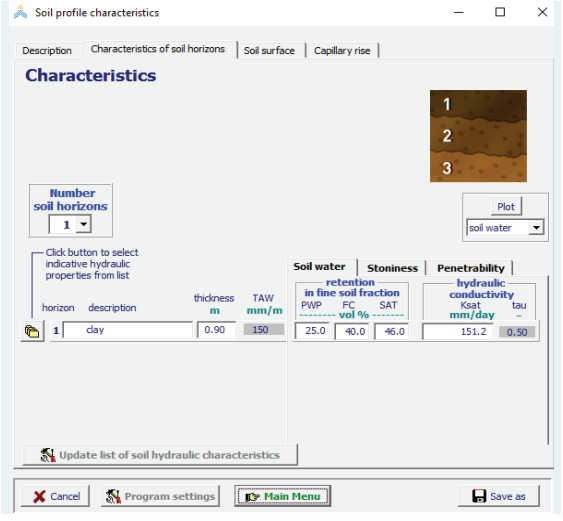
الشكل 8. قائمة إدارة الحقل للمنطقة البعلية مرشوش



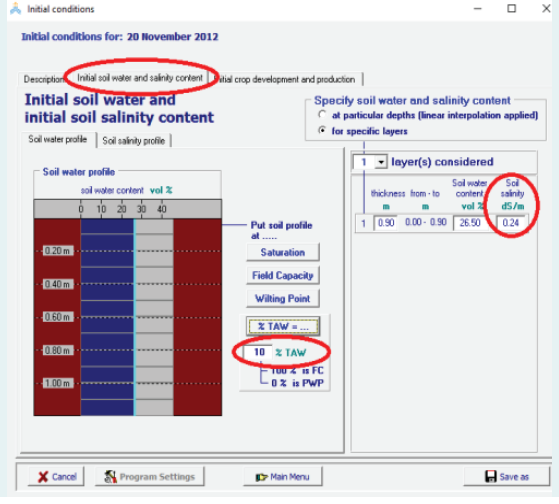
الشكل 9. قائمة إجراءات تشكيل الحقل للمنطقة البعلية مرشوش



الشكل 10. خصائص مقطع التربة للمنطقة البعلية مرشوش



الشكل 11. قائمة الشروط الابتدائية للمنطقة البعلية مرشوش



وتم بعد ذلك إنشاء ملف مقطع التربة وإدخال خصائصها كما هو ممثل االاشكال أسفله.

وأخيرا، تم ضبط فترة المحاكاة بداية من 20 نونبر الموافق لتاريخ الزرع. وتم بعد ذلك إنشاء ملف الشروط الابتدائية، حيث درجة الملوحة هي 0,24 مس/سم والرطوبة عند 10% من مجموع المياه المتاحة.

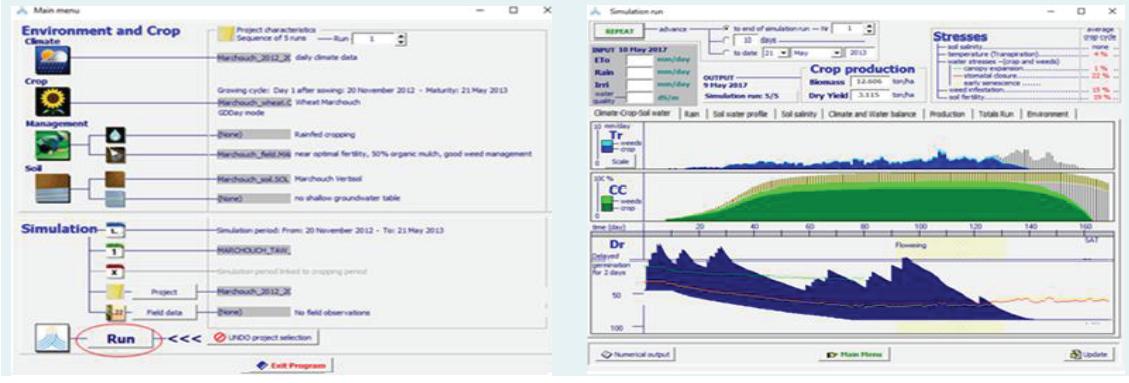
بعدما تم اختيار جميع الملفات، قمنا بإنشاء مشروع المعايرة «Marchouch_2012_2017.PRM» ثم قمنا بتشغيل المحاكاة على خمس سنوات. وقمنا بفحص نتائج المحاكاة لتحليلها وتقييم جودتها باستعمال المؤشرات الإحصائية.

عند مقارنة القيم الناتجة من النموذج مع القيم المقاسة فعليا لإنتاج القمح اللين بموقع التجربة خلال الخمس مواسم الفلاحية الأخيرة، وبعد رسم العلاقة بينها، توصلنا إلى أن معامل الارتباط «R^2» يساوي 0,59. كما أن معدل الفوارق بين القيم الناتجة والقيم المقاسة هو 0,26 طن/هكتار. وبناء على هذا، يمكن الاستنتاج أن البارمترات التي اختيرت في الأخير، وهي التي تم عرضها في الفقرة السالفة، هي الأكثر تمثيلا للحالة المدروسة.

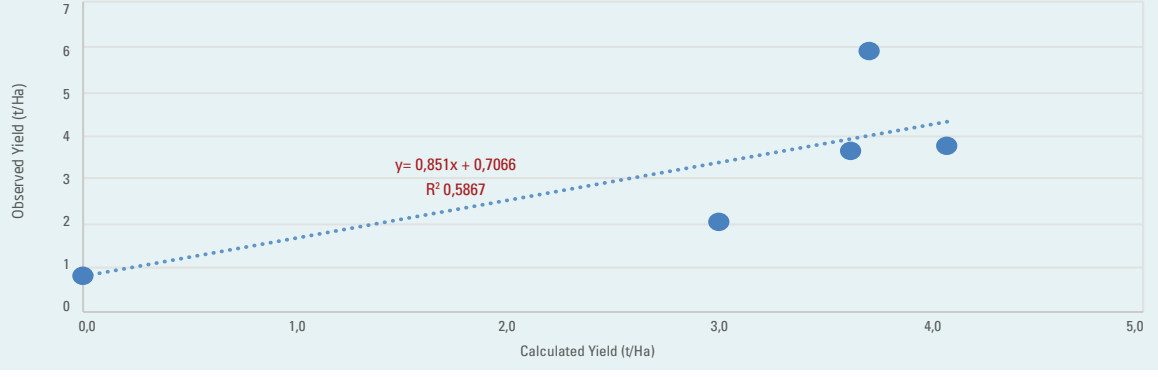
ويمثل الشكل البياني 2 معادلة ومعامل الارتباط.

هذا، وقد قمنا بتقييم النتائج باستعمال أربعة مؤشرات إحصائية إضافية. ويبين الجدول أسفله أنه، باستثناء مؤشر «RMSE»، كل المؤشرات لا بأس بها إلى جيدة.

الشكل 12. تشغيل المحاكاة للمنطقة البعلية مرشوش



الشكل البياني 2. مقارنة قيم الإنتاجية الناتجة من النموذج مع القيم المقاسة فعليا للمنطقة البعلية مرشوش



الجدول 4. المؤشرات الإحصائية لنتائج المحاكاة للمنطقة البعلية مرشوش

المؤشرات الإحصائية	القيمة	تفسير
معامل الارتباط "^{2}R"	0,59	جيد
معدل الفوارق	0,26	جيد
معامل ارتباط "Pearson"	0,77	لا بأس به
جذر متوسط مربع الخطأ "RMSE"	1,15	دون المتوسط
معامل التغير "RMSE-CV"	35,5	دون المتوسط
معامل "effilctuS-Nash"	0,55	لا بأس به
معامل "Willmott"	0,86	جيد

لقد قمنا بإنشاء مشروعين لمحاكاة إنتاجية القمح والشمندر السكري باستعمال البارمترات المقدمة في الفقرة (3) ثم عمدنا إلى مقارنة نتائجها ببيانات المعايرة (الجدول5). تبين على إثر ذلك أنه لا يوجد ارتباط قوي بين النتائج المسجلة فعليا والنتائج التي تم حسابها عن طريق النموذج بحيث لم يتعد معامل الارتباط بيرسون (0.21- r) بالنسبة للقمح و0.30- بالنسبة للشمندر السكري.

إن (r)، بالنسبة للمحصولين المرويين، ناقص جدا ولا يبث عن الحقيقة. وذلك يرجع لكون المعطيات المقدمة في الجدول أعلاه تمثل معدل لمنطقة دكالة بأسرها. أي على اختلاف بيانات مناخها، أصناف محاصيلها، خصائص تربتها، طريقة ريها (الرش، الغمر، التنقيط) وطريقة إدارة الحقل. ومن أجل معالجة هذا الاختلاف عمدنا إلى مقارنة فقط السنوات الثلاثة الأخيرة (2010-2013) المسجلة تحديدا بمنطقة الزمامرة (الجدول 6) مع نظيرتها التي تم حسابها عن طريق « AquaCrop » وبالتالي حصلنا على ارتباط جيد بين النتائج المسجلة فعليا والنتائج التي تم حسابها عن طريق النموذج بحيث سجل معامل الارتباط بيرسون (990. r) بالنسبة للقمح و0.86 بالنسبة للشمندر السكري.

منطقة الزمامرة المروية

تمت معايرة إنتاجية المحصول بمقارنتها ببيانات الإنتاجية المقاسة بمنطقة دكالة.

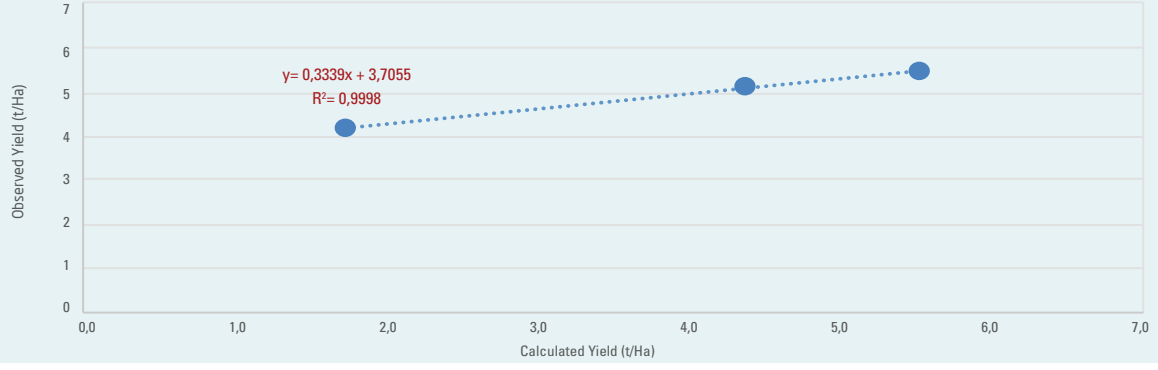
الجدول 5. الإنتاجية الفعلية لمحصولي القمح والشمندر السكري المرويين بمنطقة دكالة

الموسم الفلاحي	القمح اللين (HI = 50%)	الشمندر السكري (HI = 80%)	
	Grain yield (t/ha)	Fresh Yield (t/ha)	Dry Yield (t/ha)
2001-2000	5.19	62.09	13.66
2002-2001	3.17	49.59	10.91
2003-2002	4.61	59.85	13.17
2004-2003	4.78	61.56	13.54
2005-2004	4.92	63.78	14.03
2006-2005	4.34	63.60	13.99
2007-2006	2.85	38.75	8.53
2008-2007	2.77	34.3	7.55
2009-2008	4.53	36.1	7.94
2010-2009	2.62	54.9	12.08
2011-2010	3.63	64.9	14.28
2012-2011	4.64	60	13.20
2013-2012	5.74	67	14.74

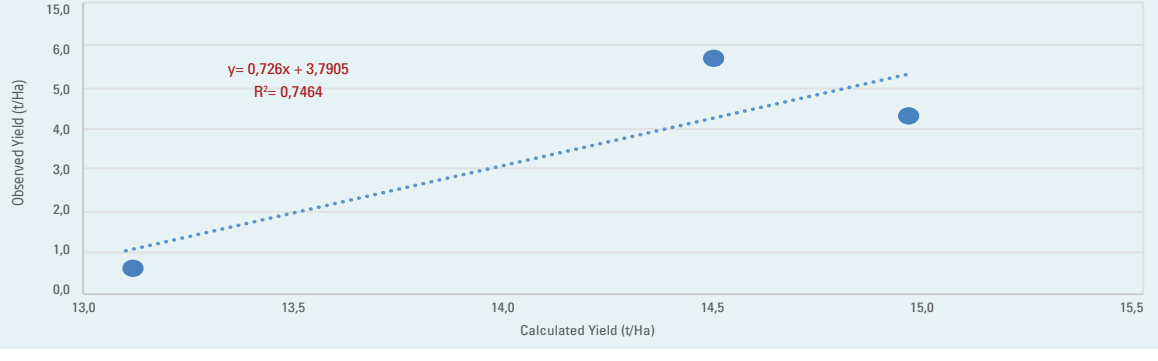
الجدول 6. المؤشرات الإحصائية لنتائج المحاكاة للمنطقة المروية الزمامرة

المؤشرات الإحصائية	القمح اللين		الشمندر السكري	
	القيمة	تفسير	القيمة	تفسير
معامل الارتباط "R^2"	0.9998	جيد جدا	0.7464	جيد
معامل ارتباط "nosraeP" "r"	0.99	جيد	0.86	جيد
جذر متوسط مربع الخطأ "ESMR"	0.7	جيد جدا	0.40	جيد جدا
معامل التغير "ESMR-VC"	13.69	جيد	2.84	جيد جدا

الشكل البياني 3. مقارنة قيم الإنتاجية الناتجة من النموذج مع القيم المقاسة فعليا بالنسبة للقمح اللين



الشكل البياني 4. مقارنة قيم الإنتاجية الناتجة من النموذج مع القيم المقاسة فعليا بالنسبة للشمندر السكري



الجدول 7. الإنتاجية الفعلية لمحصولي القمح والشمندر السكري المرويين بمنطقة الزمامرة

الموسم الفلاحي	القمح اللين (HI = 50%)	الشمندر السكري (HI = 80%)	
	(Grain yield (t/ha	(Fresh Yield (t/ha	(Dry Yield (t/ha
2011-2010	5.30	65	14.30
2012-2011	4.35	60	13.20
2013-2012	5.74	67	14.74

للحصول على هذا المعامل الجيد (r) فقد قمنا بتعديل المعاملات بالنسبة للقمح والشمندر السكري على مستوى (أ) الإدارة، (ب) الظروف الابتدائية (ت) والظروف خارج فترة النمو. كما بدأنا المحاكاة من 1 شتنبر أي فترة جافة (Wilting point). قبل زراعة القمح والشمندر السكري في المناطق المروية نقوم بري قبلي بعشرة أيام قبل البذار وبالتالي تكون الشروط الابتدائية ما يقارب 70 بالمئة من TAW.

أ. الإدارة: لقد تم تغيير إدارة الري وإدارة الحقل فيما يخص خصوبة التربة ومحاربة الأعشاب الضارة.

- **إدارة الري:**

بالنسبة للقمح فقد تم اعتماد جدول الري (فاصل زمني وكمية مياه ثابتين) كالتالي (االشكل 13): بدأ ري القمح بعد 60 يوما من البذار، بكمية 60 مم، ثم تتبع على رأس كل 30 يوما إلى غاية 140 يوم بعد البذار كآخر رية.

وكذلك بالنسبة للشمندر السكري فقد تم اعتماد جدول الري (فاصل زمني وكمية مياه ثابتين) كالتالي (الشكل 14): بدأ سقي الشمندر السكري بعد 20 يوما من البذار، بكمية 60 مم، ثم تتبع على رأس كل 20 يوما إلى غاية 182 يوم بعد البذار كآخر رية.

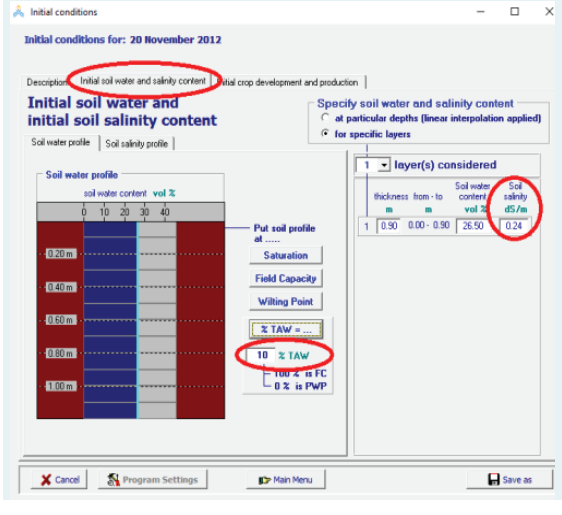
- **إدارة الحقل- خصوبة التربة:**

يحقق المزارعون في الأراضي المخصصة للقمح فعليا خصوبة تربة معتدلة إلى شبه مثلى. وفي هذه الدراسة فقد تم اعتماد الخصوبة الشبه مثلى واختيار الكتلة الحيوية النسبية 81% (الشكل 15). أما بالنسبة للشمندر السكري فقد تم تعديل الخصوبة الشبه مثلى ورفع الكتلة الحيوية النسبية إلى 97% (الشكل 16). وذلك لاعتبار أن الشمندر السكري محصولاً هاماً للغاية في منطقة دكالة، وأيضاً على المستوى الوطني، بحيث تتميز جميع الأراضي المخصصة له بالتخصيب الأمثل.

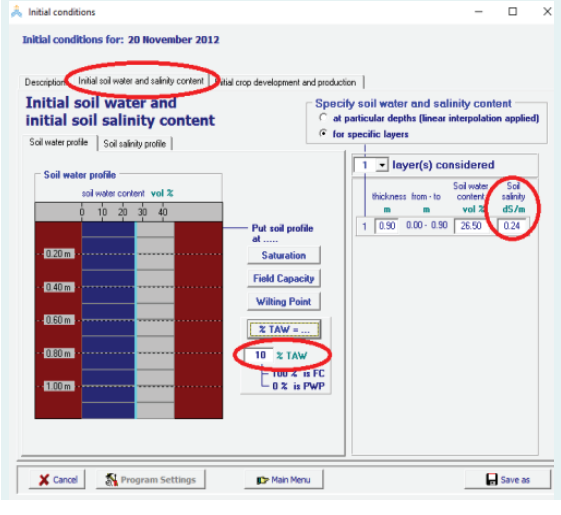
- **إدارة الحقل- محاربة الأعشاب الضارة:**

لقد تم خفض الغطاء النسبي للأعشاب الضارة إلى 5% بالنسبة للقمح و3% بالنسبة للشمندر السكري.

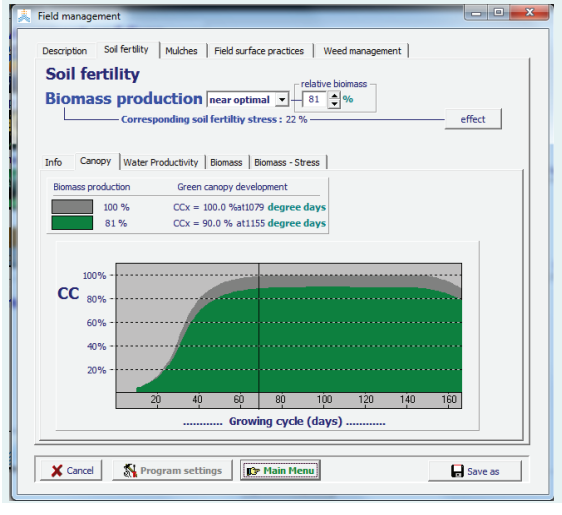
الشكل 13. جدول ري القمح للمنطقة المروية الزمامرة



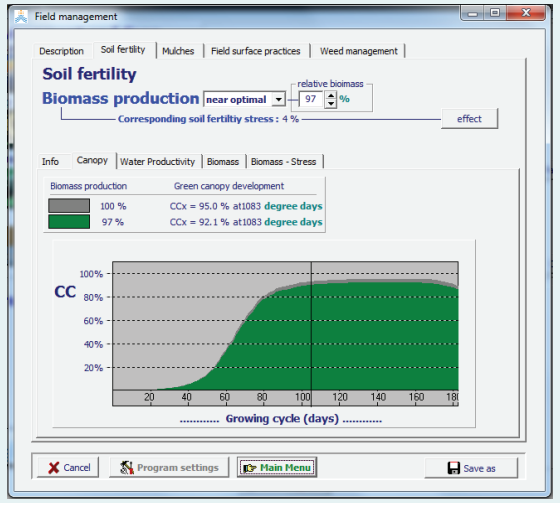
الشكل 14. جدول ري الشمندر السكري



الشكل 15. خصوبة التربة بالنسبة للقمح



الشكل 16. خصوبة التربة بالنسبة للشمندر السكري



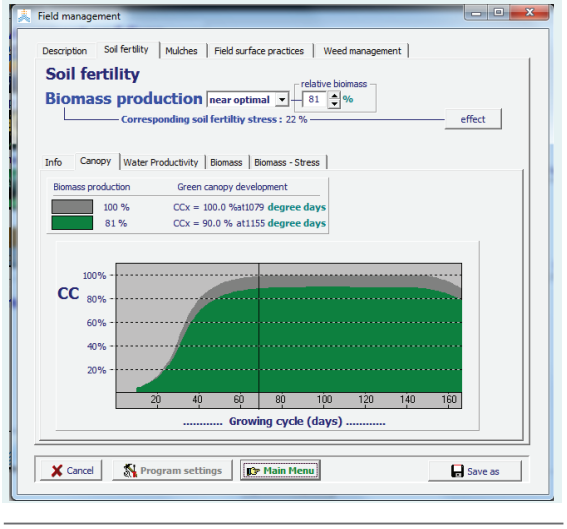
ب. الشروط الابتدائية

لقد تم اعتماد رطوبة التربة بنسبة 70% TAW. وبالتالي قيمة رطوبة التربة هي 21.55 %

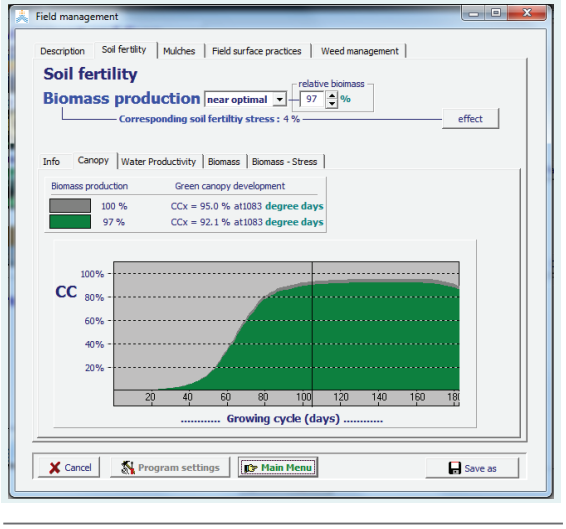
ج. الشروط خارج فترة النمو

لقد تم اختيار ري القمح والشمندر السكري بري أولي قبل البذار بعشرة أيام، كما يجري فعليا في منطقة الزمامرة. ملفي الشروط خارج فترة النمو يتضمنان، بالنسبة للقمح، عملية ري بعد 66 يوما من 1 شتنبر، ما يواتي 5 نونبر، أي عشرة أيام قبل البذار الذي يتم في 15 نونبر، و18 نونبر بالنسبة للشمندر السكري، أي عشرة أيام قبل البذار الذي يتم في 28 نونبر. الهدف من إعتبار الشروط خارج فترة النمو هو الأخذ بالاعتبار الرطوبة الابتدائية، عند البذار، التي تساوي 70% TAW نتيجة للري القبلي السابق لتاريخ البذار بعشرة أيام.

الشكل 17. الرطوبة الابتدائية للتربة للمنطقة المروية الزمامرة



الشكل 18. الشروط خارج فترة النمو للشمندر السكري بالمنطقة المروية الزمامرة



5. تطبيق برنامج "AquaCrop" والسيناريوهات المعتمدة المدروسة للتغيرات المناخية

تعتبر التغيرات المناخية من معوقات الإنتاج الزراعي بالمغرب، خصوصا مع الارتفاع المتزايد في الاستغلال الغير معقلن للموارد الطبيعية. حيث أنه منذ سنة 1960، لوحظ ارتفاع في متوسط الحرارة ب 1 درجة مئوية على المستوى الوطني. وتشير التوقعات العامة إلى ارتفاع في درجات الحرارة قد يبلغ 1,6 درجة مئوية في أفق سنة 2030 و2,9 درجة مئوية في أفق سنة 2050 و4,1 درجة مئوية في أفق سنة. 2080كما يُتوقع خصاص في المياه في حدود سنة 2040 بكل من المنطقة الوسطى والجنوبية للبلد. أما بالنسبة للهطول المطري، فمن المتوقع انخفاضه ب 10٪ إلى 20٪ بالمنطقة الوسطى وب 30٪ بالمنطقة الجنوبية، إضافة إلى ارتفاع ملحوظ في الظواهر المناخية الاستثنائية وأهمها العواصف والفيضانات[9].

ولتقييم تأثير التغيرات المناخية في منطقتي الدراسة (مرشوش والزمامرة)، اعتمدنا على ثلاثة نماذج مناخية، وهي نموذج «CNRM-CM5» ونموذج «ECEARTH» ونموذج «GFDL-ESM2M»، وذلك بتطبيق السيناريوهين RCP 4.5 وRCP 8.5 لحالة تغير تركيز ثاني أكسيد الكربون وسيناريو لحالة ثبات تركيز ثاني اكسيد الكربون عند 350. ppm وقد استندنا في دراستنا على ثلاث فترات زمنية، وهي 1985-2005 كفترة أساس و2020-2030 كفترة ثانية و2040-2050 كفترة ثالثة.

حالة القمح اللين في المنطقة البعلية مرشوش

بعد تحليل المعطيات المناخية اليومية للنماذج والسيناريوهات المناخية المستعملة في الفترات الثلاث، اتضح بالنسبة للمنطقة البعلية مرشوش أن السيناريو «RCP8.5» لحالة تغير تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون يشير إلى ارتفاع متوسط درجة الحرارة الدنيا بمعدل 0,4 درجة مئوية بالنسبة للفترة 2020-2030 مقارنة بفترة الأساس (1985-2005) وارتفاع متوسط درجة الحرارة العظمى بمعدل 0,9 درجة مئوية بالنسبة لنفس الفترة، إضافة إلى انخفاض الهطول المطري بمعدل 37,8 مم وانخفاض الهطول المطري الموسمي للقمح بمعدل 38.7 مم. في حين، يشير السيناريو بالنسبة للفترة 2040-2050 مقارنة بفترة الأساس إلى ارتفاع متوسط درجة الحرارة الدنيا بمعدل 0,9 وارتفاع متوسط درجة الحرارة العظمى بمعدل 1,6 درجة مئوية، إضافة إلى انخفاض الهطول المطري بمعدل 103,8 مم وانخفاض الهطول المطري الموسمي للقمح بمعدل 103.33 مم.

ويشير السيناريو «RCP 4.5» لحالة تغير تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون إلى تطور أقل حدة من حيث ارتفاع معدل درجات الحرارة وانخفاض معدل الهطول المطري. حيث تدل النماذج إلى ارتفاع متوسط درجة الحرارة الدنيا بمعدل 0,36 درجة مئوية بالنسبة للفترة 2020-2030 مقارنة بفترة الأساس وارتفاع متوسط درجة الحرارة العظمى بمعدل 0,58 درجة مئوية بالنسبة لنفس الفترة، إضافة إلى انخفاض الهطول المطري بمعدل 12 مم وانخفاض الهطول المطري الموسمي للقمح بمعدل 11.1 مم. في حين، يشير السيناريو بالنسبة للفترة 2040-2050 مقارنة بفترة الأساس إلى ارتفاع متوسط درجة الحرارة الدنيا بمعدل 0,77 وارتفاع متوسط درجة الحرارة العظمى بمعدل 1,23 درجة مئوية، إضافة إلى انخفاض الهطول المطري بمعدل 36 مم وانخفاض الهطول المطري الموسمي للقمح بمعدل 45.86 مم.

وبالنسبة للحالة الافتراضية لثبات تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون، تبين النماذج إلى تطور أكثر حدة من حالة تغير التركيز، وذلك بالنسبة للسيناريوهين «RCP 4.5» و«RCP 8.5». حيث يُتوقّع انخفاض الهطول المطري الموسمي للقمح بالنسبة للسيناريو «RCP8.5» بمعدل 50,1 مم بالنسبة للفترة 2020-2030 وبمعدل 69,6 مم بالنسبة للفترة 2050-2040 مقارنة بفترة الأساس. في حين، يشير للسيناريو «RCP4.5» إلى انخفاض الهطول المطري الموسمي للقمح بمعدل 32,5 مم بالنسبة للفترة 2020-2030 وبمعدل 31,5 مم بالنسبة للفترة 2040-2050 مقارنة بفترة الأساس.

وتشير الجداول أسفله إلى التغيرات المتوقعة للبارمترات الأربعة في فترتي الدراسة مقارنة بفترة الأساس بالنسبة لمختلف النماذج للسيناريوهين «RCP 8.5» و«RCP 4.5» لحالتي تغير وثبات تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون.

الجدول 8. التغيرات المتوقعة للهطول المطري والهطول المطري الموسمي للقمح والحرارة الصغرى والحرارة العظمى للفترتين 2020-2030 و2040-2050 مقارنة بفترة الأساس (1985-2005) في مرشوش باستخدام المحاكاة RCA4 للنماذج EC-Earth، CNRM-CM5، GFDL-ESM2M وفقا للسيناريو RCP 8.5 لحالة تغير تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون

Parameter	2030-2020	2050-2040
CM5-CNRM		
الهطول المطري الموسمي للقمح (مم)	-22	-134
الهطول المطري السنوي (مم)	-18.375	-133.835
درجة الحرارة العظمى (°C)	+ 0.4	+ 1.56
درجة الحرارة الدنيا (°C)	+ 0.1	+ 0.73
Earth-EC		
الهطول المطري الموسمي للقمح (مم)	-45	-117
الهطول المطري السنوي (مم)	-45.02	-119.53
درجة الحرارة العظمى (°C)	+0.81	+ 1.51
درجة الحرارة الدنيا (°C)	+ 0.47	+0.98
ESM2M-GFDL		
الهطول المطري الموسمي للقمح (مم)	-49	-59
الهطول المطري السنوي (مم)	-50.1	- 56.5
درجة الحرارة العظمى (°C)	+ 0.94	+ 1.6
درجة الحرارة الدنيا (°C)	+ 0.63	+ 1

الجدول 9. التغيرات المتوقعة للهطول المطري الموسمي للقمح للفترتين 2020-2030 و2040-2050 مقارنة بفترة الأساس (1985-2005) في مرشوش باستخدام المحاكاة RCA4 للنماذج EC-Earth، CNRM-CM5، GFDL-ESM2M وفقا للسيناريو RCP 8.5 لحالة ثبات تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون

Parameter	2030-2020	2050-2040
CM5-CNRM		
الهطول المطري الموسمي للقمح (مم)	-22	-134
Earth-EC		
الهطول المطري الموسمي للقمح (مم)	-45	-117
ESM2M-GFDL		
الهطول المطري الموسمي للقمح (مم)	-49	-59

الجدول 10. التغيرات المتوقعة للهطول المطري والهطول المطري الموسمي للقمح والحرارة الصغرى والحرارة العظمى للفترتين 2020-2030 و2040-2050 مقارنة بفترة الأساس (1985-2005) في مرشوش باستخدام المحاكاة RCA4 للنماذج GFDL-ESM2M، CNRM-CM5، EC-Earth وفقا للسيناريو RCP 4.5 لحالة تغير تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون

Parameter	2030-2020	2050-2040
CM5-CNRM		
الهطول المطري الموسمي للقمح (مم)	-1.36	-29.69
الهطول المطري السنوي (مم)	-9.52	-13.4
درجة الحرارة العظمى (°C)	+0.53	+1.18
درجة الحرارة الدنيا (°C)	+0.22	+0.61
Earth-EC		
الهطول المطري الموسمي للقمح (مم)	-20.91	-46.79
الهطول المطري السنوي (مم)	-23.02	-5.61
درجة الحرارة العظمى (°C)	+0.58	+1.07
درجة الحرارة الدنيا (°C)	+0.43	+0.91
ESM2M-GFDL		
الهطول المطري الموسمي للقمح (مم)	-10.77	-60.83
الهطول المطري السنوي (مم)	-3.58	-89.43
درجة الحرارة العظمى (°C)	+0.63	+1.45
درجة الحرارة الدنيا (°C)	+0.43	+0.80

الجدول 11. التغيرات المتوقعة للهطول المطري الموسمي للقمح للفترتين 2020-2030 و2040-2050 مقارنة بفترة الأساس (1985-2005) في مرشوش باستخدام المحاكاة RCA4 للنماذج GFDL-ESM2M، CNRM-CM5، EC-Earth وفقا للسيناريو RCP 4.5 لحالة ثبات تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون

Parameter	2030-2020	2050-2040
CM5-CNRM		
الهطول المطري الموسمي للقمح (مم)	-1.36	-29.96
Earth-EC		
الهطول المطري الموسمي للقمح (مم)	-20.91	-46.79
ESM2M-GFDL		
الهطول المطري الموسمي للقمح (مم)	-10.77	-60.83

حالة القمح اللين والشمندر السكري في المنطقة السقوية الزمامرة

إن تنبؤ السيناريوهين (RCP 4.5 وRCP 8.5)، خلال الفترة 1985 – 2050، يلمح بالتأثير السلبي للتغيرات المناخية على الموارد المائية وبالتالي على إنتاجية المحاصيل. نسبيا، السيناريو RCP 8.5 أكثر قساوة من «RCP 4.5". حيث بعد تحليل المعطيات المناخية اليومية للنماذج والسيناريوهات المناخية المستعملة في الفترات الثلاث، اتضح أن السيناريو «RCP 4.5» يشير إلى ارتفاع في قياس الحرارة ب 1.5 درجة مئوية بالنسبة للحرارة القصوى وب 1 درجة مئوية بالنسبة للحرارة الدنيا وانخفاض ب 37 مم بالنسبة للأمطار في المستقبل في اواخر 2050.

بينما يشير السيناريو «RCP 8.5» إلى ارتفاع في قياس الحرارة ب 1.9 درجة مئوية بالنسبة للحرارة القصوى وب 1.1 درجة مئوية بالنسبة للحرارة الدنيا وانخفاض ب 53 مم بالنسبة للأمطار. أما بالنسبة لمتوسط الهطول المطري الموسمي للقمح والشمندر السكري في الفترتين 2020-2030 و2040-2050 مقارنة بفترة الأساس (1985-2005) في الزمامرة وفقا للسيناريوين RCP 4.5 وRCP 8.5 لحالتي ثبات وتغير تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون، يتجلى لنا أنه سيكون هناك، عامة، انخفاض طفيف بالنسبة للسيناريو RCP 4.5 في الفترتين المستقبليتين. أما بالنسبة للسيناريو RCP 8.5 فسيسجل هناك انخفاض بارز، أكثر من الربع، في متوسط الهطول المطري الموسمي للقمح والشمندر السكري في الفترة 2040 - 2050.

هذا، وتشير الجداول 12 - 15 إلى التغيرات المتوقعة للبارمترات الأربعة في فترتي الدراسة مقارنة بفترة الأساس بالنسبة لمختلف النماذج للسيناريوهين «RCP 8.5» و«RCP 4.5» لحالتي تغير وثبات تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون.

الجدول 12. التغيرات المتوقعة للهطول المطري والهطول المطري الموسمي للقمح والشمندر السكري والحرارة الصغرى والحرارة العظمى للفترتين 2020-2030 2040-2050 مقارنة بفترة الأساس (1985-2005) في الزمامرة باستخدام المحاكاة RCA4 للنماذج EC-Earth، CNRM-CM5 ،GFDL-ESM2M وفقا للسيناريو RCP 8.5 لحالة تغير تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون

Parameter	2030-2020	2050-2040
CM5-CNRM		
الهطول المطري الموسمي للقمح (مم)	-5.29	-70.98
الهطول المطري الموسمي للشمندر السكري (مم)	-1.82	-64.80
الهطول المطري السنوي (مم)	-23.47	-95.8
درجة الحرارة العظمى (°C)	0.32	1.35
درجة الحرارة الدنيا (°C)	0.15	0.82
Earth-EC		
الهطول المطري الموسمي للقمح (مم)	-56.49	-109.16
الهطول المطري الموسمي للشمندر السكري (مم)	-34.14	-119.64
الهطول المطري السنوي (مم)	-49.54	-129.63
درجة الحرارة العظمى (°C)	0.77	1.41
درجة الحرارة الدنيا (°C)	0.51	0.98
ESM2M-GFDL		
الهطول المطري الموسمي للقمح (مم)	-7.06	-45.03
الهطول المطري الموسمي للشمندر السكري (مم)	9.39	-18.73
الهطول المطري السنوي (مم)	-9.33	-60.46
درجة الحرارة العظمى (°C)	0.86	1.51
درجة الحرارة الدنيا (°C)	0.66	1.06

الجدول 13. التغيرات المتوقعة للهطول المطري الموسمي للقمح والشمندر السكري للفترتين 2020-2030 و 2040-2050 مقارنة بفترة الأساس (1985-2005) في الزمامرة باستخدام المحاكاة RCA4 للنماذج EC-Earth، CNRM-CM5،GFDL-ESM2M وفقا للسيناريو RCP 8.5 لحالة ثبات تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون

Parameter	2030-2020	2050-2040
CM5-CNRM		
الهطول المطري الموسمي للقمح (مم)	-5.29	-70.98
الهطول المطري الموسمي للشمندر السكري (مم)	-1.82	-64.80
Earth-EC		
الهطول المطري الموسمي للقمح (مم)	-56.49	-109.16
الهطول المطري الموسمي للشمندر السكري (مم)	-34.14	-119.64
ESM2M-GFDL		
الهطول المطري الموسمي للقمح (مم)	-7.06	-45.03
الهطول المطري الموسمي للشمندر السكري (مم)	9.39	-18.73

الجدول 14. التغيرات المتوقعة للهطول المطري والهطول المطري الموسمي للقمح والشمندر السكري والحرارة الصغرى والحرارة العظمى للفترتين 2020-2030 و2040-2050 مقارنة بفترة الأساس (1985-2005) في الزمامرة باستخدام المحاكاة RCA4 للنماذج GFDL-ESM2M، CNRM-CM5، EC-Earth وفقا للسيناريو RCP 4.5 لحالة تغير تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون

Parameter	2030-2020	2050-2040
CM5-CNRM		
الهطول المطري الموسمي للقمح (مم)	25.29	14.08
الهطول المطري الموسمي للشمندر السكري (مم)	52.42	2.23
الهطول المطري السنوي (مم)	7.23	15.19
درجة الحرارة العظمى (°C)	0.43	0.9
درجة الحرارة الدنيا (°C)	0.32	0.62
Earth-EC		
الهطول المطري الموسمي للقمح (مم)	-45.45	-6.40
الهطول المطري الموسمي للشمندر السكري (مم)	-44.33	-12.14
الهطول المطري السنوي (مم)	-49.81	-24.54
درجة الحرارة العظمى (°C)	0.57	0.97
درجة الحرارة الدنيا (°C)	0.42	0.80
ESM2M-GFDL		
الهطول المطري الموسمي للقمح (مم)	-4.11	-42.88
الهطول المطري الموسمي للشمندر السكري (مم)	10.89	-21.18
الهطول المطري السنوي (مم)	-9.33	-60.46
درجة الحرارة العظمى (°C)	0.66	1.35
درجة الحرارة الدنيا (°C)	0.55	0.86

الجدول 15. التغيرات المتوقعة للهطول المطري الموسمي للقمح والشمندر السكري للفترتين 2020-2030 و2040-2050 مقارنة بفترة الأساس (1985-2005) في الزمامرة باستخدام المحاكاة RCA4 للنماذج GFDL-ESM2M، CNRM-CM5، EC-Earth وفقا للسيناريو RCP 4.5 لحالة ثبات تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون

Parameter	2030-2020	2050-2040
CM5-CNRM		
الهطول المطري الموسمي للقمح (مم)	25.29	14.08
الهطول المطري الموسمي للشمندر السكري (مم)	52.42	2.23
Earth-EC		
الهطول المطري الموسمي للقمح (مم)	-45.45	-6.40
الهطول المطري الموسمي للشمندر السكري (مم)	-44.33	-12.14
ESM2M-GFDL		
الهطول المطري الموسمي للقمح (مم)	-4.11	-42.88
الهطول المطري الموسمي للشمندر السكري (مم)	10.89	-21.18

6. نتائج الدراسة

نتطرق في هذه الفقرة لمدى تأثير التغيرات المناخية على الانتاجية وطول موسم النمو والتبخر. نتح المرجعي والاستهلاك المائي الفعلي والإنتاجية المائية في المنطقتين، البعلية والمروية، التي تم حسابها عن طريق برنامج AquaCrop، للثلاثة نماذج المناخية (EC-EARTH، GFDL-ESM2M وCNRM-CM5) وحسب السيناريوهين (RCP 4.5 وRCP 8.5) لحالة ثبات وتزايد تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون وذلك خلال الفترات الزمنية 1985 – 2005، 2020 – 2030 و2040 – 2050.

حالة القمح اللين في المنطقة البعلية مرشوش

تمثل الجداول الأربعة أسفله نتائج المحاكاة التي تبين تأثير التغيرات المناخية على كل من الإنتاجية وطول موسم النمو والتبخر-نتح المرجعي والفعلي والإنتاجية المائية، وذلك بالنسبة للسيناريو «RCP 8.5» لحالة تغير تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون. حيث ستعرف الإنتاجية ارتفاعا ب 2,4٪ في الفترة 2020 - 2030 ثم انخفاضا ب 1,9٪ خلال الفترة 2040 - 2050 مقارنة مع فترة الأساس. وسيعرف طول موسم النمو كذلك انخفاضين ب 8 أيام في الفترة 2020 - 2030 وب 19 يوما خلال الفترة 2040 - 2050 مقارنة مع فترة الأساس. وفيما يخص التبخر-نتح فسينخفض في الفترتين، مع انخفاض أكبر للتبخر-نتح الفعلي. أما الإنتاجية المائية فستعرف ارتفاعا في الفترتين مقارنة مع فترة الأساس.

هذا، وقد تم استعمال النموذج الإحصائي «SPSS» لأجل إجراء اختبار إحصائي بواسطة «T Student test» لتساوي معدلين والذي يبين مدى التغيرات في الفترتين 2020 - 2030 و2040 - 2050 مقارنة بفترة الأساس. حيث تشير نتائج الاختبار إلى أن طول فترة النمو والتبخر-نتح سيعرفان تغيرات معنوية في كلتا الفترتين، بينما ستعرف الإنتاجية تغيرات غير معنوية. وقد بلغ معامل «T» للفترة 2020 - 2030 0,014 بالنسبة لطول فترة النمو و0,004 للتبخر-نتح المرجعي، بينما بلغ 0,774 بالنسبة للإنتاجية. أما بالنسبة للفترة 2040 - 2050، فقد بلغ معامل «T» 0,003 بالنسبة لطول فترة النمو وأقل من 0,001 للتبخر - نتح المرجعي والفعلي، بينما بلغ 0,831 بالنسبة للإنتاجية.

الجدول 16. متوسط إنتاجية القمح في مرشوش والتغير المتوقع في الانتاجيه من اجل السيناريو RCP8.5 لحالة تغير تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون

Parameter	متوسط التغير خلال الفترة (2020-2030)	متوسط التغير خلال الفترة (2040-2050)
الإنتاج في سنة الأساس (طن/هكتار)	4.07	
التغير المطلق (طن/هكتار)	-0.08	+0.10
التغير النسبي (%)	-1.90 %	+2.40 %

الجدول 17. متوسط طول موسم النمو خلال فترة الأساس 1986-2005 وخلال الفترات 2020-2030 و2040-2050 من اجل السيناريو RCP8.5 لحالة تغير تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون

	خلال فترة الأساس 1986-2005	خلال الفترة 2020-2030	خلال الفترة 2040-2050
طول موسم النمو(يوم)	150	142	131

الجدول 18. التبخر-النتح المرجعي والفعلي خلال فترة الأساس 1986-2005 وخلال الفترات 2020-2030 و2040-2050 من اجل السيناريو RCP8.5 لحالة تغير تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون

	خلال فترة الأساس 1986-2005	خلال الفترة 2020-2030	خلال الفترة 2040-2050
التبخر النتح المرجعي (مم)	322	312	310
التبخر نتح الفعلي (مم)	241	222	200

الجدول 19. الانتاجيه المائيه خلال فترة الأساس 1986-2005 وخلال الفترات 2020-2030و 2040-2050 من اجل السيناريو RCP8.5 لحالة تغير تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون

	خلال فترة الأساس 1986-2005	خلال الفترة 2020-2030	خلال الفترة 2040-2050
الانتاجيه المائيه	1.66	1.86	1.84

تمثل الجداول الأربعة أسفله نتائج المحاكاة التي تبين تأثير التغيرات المناخية على كل من الإنتاجية وطول موسم النمو والتبخر - نتح المرجعي والفعلي والإنتاجية المائية، وذلك بالنسبة للسيناريو «RCP 8.5» لحالة ثبات تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون. حيث ستعرف الإنتاجية انخفاضا ب 9٪ في الفترة 2020 - 2030، ثم انخفاضا ب 26٪ خلال الفترة 2040 - 2050 مقارنة مع فترة الأساس، وذلك في تناقص أكثر حدة منه في حالة تغير تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون. هذا وسيتقلص طول موسم النمو مقارنة مع حالة التغير، حيث يبلغ 150 يوما في فترة الأساس، 142 يوما في الفترة 2020 - 2030 و131 يوما خلال الفترة 2040 - 2050. وفيما يخص التبخر - نتح فالتطور يشبه حالة تغير تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون. أما الإنتاجية المائية فستعرف إنخفاضا على طول الفترتين مقارنة مع فترة الأساس، مع تقلص واضح بالنسبة لحالة تغير تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون. تشير نتائج اختبار T Student test“» إلى أن طول فترة النمو والتبخر-نتح سيعرفان تغيرات معنوية في كلتا الفترتين، بينما تكون تغيرات الإنتاجية غير معنوية في الفترة 2020-2030 ومعنوية في الفترة 2040-2050.

الجدول 20. متوسط إنتاجية القمح في مرشوش والتغير المتوقع في الانتاجيه من اجل السيناريو RCP8.5 لحالة ثبات تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون

	متوسط التغير خلال الفترة (2020-2030)	متوسط التغير خلال الفترة (2040-2050)
الإنتاج في سنة الأساس (طن/هكتار)	4.01	
التغير المطلق (طن/هكتار)	-0.36	-1.03
التغير النسبي (%)	-9 %	-26 %

الجدول 21. متوسط طول موسم النمو خلال فترة الأساس 1986-2005 وخلال الفترات 2020-2030 و2040-2050 من اجل السيناريو RCP8.5 لحالة ثبات تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون

	خلال فترة الأساس 1986-2005	خلال الفترة 2020-2030	خلال الفترة 2040-2050
طول موسم النمو(يوم)	150	142	131

الجدول 22. التبخر-النتح المرجعي والفعلي خلال فترة الأساس 2005-1986 وخلال الفترات 2030-2020 و2050-2040 من اجل السيناريو RCP8.5 لحالة ثبات تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون

	خلال فترة الأساس 2005-1986	خلال الفترة 2030-2020	خلال الفترة 2050-2040
التبخر النتح المرجعي (مم)	322	312	310
التبخر نتح الفعلي (مم)	238	223	195

الجدول 23. الانتاجيه المائيه خلال فترة الأساس 2005-1986 وخلال الفترات 2030-2020 و-2040 2050 من اجل السيناريو RCP8.5 لحالة ثبات تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون

	خلال فترة الأساس 2005-1986	خلال الفترة 2030-2020	خلال الفترة 2050-2040
الانتاجيه المائيه	1.66	1.62	1.32

تمثل الجداول الأربعة أسفله نتائج المحاكاة التي تبين تأثير التغيرات المناخية على كل من الإنتاجية وطول موسم النمو والتبخر-نتح المرجعي والفعلي والإنتاجية المائية، وذلك بالنسبة للسيناريو «RCP 4.5» لحالة تغير تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون. حيث ستعرف الإنتاجية انخفاضا كبيرا (عكس سيناريو 8.5) في الفترة 2020 - 2030 ثم انخفاضا أقل من حالة السيناريو 8.5 خلال الفترة 2040 - 2050 مقارنة مع فترة الأساس. وسيعرف طول موسم النمو انخفاضا ب 18 يوما في الفترة الأولى وب 15 يوما في الفترة الثانية. وفيما يخص التبخر-نتح فسينخفض في الفترتين، مع انخفاض أكبر للتبخر-نتح الفعلي (مثل سيناريو 8.5). أما الإنتاجية المائية فستعرف انخفاضا في الفترة الأولى ثم ارتفاعا طفيفا في الفترة الثانية.

هذا، وقد تم استعمال النموذج الإحصائي «SPSS» لأجل إجراء اختبار إحصائي بواسطة «T Student test» لتساوي معدلين والذي يبين مدى التغيرات في الفترتين 2020 - 2030 و2040 - 2050 مقارنة بفترة الأساس. حيث تشير نتائج الاختبار إلى أن طول فترة النمو والتبخر - نتح سيعرفان تغيرات معنوية في كلتا الفترتين، بينما ستعرف الإنتاجية تغيرات غير معنوية. وقد بلغ معامل «T» للفترة 2020 - 2030 0,013 بالنسبة لطول فترة النمو و0,002 للتبخر - نتح المرجعي، بينما بلغ 0,122 بالنسبة للإنتاجية. أما بالنسبة للفترة 2040-2050، فقد بلغ معامل «T» 0,014 بالنسبة لطول فترة النمو و0,004 للتبخر - نتح المرجعي، بينما بلغ 0,774 بالنسبة للإنتاجية.

الجدول 24. متوسط إنتاجية القمح في مرشوش والتغير المتوقع في الانتاجيه من اجل السيناريو RCP4.5 لحالة تغير تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون

	متوسط التغير خلال الفترة (2020-2030)	متوسط التغير خلال الفترة (2040-2050)
الإنتاج في سنة الأساس (طن/هكتار)	4.04	
التغير المطلق (طن/هكتار)	-0.53	-0.06
التغير النسبي (%)	-13.2 %	-1.6 %

الجدول 25. متوسط طول موسم النمو خلال فترة الأساس 1986-2005 وخلال الفترات 2020-2030 و2040-2050 من اجل السيناريو RCP4.5 لحالة تغير تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون

	خلال فترة الأساس 2005-1986	خلال الفترة 2030-2020	خلال الفترة 2050-2040
طول موسم النمو(يوم)	148	130	133

الجدول 26. التبخر-النتح المرجعي والفعلي خلال فترة الأساس 1986-2005 وخلال الفترات 2020-2030 و2040-2050 من اجل السيناريو RCP4.5 لحالة تغير تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون

	خلال فترة الأساس 1986-2005	خلال الفترة 2020-2030	خلال الفترة 2040-2050
التبخر النتح المرجعي (مم)	329	319	313
التبخر نتح الفعلي (مم)	240	216	222

الجدول 27. الانتاجيه المائيه خلال فترة الأساس 1986-2005 وخلال الفترات 2020-2030 و2040- 2050 من اجل السيناريو RCP4.5 لحالة تغير تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون

	خلال فترة الأساس 1986-2005	خلال الفترة 2020-2030	خلال الفترة 2040-2050
الانتاجيه المائيه	1.65	1.6	1.76

تمثل الجداول الأربعة أسفله نتائج المحاكاة التي تبين تأثير التغيرات المناخية على كل من الإنتاجية وطول موسم النمو والتبخر-نتح المرجعي والفعلي والإنتاجية المائية، وذلك بالنسبة للسيناريو «RCP 4.5» لحالة ثبات تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون. حيث ستعرف الإنتاجية انخفاضا ب 23٪ في الفترة 2020 - 2030، ثم انخفاضا ب 18٪ خلال الفترة 2040 - 2050 مقارنة مع فترة الأساس، وذلك في تناقص أكثر حدة منه في حالة تغير تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون. هذا وسيتقلص طول موسم النمو، حيث يبلغ 148 يوما في فترة الأساس، 130 يوما في الفترة 2020 - 2030 و133 يوما خلال الفترة 2040 - 2050. وفيما يخص التبخر-نتح فالتطور يشبه حالة تغير تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون. أما الإنتاجية المائية فستعرف إنخفاضا على طول الفترتين مقارنة مع فترة الأساس، مع تقلص واضح بالنسبة لحالة تغير تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون. تشير نتائج اختبار «T Student test» إلى أن تغيرات طول فترة النمو والتبخر-نتح والإنتاجية هي تغيرات معنوية في كلتا الفترتين 2020-2030 و2040-2050.

الجدول 28. متوسط إنتاجية القمح في مرشوش والتغير المتوقع في الانتاجيه من اجل السيناريو RCP4.5 لحالة ثبات تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون

	متوسط التغير خلال الفترة (2020-2030)	متوسط التغير خلال الفترة (2040-2050)
الإنتاج في سنة الأساس (طن/هكتار)	3.92	
التغير المطلق (طن/هكتار)	-0.91	-0.71
التغير النسبي (%)	-23 %	-18 %

الجدول 29. متوسط طول موسم النمو خلال فترة الأساس 1986-2005 وخلال الفترات 2020-2030 و2040-2050 من اجل السيناريو RCP4.5 لحالة ثبات تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون

	خلال فترة الأساس 1986-2005	خلال الفترة 2020-2030	خلال الفترة 2040-2050
طول موسم النمو(يوم)	148	130	133

الجدول 30. التبخر-النتح المرجعي والفعلي خلال فترة الأساس 1986-2005 وخلال الفترات 2020-2030 و2040-2050 من اجل السيناريو RCP4.5 لحالة ثبات تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون

	خلال فترة الأساس 1986-2005	خلال الفترة 2020-2030	خلال الفترة 2040-2050
التبخر النتح المرجعي (مم)	329	319	313
التبخر نتح الفعلي (مم)	240	211	222

الجدول 31. الانتاجيه المائيه خلال فترة الأساس 1986-2005 وخلال الفترات 2020-2030 و2040-2050 من اجل السيناريو RCP4.5 لحالة ثبات تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون

	خلال فترة الأساس 1986-2005	خلال الفترة 2020-2030	خلال الفترة 2040-2050
الانتاجيه المائيه	1.6	1.25	1.4

حالة القمح اللين والشمندر السكري في المنطقة السقوية الزمامرة

يقدم الجدولان 32 و33 نتائج المحاكاة التي تخص تأثير التغيرات المناخية على كل من التبخر-نتح المرجعي، الاستهلاك المائي الفعلي، طول موسم النمو، الإنتاجية، والإنتاجية المائية للقمح اللين والشمندر السكري خلال الفترات 1985 - 2005، 2020 - 2030 و2040 - 2050 وذلك بالنسبة للسيناريوهين RCP 4.5 وRCP 8.5 ولحالتي ثبات وتزايد تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون.

الجدول 32. تأثير التغيرات المناخية على متوسط التبخر-نتح المرجعي، الاستهلاك المائي الفعلي (مم)، طول موسم النمو، الإنتاجية، والإنتاجية المائية للقمح

تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون	ثابت						متزايد					
RCP	4.5			8.5			4.5			8.5		
الفترة	1985 /2005	2020 /2030	2040 /2050	1985 /2005	2020 /2030	2040 /2050	1985 /2005	2020 /2030	2040 /2050	1985 /2005	2020 /2030	2040 /2050
النتح بخر المرجعي (مم)	453.0	448.5	444.7	449.8	449.8	453.4	453.0	448.5	444.7	449.8	449.8	453.4
الاستهلاك المائي الفعلي (مم)	329.6	326.0	319.8	331.9	325.8	318.2	329.6	324.2	316.2	331.8	323.4	314.2
طول موسم النمو (يوم)	160	155	154	160	154	151	160	155	154	160	154	151
الإنتاجية (طن/ هكتار)	5.5	5.6	5.6	5.6	5.5	5.2	5.7	6.5	7.0	5.7	6.5	6.6
الإنتاجية المائية (كغ/م^3)	1.66	1.71	1.76	1.67	1.69	1.63	1.72	2.01	2.20	1.73	2.02	2.09

الجدول 33. تأثير التغيرات المناخية على متوسط التبخر-نتح المرجعي، الاستهلاك المائي الفعلي، طول موسم النمو، الإنتاجية، والإنتاجية المائية للشمندر السكري

تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون	ثابت						متزايد					
RCP	4.5			8.5			4.5			8.5		
الفترة	1985/ 2005	2020/ 2030	2040/ 2050	1985/ 2005	2020/ 2030	2040/ 2050	1985/ 2005	2020/ 2030	2040/ 2050	1985/ 2005	2020/ 2030	2040/ 2050
النتح بخر المرجعي (مم)	544.6	530.0	527.4	533.2	533.2	532.1	544.6	530.0	527.4	533.2	533.2	532.1
الاستهلاك المائي الفعلي (مم)	494.8	482.1	476.3	494.9	486.2	479.2	494.6	477.9	468.5	494.7	481.0	468.7
طول موسم النمو (يوم)	180	175	172	180	174	167	180	175	172	180	174	167
الإنتاجية (طن/هكتار)	13.8	13.9	13.7	13.9	13.8	13.2	14.3	16.1	16.7	14.3	16.3	16.4
الإنتاجية المائية (كغ/م^3)	2.80	2.89	2.88	2.81	2.86	2.77	2.89	3.39	3.57	2.90	3.40	3.51

هذا، ومن أجل تحليل هذه المعطيات تحليلا موضوعيا ومدعم ببراهين دامغة فقد تم استعمال النموذج الإحصائي «SAS» لأجل معرفة مدى تأثير التغيرات المناخية من خلال العوامل الثلاث (الفترة، السيناريو وحالة تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون) على المتغيرات الخمس (التبخر-نتح المرجعي، الاستهلاك المائي الفعلي، طول موسم النمو، الإنتاجية، والإنتاجية المائية للقمح اللين والشمندر السكري) وكذلك من أجل إجراء اختبار إحصائي بواسطة «Dunnet T test» لمقارنة معدلين مع معدل مرجعي، بحيث يبرهن معنوية التغيرات في الفترتين 2020 - 2030 و2040 - 2050 مقارنة بفترة الأساس2005 - 1985 ، ومعنوية التغيرات بين السيناريوهين «RCP 4.5» و«RCP 8.5»، وبين حالتي ثبات وتغير تركيز غاز ثاني أوكسيد الكربون.

من خلال الدراسة الاحصائية لهذه المعطيات تبين أنه بالنسبة للقمح اللين هناك تأثير :

- معنوي للفترة على النتح بخر المرجعي وجد معنوي على باقي المتغيرات ؛
- معنوي للسينلريو على التبخر-نتح المرجعي، طول موسم النمو وعلى الإنتاجية المائية ؛
- جد معنوي لحالة تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون على الإنتاجية والإنتاجية المائية ؛
- معنوي لتفاعل الفترة مع السينلريو على التبخر - نتح المرجعي والإنتاجية المائية ؛
- جد معنوي لتفاعل الفترة مع حالة تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون على الإنتاجية والإنتاجية المائية.

أما بالنسبة للشمندر السكري نسجل تأثيرا :

- جد معنويا للفترة على كل المتغيرات ؛
- جد معنويا للسينلريو على طول موسم النمو ؛
- جد معنويا لحالة تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون على الاستهلاك المائي الفعلي، الإنتاجية والإنتاجية المائية ؛
- جد معنويا لتفاعل الفترة مع السينلريو على طول موسم النمو ؛
- جد معنويا لتفاعل الفترة مع حالة تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون على الإنتاجية والإنتاجية المائية.

يظهر الجدولان 34 و35 مقارنة بين الفترتين المقبلتين وفترة الأساس، وذلك بالنسبة لحالتي ثبات وتزايد تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون وللسيناريوهين RCP 4.5 وRCP 8.5، ويبرزان مدى تأثير التغيرات المناخية، زيادة أو إنخفاض نسبي (%)، على كل من النتح - بخر المرجعي، الاستهلاك المائي الفعلي، طول موسم النمو، الإنتاجية، والإنتاجية المائية بالنسبة للقمح اللين والشمندر السكري.

الجدول 34. مدى (%) تأثير التغيرات المناخية على المتغيرات في الفترات المقبلة مقارنة بفترة الأساس 1985-2005 بالنسبة للقمح اللين

تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون	ثابت				متزايد			
RCP	4.5		8.5		4.5		8.5	
الفترة	2020/2030	2040/2050	2020/2030	2040/2050	2020/2030	2040/2050	2020/2030	2040/2050
النتح بخر المرجعي	-0.98	-1.83	-0.64	0.16	-0.98	-1.83	-0.64	0.16
الاستهلاك المائي الفعلي	-1.08	-2.98	-1.81	-4.12	-1.64	-4.06	-2.52	-5.30
طول موسم النمو	-3.11	-4.02	-3.49	-5.68	-3.11	-4.02	-3.49	-5.68
الإنتاجية	2.00	2.57	-1.04	-6.73	15.48	22.95	13.46	14.25
الإنتاجية المائية	2.93	5.80	0.94	-2.69	17.27	28.24	16.51	20.86

الجدول 35. مدى (%) تأثير التغيرات المناخية على المتغيرات في الفترات المقبلة مقارنة بفترة الأساس 1985-2005 بالنسبة للشمندرالسكري

تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون	ثابت				متزايد			
RCP	4.5		8.5		4.5		8.5	
الفترة	2020/2030	2040/2050	2020/2030	2040/2050	2020/2030	2040/2050	2020/2030	2040/2050
النتح بخر المرجعي	-2.69	-3.17	-2.03	-2.23	-2.69	-3.17	-2.03	-2.23
الاستهلاك المائي الفعلي	-2.57	-3.74	-1.75	-3.17	-3.37	-5.29	-2.78	-5.25
طول موسم النمو	-3.06	-4.52	-3.54	-7.17	-3.06	-4.52	-3.54	-7.17
الإنتاجية	0.58	-0.86	-0.13	-4.40	13.16	17.07	13.61	14.37
الإنتاجية المائية	14.37	2.99	1.77	-1.27	17.23	23.59	16.92	20.80

من خلال قراءة نتائج التغيرات النسبية المعروضة في الجدولين أعلاه يتبين لنا أنه، مقارنة مع فترة الأساس وجراء التغيرات المناخية، سيطرؤ بالنسبة للقمح اللين

- إنخفاض غير معنوي (T>0.05) ، في الفترتين المستقبليتين، في التبخر- نتح المرجعي وذلك بالنسبة لحالتي ثبات وتزايد تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون وللسيناريو RCP 4.5 ؛
- إرتفاع غير معنوي، في الفترة الآخرة، في التبخر- نتح المرجعي وذلك بالنسبة لحالتي ثبات وتزايد تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون وللسيناريو RCP 8.5 ؛إنخفاض غير معنوي في الفترة الأولى وجد معنوي في الفترة الآخرة في الاستهلاك المائي الفعلي ؛
- إنخفاض جد معنوي في طول موسم النمو ؛
- إرتفاع معنوي (T<0.05)، في الفترتين المستقبليتين، في الإنتاجية والإنتاجية المائية وذلك بالنسبة لحالة تزايد تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون وللسيناريوهين RCP 4.5 وRCP 8.5؛
- إرتفاع معنوي، في الفترتين المستقبليتين، في الإنتاجية وذلك بالنسبة لحالة ثبات تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون وللسيناريو RCP 4.5، وإنخفاض معنوي بالنسبة للسيناريو RCP 8.5؛
- إرتفاع معنوي، في الفترتين المستقبليتين، في الإنتاجية المائية وذلك بالنسبة لحالة ثبات تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون وللسيناريوRCP 4.5

- إنخفاض معنوي، في الفترة الآخرة، في الإنتاجية المائية وذلك بالنسبة لحالة ثبات تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون وللسيناريو RCP 8.5.

أما بالنسبة للشمندر السكري فسيطرؤ :

- إنخفاض معنوي (T<0.05)، في الفترتين المستقبليتين، في التبخر- نتح المرجعي، الاستهلاك المائي الفعلي ولموسم النمو ؛
- إرتفاع معنوي، في الفترتين المستقبليتين، في الإنتاجية والإنتاجية المائية وذلك بالنسبة لحالة تزايد تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون وللسيناريوهين RCP 4.5 وRCP 8.5؛
- إرتفاع معنوي، في الفترة الأولى، في الإنتاجية وذلك بالنسبة لحالة ثبات تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون وللسيناريو RCP 4.5، وإنخفاض معنوي بالنسبة لما تبقى ؛
- إنخفاض معنوي، في الفترة الآخرة، في الإنتاجية المائية وذلك بالنسبة لحالة ثبات تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون وللسيناريو RCP 8.5، وزيادة معنوية بالنسبة لما تبقى ؛

يقدم الجدولان 36 و37مقارنة تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون المتزايد بالنسبة للثابت، وذلك بالنسبة للسيناريوهين RCP 4.5 وRCP 8.5 وخلال الفترات الثلاثة، ويبرزان مدى تأثير التغيرات المناخية، زيادة أو انخفاض نسبي (%)، على كل من النتح - بخر المرجعي، الاستهلاك المائي الفعلي، طول موسم النمو، الإنتاجية، والإنتاجية المائية بالنسبة للقمح اللين والشمندر السكري.

الجدول 36. مدى (%) تأثير التغيرات المناخية على المتغيرات مقارنة تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون المتزايد بالنسبة للثابت - القمح اللين

تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون	ثابت				متزايد	
RCP	4.5		8.5		4.5	
الفترة	1985 / 2005	2030 / 2020	2050 / 2040	1985 / 2005	2030 / 2020	2050 / 2040
النتح بخر المرجعي	0	0	0	0	0	0
الاستهلاك المائي الفعلي	-0.01	-0.58	-1.13	-0.02	-0.74	-1.26
طول موسم النمو	0	0	0	0	0	0
الإنتاجية	3.39	17.06	23.93	3.40	18.55	26.66
الإنتاجية المائية	3.41	17.81	25.34	3.38	19.32	28.39

الجدول 37. مدى (%) تأثير التغيرات المناخية على المتغيرات - مقارنة تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون المتزايد بالنسبة للثابت - الشمندرالسكري

تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون	ثابت				متزايد	
RCP	4.5		8.5		4.5	
الفترة	1985 / 2005	2030 / 2020	2050 / 2040	1985 / 2005	2030 / 2020	2050 / 2040
النتح بخر المرجعي	0	0	0	0	0	0
الاستهلاك المائي الفعلي	-0.03	-0.85	-1.64	-0.03	-1.07	-2.18
طول موسم النمو	0	0	0	0	0	0
الإنتاجية	3.36	16.28	22.04	3.37	17.59	23.67
الإنتاجية المائية	3.40	17.38	24.09	3.44	18.84	26.56

من خلال نتائج الاختبار الإحصائي للاختلافات المبينة في الجدولين أعلاه يتبين لنا أنه، مقارنة مع تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون الثابت، نسجل :

- إنخفاض غير معنوي في الاستهلاك المائي الفعلي بالنسبة للقمح اللين
- إنخفاض معنوي في الاستهلاك المائي الفعلي بالنسبة للشمندر السكري
- إرتفاع جد معنوي في الإنتاجية والإنتاجية المائية بالنسبة للقمح اللين والشمندر السكري؛
- لم يطرؤ أي تغيير فيما يخص النتح - بخر المرجعي وطول موسم النمو بالنسبة لكلى المحصولين.

يظهر الجدولان 38 و39 مقارنة السيناريو RCP 8.5 بالنسبة ل RCP 4.5، وذلك بالنسبة لحالتي ثبات وتزايد تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون وخلال الفترات الثلاثة، ويبرزان مدى تأثير التغيرات المناخية، زيادة أو إنخفاض نسبي (%)، على كل من النتح - بخر المرجعي، الاستهلاك المائي الفعلي، طول موسم النمو، الإنتاجية، والإنتاجية المائية بالنسبة للقمح اللين والشمندر السكري.

من خلال نتائج الاختبار الإحصائي للاختلافات المبينة في الجدولين أعلاه يتبين لنا أنه، مقارنة مع السيناريو RCP 4.5، نلاحظ :

- إرتفاع معنوي في النتح - بخر المرجعي بالنسبة للقمح اللين في الفترتين المستقبليتين؛
- إنخفاض معنوي في الإنتاجية المائية بالنسبة للقمح اللين في الفترتين المستقبليتين؛
- إنخفاض معنوي في طول موسم النمو بالنسبة للقمح اللين والشمندر السكري؛
- التغيرات الباقية غير معنوية بالنسبة لكلى المحصولين.

الجدول 38. مدى (%) تأثير التغيرات المناخية على المتغيرات - مقارنة RCP 8.5 بالنسبة ل - RCP 4.5 القمح اللين

تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون	ثابت				متزايد	
RCP	4.5		8.5		4.5	
الفترة	1985 / 2005	2030 / 2020	1985 / 2005	2050 / 2040	2030 / 2020	2050 / 2040
النتح بخر المرجعي	-0.06	0.28	-0.06	1.96	0.28	1.96
الاستهلاك المائي الفعلي	0.68	-0.6	0.67	-0.49	-0.22	-0.62
طول موسم النمو	-0.05	-0.45	-0.05	-1.78	-0.45	-1.78
الإنتاجية	1.36	-1.66	1.37	-7.83	-0.40	-5.80
الإنتاجية المائية	0.73	-1.22	0.69	-7.36	0.05	-5.10

الجدول 39. مدى (%) تأثير التغيرات المناخية على المتغيرات - مقارنة RCP 8.5 بالنسبة ل - RCP 4.5 الشمندر السكري

تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون	ثابت				متزايد	
RCP	4.5		8.5		4.5	
الفترة	1985 / 2005	2030 / 2020	1985 / 2005	2050 / 2040	2030 / 2020	2050 / 2040
النتح بخر المرجعي	-0.07	0.60	-0.07	0.89	0.60	0.89
الاستهلاك المائي الفعلي	0.02	0.86	0.02	0.62	0.64	0.06
طول موسم النمو	-0.05	-0.55	-0.05	-2.83	-0.55	-2.83
الإنتاجية	0.43	-0.28	0.45	-3.16	0.85	-1.86
الإنتاجية المائية	0.40	-1.06	0.43	-3.75	0.17	-1.84

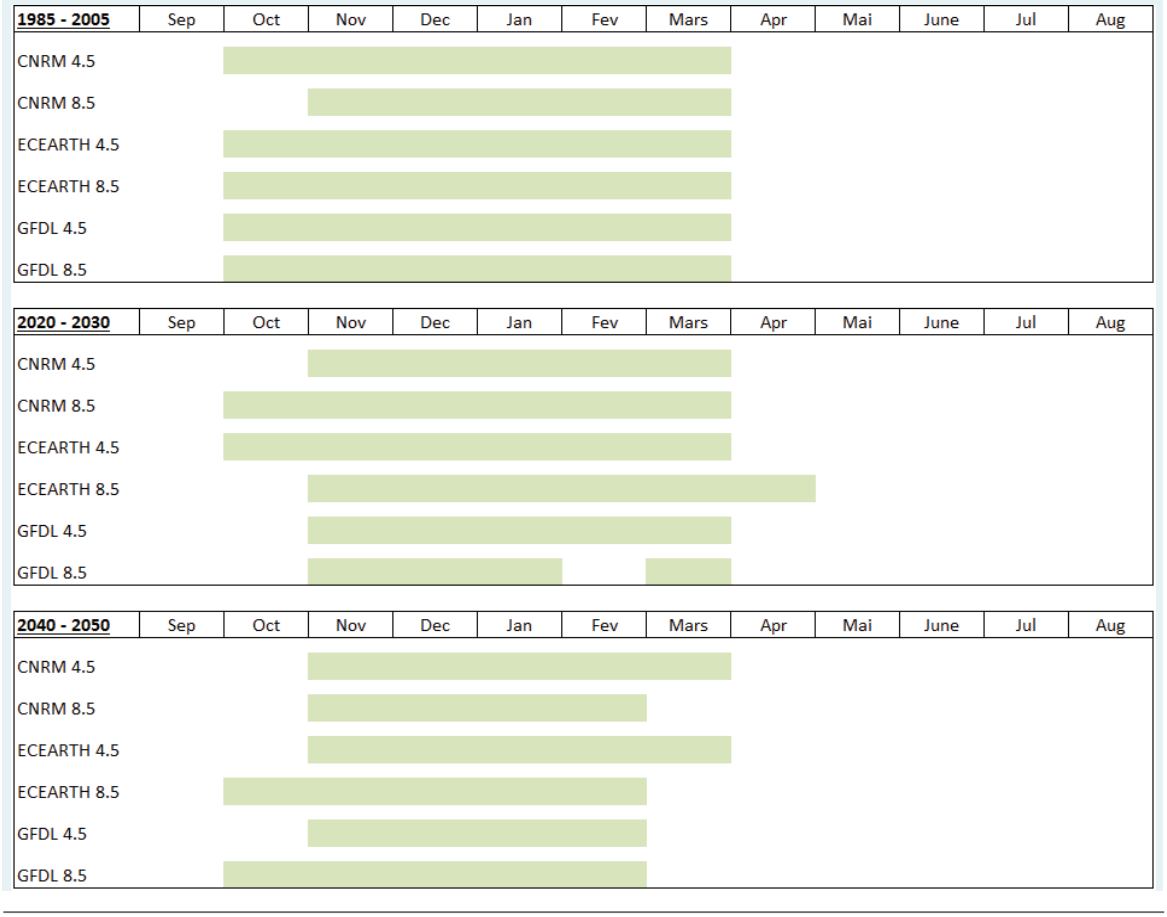
7. مناقشة النتائج ومنعكساتها

في هذه الفقرة سنقوم بتحليل إجمالي للنتائج المفصلة في الفقرة أعلاه وسنتطرق إلى مدى تأثير التغيرات المناخية على كل من التبخر - نتح المرجعي، الاستهلاك المائي الفعلي، طول موسم النمو، الإنتاجية، والإنتاجية المائية لكل من محصولي القمح والشمندر السكري بمنطقتي الدراسة.

حالة القمح اللين في المنطقة البعلية مرشوش

يحدد طول فترة النمو المتاحة (Lenght of Growing Period: LGP) الفترة الزمنية التي تكون فيها العوامل المناخية ملائمة للنمو والتطور الفزيولوجي للنبات.

الشكل البياني 5. طول فترة النمو المتاحة (LGP) للفترات 1985-2005 و2020-2030 و2040-2050 للمنطقة البعلية مرشوش



ويتم حسابه بمقارنة مجموع الأيام التي يتجاوز فيها الهطول المطري نصف التبخر نتح ودرجات الحرارة يفوق صفر النمو.

عند حساب وتحليل طول فترات النمو المتاحة (LGP) للفترات الثلاث 1985-2005, 2020-2030, 2040-2050: يتبن لنا أنه ينخفض بالنسبة لجميع النماذج والسيناريوهات المناخية ماعدا نموذج «CNRM-CM58.5» الذي ارتفع فيه بالنسبة الفترة 2020 - 2030 مقارنة مع فترة الأساس 1985-2005 قبل أن ينخفض في الفترة 2040 - 2050 .

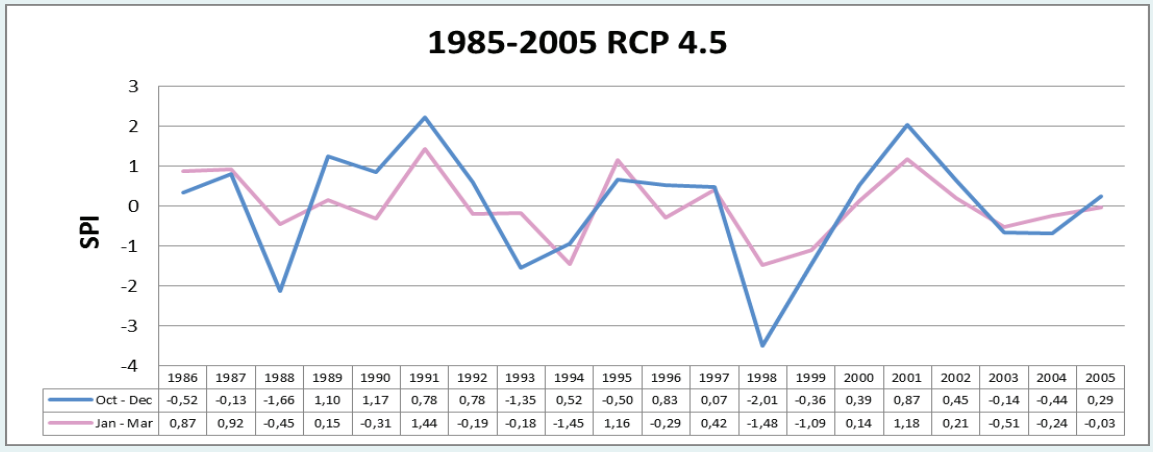
إجمالا، انخفض طول فترة النمو المتاحة (LGP) ب 11٪ بالنسبة للسناريو «RCP 4.5» و6٪ بالنسبة للسناريو «RCP 8.5» في الفترة 2020-2030مقارنة مع فترة الأساس 1985-2005، وانخفض ب 22٪ بالنسبة للسناريو «RCP 4.5» و18٪ بالنسبة للسناريو «RCP 8.5» في الفترة 2040-2050 مقارنة مع نفس الفترة.

وقد شمل الانخفاض في الفترة 2020-2030 جزء موسم النمو الخاص بالفترة الرطبة الملائمة لبداية البذار، والممتدة من شهر اكتوبر إلى دجنبر. فيما شمل الانخفاض في الفترة 2040-2050 الجزء الخاص بمنتصف الموسم، الممتد من شهر يناير إلى مارس، والذي يتزامن مع الفترة الحساسة لنمو نبات القمح. وتمثل الاشكال أسفله تغير طول فترة النمو المتاحة (LGP) على مدا الفترات الثلاث في السيناريوهات والنماذج المعتمدة.

ويؤثر انخفاض طول فترة النمو المتاحة (LGP)، خصوصا عندما يشمل فترة البذار ومنتصف الموسم، سلبا على رطوبة التربة، مما يعود سلبا على طول فترة النمو (Cycle) والاستهلاك المائي وكذلك على الإنتاجية، نظرا للعلاقة المباشرة بين النتح وإنتاجية النباتات. ومن جهة أخرى، قمنا بتحليل مدى حدة الجفاف عبر حساب مؤشر التساقطات الموحد (Standardized Precipitation Index: SPI) للفترتين 1985 - 2005 و2040 - 2050، وذلك بالنسبة لفترة بداية البذار (أكتوبر إلى دجنبر) ومنتصف الموسم (يناير إلى مارس)، حيث تشير القيم الموجبة لهذا المؤشر للفترات المطرة والقيم السالبة للفترات الجافة. وتمثل المخططات أسفله تطور المؤشر (SPI) للسيناريوهين «RCP4.5» و«RCP8.5».

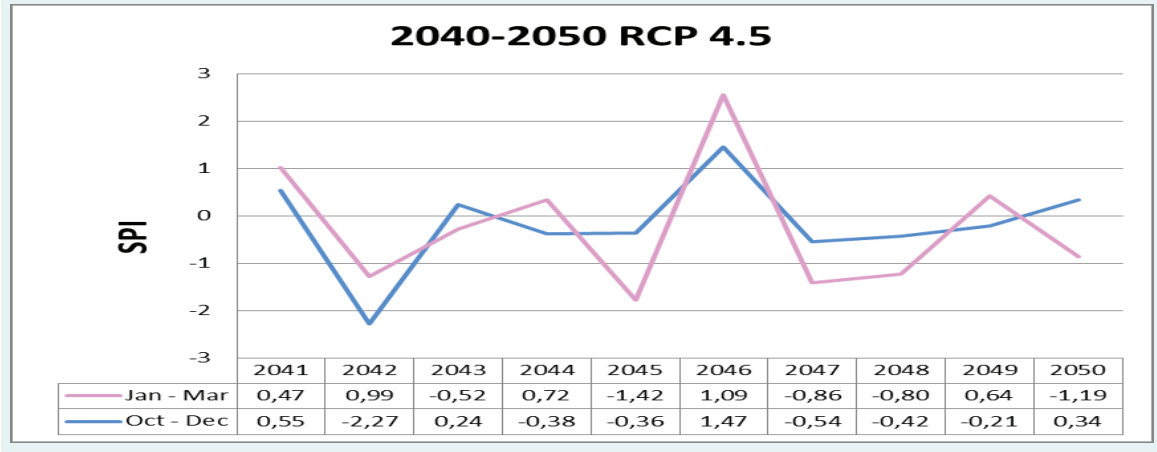
وقد تبين من نتائج المؤشر أنه بالنسبة للسيناريو «RCP4.5"، انخفضت نسبة الفترات المطرة من حوالي 50٪ في فترة الأساس إلى 45٪ في الفترة 2040 - 2050، خصوصا فترة البذار التي شهدت انخفاضا حادا من 55٪ إلى 40٪. فيما يشير السيناريو «RCP8.5» إلى انخفاض جد حاد للفترات المطرة الموافقة لفترة البذار من 60٪ إلى 40٪ وارتفاع الفترات الجافة في منتصف الموسم من 35٪ إلى 60٪.

الشكل البياني 6. مؤشر التساقطات الموحد (SPI) للفترة 1985-2005 للسيناريو RCP4.5



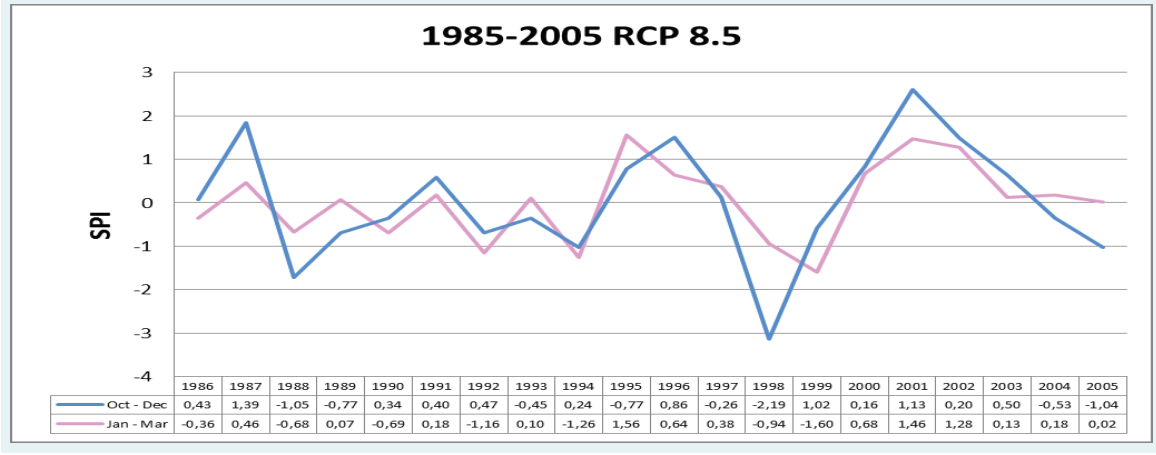
	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Oct - Dec	-0,52	-0,13	-1,66	1,10	1,17	0,78	0,78	-1,35	0,52	-0,50	0,83	0,07	-2,01	-0,36	0,39	0,87	0,45	-0,14	-0,44	0,29
Jan - Mar	0,87	0,92	-0,45	0,15	-0,31	1,44	-0,19	-0,18	-1,45	1,16	-0,29	0,42	-1,48	-1,09	0,14	1,18	0,21	-0,51	-0,24	-0,03

الشكل البياني 7. مؤشر التساقطات الموحد (SPI) للفترة 2040-2050 للسيناريو RCP4.5



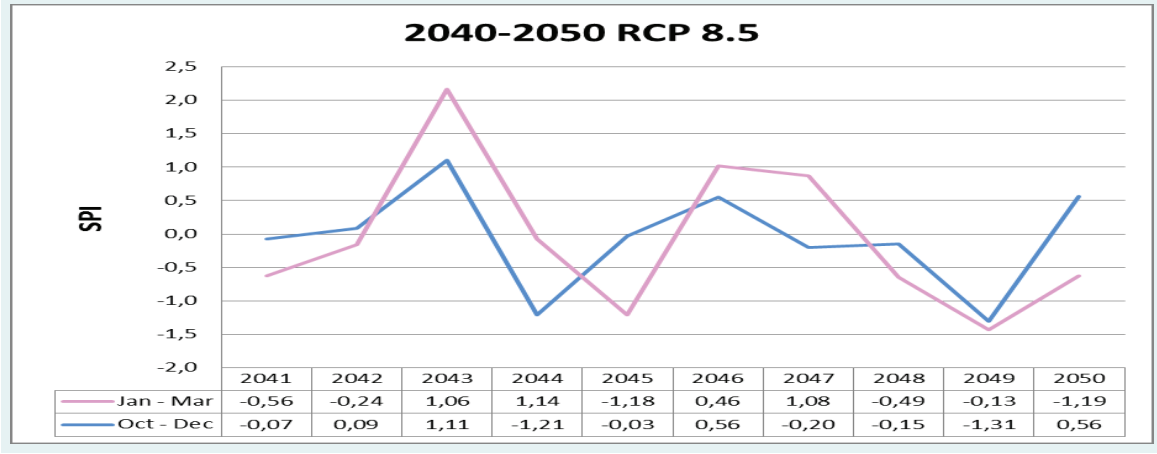
	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050
Jan - Mar	0,47	0,99	-0,52	0,72	-1,42	1,09	-0,86	-0,80	0,64	-1,19
Oct - Dec	0,55	-2,27	0,24	-0,38	-0,36	1,47	-0,54	-0,42	-0,21	0,34

الشكل البياني 8. مؤشر التساقطات الموحد (SPI) للفترة 1985-2005 للسيناريو RCP8.5



	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Oct - Dec	0,43	1,39	-1,05	-0,77	0,34	0,40	0,47	-0,45	0,24	-0,77	0,86	-0,26	-2,19	1,02	0,16	1,13	0,20	0,50	-0,53	-1,04
Jan - Mar	-0,36	0,46	-0,68	0,07	-0,69	0,18	-1,16	0,10	-1,26	1,56	0,64	0,38	-0,94	-1,60	0,68	1,46	1,28	0,13	0,18	0,02

الشكل البياني 9. مؤشر التساقطات الموحد (SPI) للفترة 2040-2050 للسيناريو RCP8.5



	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050
Jan - Mar	-0,56	-0,24	1,06	1,14	-1,18	0,46	1,08	-0,49	-0,13	-1,19
Oct - Dec	-0,07	0,09	1,11	-1,21	-0,03	0,56	-0,20	-0,15	-1,31	0,56

بناء على نتائج المحاكاة، استخلصنا أنه بخصوص الإنتاجية في حالة تغير تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون، فإن السيناريو «RCP8.5» يشير إلى إرتفاع طفيف في الفترة 2020 - 2030 ثم انخفاض طفيف في الفترة 2040 - 2050. وبالنسبة للسيناريو «RCP4.5»، فإن الإنتاجية ستعرف انخفاضا ملحوظا في الفترة 2020-2030 ثم انخفاضا طفيفا في الفترة 2040 - 2050. ويشير الاختبار الإحصائي «T Student test» إلى أن التغيرات في الإنتاجية غير معنوية. ومنه فإن هذه النتائج تحيل هذه على استقرار الإنتاجية خصوصا على مدى السنوات (2040-2050). ويعود هذا الإستقرار المرتقب إلى كون المحاكاة أخذت بعين الاعتبار خاصية الزراعة الحافظة التي تساعد على تحسين تركيبة التربة وإغنائها بالمواد العضوية، مما يساهم في توفير ظروف ملائمة لنمو وتطور النبات. حيث أثبت هذا النظام نجاعته في الحفاظ على رطوبة التربة في الطبقة السطحية خلال فترة النمو، خصوصا في فترات الجفاف. ويظهر تأثير الزراعة الحافظة أكثر من خلال توفير المياه في التربة في مرحلة نصف الموسم، والتي تتصادف في منطقة مرشوش مع شح الأمطار (مارس وأبريل). وحسب دراسات سابقة في المناطق الشبه جافة في المغرب، فإن نظام الزراعة الحافظة يمكن من توفير، كمتوسط، قيمة رية إضافية من المياه، وهي كمية تساعد النبات على استمرار النمو رغم شح الهطول المطري. وتظل هذه النتائج أفضل مما هو متوقع في الدراسات الأخرى للمناطق البعلية في المغرب، والتي لا تأخذ بعين الاعتبار خاصيات الزراعة الحافظة.

أما بالنسبة للحالة الإفتراضية لثبات تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون فتأثيرها على الإنتاجية يُظهر تناقصا أكثر حدة منه في حالة تغير تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون. حيث يظهر تأثير نقص مياه الأمطار وارتفاع درجات الحرارة أكثر حدة.

فيما يخص طول فترة النمو (Cycle) فقد عرف انخفاضا في الفترة 2020-2030 بالنسبة للسيناريوهين «RCP4.5» و«RCP8.5» مقارنة مع فترة الأساس. وفي الفترة 2040 - 2050، شهد انخفاضا أقل حدة بالنسبة للسيناريو«RCP4.5» مقارنة مع السيناريو «RCP8.5». ويعزى هذا الانخفاض أساسا إلى ارتفاع درجات الحرارة الدنيا الشتوية والقصوى الصيفية. ويُفسر هذا بارتباط الحرارة بالتطور الفزيولوجي، حيث يؤدي ارتفاع الحرارة إلى تسارع النمو والتطور، وبالتالي تقلص الفترة بين البذار والحصاد[10]. وهذا ما تمت ملاحظته في حالة الدراسة، حيث أدى ارتفاع درجات الحرارة إلى تقلص طول موسم النمو (Cycle) ب 19 يوم بالنسبة للسيناريو «RCP8.5» و15 يوم بالنسبة للسيناريو «RCP4.5» على مدى السنوات 2040 - 2050.

وفيما يخص الاستهلاك المائي، الفعلي والمرجعي، فقد تميز بانخفاض ملحوظ على طول الفترات بالنسبة للسيناريوهين «RCP4.5» و«RCP8.5» مقارنة مع فترة الأساس. ويعزى انخفاض الاستهلاك المائي إلى انخفاض التبخر-نتح، الراجع إلى شح المياه في منطقة الجذور وفي التربة نظرا لانخفاض الهطول المطري، وإلى نقصان طول فترة النمو الذي يؤدي إلى انخفاض قيمة التبخر نتح المرجعي والتبخر نتح الفعلي خلال موسم النمو.

أما بخصوص الإنتاجية المائية فقد عرفت في الفترة 2020-2030 ارتفاعا بالنسبة للسيناريو «RCP8.5»وانخفاضا بالنسبة للسيناريو «RCP4.5" مقارنة مع فترة الأساس وذلك موازاة مع تغير الإنتاجية. أما بالنسبة للفترة 2040-2050 فستعرف الإنتاجية المائية ارتفاعا في كلا السيناريوهين رغم الإنخفاض الطفيف في الإنتاجية مقارنة مع فترة الأساس وذلك نظرا للإنخفاض المتوقع للهطول المطري

حالة القمح اللين والشمندر السكري في المنطقة المروية الزمامرة

القمح اللين

حسب تحليل النتائج المفصلة في الفقرة أعلاه يتبين لنا أنه مقارنة مع الفترة المرجعية 1985 – 2005 يتنبأ السيناريوهان بنقص في معدل التبخر- نتح لمحصول القمح بالنسبة للفترتين المستقبلتين (2020-2030 و2040-2050). إلا أنه ستعرف الفترة 2040 - 2050 شبه استقرار أو زيادة طفيفة بنسبة 0.16 %.

سيعرف معدل طول فترة النمو تقلصا نسبيا في الفترتين المستقبلتين مقارنة مع الفترة المرجعية بحيث سجل أقل من 155 يوما في المستقبل عوض 160 يوم وذلك بالنسبة للسيناريوهين RCP 4.5 وRCP 8.5.

سيعرف معدل الانتاجية والإنتاجية المائية للقمح شبه استقرار في الفترتين المستقبليتين بالنسبة لتنبوء السيناريوهين RCP 4.5 وRCP 8.5 بالنسبة لحالة ثبات تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون. إلا أن هذا المعدل سيسجل ارتفاعا واضحا بالنسبة لحالة تزايد تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون.

الشمندر السكري

حسب تحليل النتائج المفصلة في الفقرة أعلاه يتبين لنا أنه، مقارنة مع الفترة المرجعية 1985 - 2005، كذلك يتنبأ السيناريوهان بنقص في معدل التبخر- نتح لمحصول الشمندر السكري بالنسبة للفترتين المستقبلتين 2020-2030 و2040-2050.

سيعرف معدل طول فترة النمو تقلصا في الفترتين المستقبلتين مقارنة مع الفترة المرجعية بحيث سيسجل أقل من 175 يوما في الفترة 2020-2030 بالنسبة للسيناريوهين RCP 4.5 وRCP 8.5 عوض 180 يوم. كما أنه سيسجل 172 يوما بالنسبة للسيناريو RCP 4.5 وأقل من 168 يوما بالنسبة للسيناريو RCP 8.5 للفترة 2040-2050. يمكن إرجاع هذا التقلص إلى ارتفاع درجة الحرارة في هاتين الحقبتين.

سيعرف معدل الانتاجية والإنتاجية المائية للشمندر السكري شبه استقرار في الفترتين المستقبليتين بالنسبة لتنبوء السيناريوهين RCP 4.5 وRCP 8.5 بالنسبة لحالة ثبات تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون. إلا أن هذا المعدل سيسجل ارتفاعا واضحا بالنسبة لحالة تزايد تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون.

8. انعكاسات الدراسة على السياسات الزراعية والاقتصاد الوطني

نتطرق في هذه الفقرة إلى تقييم آثار التغيرات المناخية بالمغرب ومدى انعكاساتها على القطاع الفلاحي. كما ذكرنا سالفا، أن طبيعة مناخ المغرب المتميز بالجفاف والتقلبات المناخية وندرة المياه هو معطى هيكلي وليس عرضي. فالمغرب يوجد بين حزامين مناخيين، تحت تأثير جزر الآسور في الغرب والمنخفض الصحراوي في الجنوب الشرقي، مما يؤدي إلى تقلبات مكانية - زمانية للمناخ. فالتساقطات المطرية تتراوح بين 2000 مم في السنة على المرتفعات الشمالية للبلاد إلى أقل من 25 مم في السنة في المناطق الصحراوية الجنوبية. كما تتعاقب حقبات جفاف موسمية متوالية، مما يؤثر سلبا على الموارد المائية والإنتاج الفلاحي والغطاء النباتي في المغرب.

فالموارد المائية تتميز بشحها وبعدم انتظامها حسب السنة في مجمل التراب الوطني، وتعرف هذه الموارد تناقصا متزايدا بفعل طبيعة المناخ وتوالي سنوات الجفاف والنمو السكاني ومتطلبات التنمية وتزايد الطلب على الماء (توسيع مساحات الري، تزايد الطلب على الماء الصالح للشرب....). فالثروة المائية توجد حاليا على حافة الإجهاد المائي، إذ أن الموارد المائية المتجددة في المغرب تقدر حاليا بحوالي 1000 م^3 لكل فرد في السنة بعدما كانت تبلغ 1150م^3 سنة 1990 و2560 م^3 سنة 1960. وتشير التقديرات المستقبلية إلى أنها ستنخفض إلى 750 م^3 لكل فرد سنويا في أفق سنة 2025، مما سيجعل المغرب ضمن البلدان التي ستعاني من نقص حاد في الموارد المائية.

وبما أن ما يقارب نصف الأراضي الصالحة للزراعة تتواجد في المناطق التي لا تتجاوز التساقطات المطرية بها 400 مم في السنة فإن تثمين كل متر مكعب مخصص للقطاع الفلاحي يبقى الخيار الأمثل من أجل ديمومة الإنتاج الفلاحي واستقراره وتأمينه من تقلبات المناخ. وهذا التثمين رهين باعتماد من جهة استراتيجيات تنموية لقطاع الري ومن جهة أخرى تشجيع مكثف للتقنيات الزراعية المحافظة على الموارد المائية، وأهمها تقنيات الزراعة الحافظة.

هذا، ونظرا لكونه إحدى أولويات التنمية الاقتصادية والاجتماعية، حظي القطاع الزراعي باهتمام كبير من طرف المغرب، حيث ركزت عدة استراتيجيات واتفاقيات وطنية على تكريس الفلاحة المروية بالمغرب كمكون أساسي في الاقتصاد الوطني والجهوي باعتبارها رافعة لإنتاج الثروات وخلق فرص العمل.

ومن خلال هذه الدراسة يتبين لنا جليا أن منطقتي الدراسة، وهما ممثلتان للمجالات الفلاحية البعلية والمروية للمغرب، توجدان بالمنطقة التي ستتأثر بالتغيرات المناخية. إذ يتوقع حسب السيناريوين أن ترتفع معدلات درجة الحرارة وأن تسجل التساقطات المطرية تقلصا. ولكون القطاع الفلاحي أكثر القطاعات تأثرا بهذه التغيرات المناخية، نلخص الانعكاسات التي أبدتها الدراسة في النقط التالية:

- انخفاض ملحوظ للإنتاج الفلاحي وتدهور حالة التربة؛
- ارتفاع حاجيات المزروعات المروية للماء بنسبة تتراوح ما بين 7 إلى 12%.
- تغيير في دورات نمو المزروعات البعلية.

وبالإسقاط على مختلف المجالات التنموية، فإن تحليل أوجه الهشاشة المناخية بالمغرب يوقفنا على مجموعة من الرهانات أهمها:

- رهان الأمن الغذائي والمائي والصحي
- الرهان الاقتصادي للمجالات الهشة (الجبال والواحات والمناطق الجافة)
- رهان التنمية الاجتماعية ومحاربة الهشاشة بالوسطين القروي وشبه الحضري.

ويتعين لكسب هذه الرهانات وضع أنظمة يقظة ناجعة (مناخية واقتصادية ومجتمعية ...). وهنا وجب التذكير أن مخطط المغرب الأخضر يولي اهتماما خاصا بهذه الإشكالية ويضع عقلنة استعمال الماء في صلب الاستراتيجية الفلاحية كعامل أفقي مهيكل لتنمية الفلاحة واستدامتها. وموازاة مع هذا، تهدف الاستراتيجية الوطنية للماء إلى توفير الموارد المائية الضرورية والمحافظة على البيئة لمصاحبة التطور الاقتصادي والأوراش الكبرى للمملكة، إضافة إلى ضمان التدبير المندمج والمستدام للموارد المائية وتغيير سلوك مستعملي الماء. ومن أهم محاور برنامج العمل لهذه الاستراتيجية:

- التدبير المحكم للطلب على الماء وتثمينه وذلك بتحسين مردودية قنوات جر ونقل المياه وشبكات التوزيع، تحويل نمط السقي من الري التقليدي إلى الري الموضعي؛
- تدبير وتنمية العرض عبر تعبئة المياه السطحية بتشييد السدود، اعتماد بعض التحويلات الممكنة وتحلية مياه البحر؛
- حماية الموارد المائية والمحافظة على المجال الطبيعي بالمحافظة على الفرشات المائية إشارة إلى عقود الفرشات المائية والتطعيم الاصطناعي للمياه الجوفية وحماية جودة المياه؛
- التقليل من تأثير الأخطار المرتبطة بالماء والتأقلم مع التغيرات المناخية.

9. الخطة المستقبلية للتوسع في استخدام البرنامج

في المغرب، وبشكل عام في المناخات شبه القاحلة والجافة، تعتبر المياه العامل المحدد الرئيسي للتنمية الزراعية، سواء في المناطق المروية أو البعلية. إلى جانب أنه بدأت منافسة قوية على الماء بين القطاع الفلاحي وباقي القطاعات. إذا مع هذه الندرة في المياه، والنمو السكاني والطلب المتزايد من طرف القطاعات الأخرى، ازدادت أهمية اقتصاد مياه الري وتحسين كفاءة استخدامها. لذا يستوجب علينا التوسع في استخدام برنامج AquaCrop لدراسة تأثير التغيرات المناخية على محاصيل أخرى من أجل بناء سياسات زراعية للتكيف مع التغيرات المناخية. فقد أصبح من الضروري تطوير دراسات، بالاستعانة ببرنامج AquaCrop، حول تحسين أو الرفع من إنتاجية المياه (درهم\م^3) لأهم المحاصيل في مناطق الري بمختلف أنظم الري وتقنياته (سطحي، الرش، الموضعي او التنقيط) وكذلك بمختلف الأوساط الزراعية (مناخ، تربة، ...).

وبالنسبة لمنطقة الدراسة البعلية «مرشوش»، يقترح فريق العمل توسيع قاعدة استعمال برنامج «AquaCrop» لتشمل دراسات أكثر تعمقا لمقارنة الإنتاجية وتطور خصائص التربة ومراحل نمو النباتات تحت الزراعة الحافظة مع الزراعة التقليدية، خصوصا مع الاستعداد الملاحظ للفلاحين لتبني هذه التقنية من جهة، ولتشجيع البرامج الحكومية لتوسيع المساحات المخصصة لها.

هذا، ويُقترح توسيع نطاق الدراسات المستقبلية باستعمال برنامج «AquaCrop» ليشمل مناطق أخرى من المساحة البعلية في المغرب، ذات خصائص جغرافية ومناخات وأنواع أتربة متنوعة. كما يُقترح إدخال المحاصيل الزراعية التي تم إدراجها في إطار برنامج مخطط المغرب الأخضر. ومن جهة أخرى، يقترح فريق العمل إدراج مزروعات أخرى، والتي تعد سائدة في المنطقة، وخصوصا العدس والحمص.

وبالنسبة للمحاصيل المروية نقترح القيام باختيار، على الصعيد الوطني، مناطق مختلفة وممثلة للأوساط والتقنيات الزراعية (نظم الري، التربة، المناخ، ...)، لمختلف الجهات المروية ولأهم المحاصيل المزروعة (خضراوات، محاصيل صناعية (زيتية وسكرية)، محاصيل علفية، حبوب وقطاني). وذلك باختيار بعض المناطق وتتبع فعلي لبيانات المدخلات المطلوبة في برنامج AquaCrop.

10. توصيات

لقد مكنت الدراسة التي قمنا بها من الخروج بعدة نتائج مهمة ترصد تأثير التغيرات المناخية على إنتاجية بعض المحاصيل الزراعية في المغرب، وذلك باعتماد سيناريوهات مناخية مختلفة واستخدام النموذج الرياضي AquaCrop. وتماشيا مع تموقع المغرب كأحد البلدان الأكثر تأثرا بالتغيرات المناخية، أكدت نتائج الدراسة ارتفاع حدة الجفاف وارتفاع درجات الحرارة إضافة إلى تقلص الفترات المطرة.

وكتوصيات، يُقترح بالنسبة للمناطق البعلية توسيع نطاق استعمال التكنلوجيات الزراعية الحديثة، وخصوصا تقنية الزراعة الحافظة كوسيلة لتثمين الموارد المائية والمحافظة على تركيبة التربة. كما يوصى بإدراج أصناف جديدة ذات مواسم نمو أقصر للتأقلم مع متوقعات المناخ، إضافة إلى الأصناف المقاومة للجفاف، واختيار الاستعمال المعقلن للأراضي الفلاحية طبقا لمؤهلاتها، وتعديل تواريخ البذار بأخذ الفترات الرطبة بعين الاعتبار.

من جهة أخرى، يوصى بتعميم استعمال النمذجة الرياضية في دراسة تأثير التغيرات المناخية على الإنتاجية الزراعية في مختلف المناطق البعلية، خصوصا منها المزروعة بالحبوب والقطاني.

أما بالنسبة للمناطق المروية، ونظرا إلى الجهود التي تبذلها المملكة المغربية، ووزارة الفلاحة على وجه الخصوص، في مجال اقتصاد وتثمين مياه الري والمحافظة على الموارد الطبيعية (الماء والتربة)، وبالنظر كذلك إلى الرصيد المعرفي والخبرة الفنية التي يتوفر عليهما أطر وزارة الفلاحة المغربية في مجالات الري وإدارة المياه في الزراعة، وكذا إلى الإرث العلمي والتقني لأكساد ولمنظمة الأغذية والزراعة (FAO)، وعلى وجه الخصوص شعبة الأراضي والمياه، في المجالات المتعلقة بتقييم وتحسين إنتاجية المياه في الزراعة؛

واقتناعا منا بالحاجة إلى توحيد الجهود المبذولة في مجال اقتصاد مياه الري وتنمية الموارد المائية والمحافظة على الموارد الطبيعية؛

نوصي بوضع إطار للتعاون بين هاتين المنظمتين ووزارة الفلاحة المغربية من أجل تنسيق الجهود والمساعدة المتبادلة في المجالات المتعلقة باقتصاد وتنمية مياه الري في الميدان الزراعي بغرض بناء سياسات زراعية تتكيف مع التغيرات المناخية. ولتفعيل هذا التعاون، نوصي بخلق خلية عمل مركزية تضم فنيين متعددي التخصصات، تشرف على تأطير وتنشيط الخلايا المحلية وتقوم بجمع وإنجاز تقارير وطنية حول الدراسات المتعلقة باستخدام برنامج AquaCrop لدراسة تأثير التغيرات المناخية على المحاصيل. وتُدعم الخلية المركزية بدورات تدريبية على البرنامج AquaCrop وعلى مستجداته.

المراجع

1. الدول المشاركة في المكون الأول للمشروع هي: الأردن، البحرين، تونس، السودان، العراق، فلسطين، لبنان، مصر، المغرب واليمن.

2. المصدر: مديرية الإحصاء والاستراتيجية بوزارة الفلاحة والتنمية القروية والصيد البحري والمياه والغابات (2017).

3. الوزارة المنتدبة المكلفة بالماء، المملكة المغربية.

4. المصدر : مديرية تنمية سلاسل الإنتاج بوزارة الفلاحة والتنمية القروية والصيد البحري والمياه والغابات.

5. المصدر: مديرية الإحصاء والإستراتيجية بوزارة الفلاحة والتنمية القروية والصيد البحري والمياه والغابات.

6. المصدر: وكالة التنمية الفلاحية المغربية.

7. المصدر: مداخلة السيد وزير الفلاحة خلال المناظرة الوطنية للفلاحة 2018 بمكناس-المغرب.

8. المخطط الفلاحي الجهوي لجهة الرباط سلا القنيطرة، وزارة الفلاحة والتنمية القروية والصيد البحري والمياه والغابات.

9. المصدر : بوابة التغيرات المناخية للمغرب www.changementclimatique.ma.

10. Benaouda H. & Balaghi R. 2009. Les changements climatiques : impacts sur l'agriculture au Maroc. Proceedings du symposium international « AgruMed », Rabat - Morocco, 14-16/05/2009.

19-00115