



Impacts des changements climatiques sur la production agricole dans les zones d'agriculture pluviale au Maroc

Par

Hassan BENAOUA - INRA

Au nom de: Benaouda H., Balaghi R., Mimouni J., Dahan R., Duce P., Jlibene M., Mahyou H., El Hani S., Carboni G.,
Dettori M., Cesaraccio C., Iocola I., Griesen J., Dubrovsky M., Gomme R.



Projections climatiques

Le développement des scénarios climatiques pour le Maroc selon la méthodologie du GIEC a donné les résultats suivants :

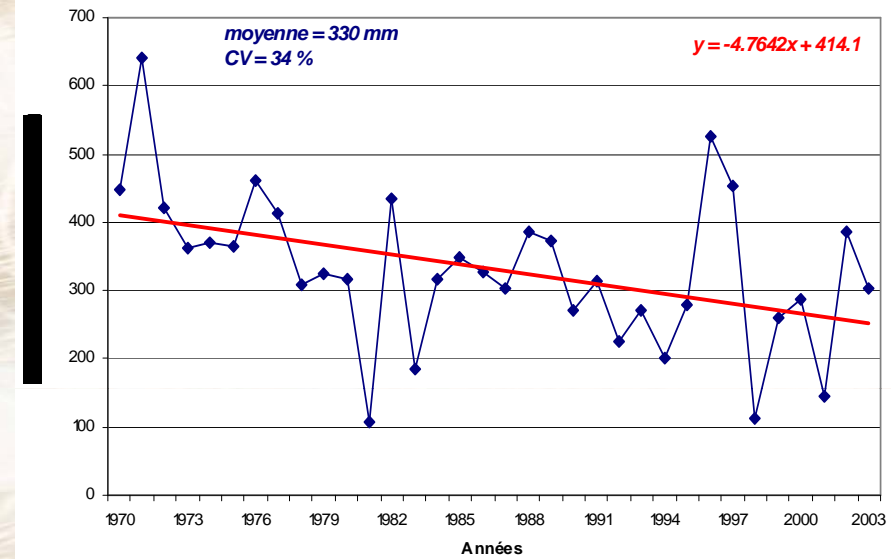
- Une tendance nette à une augmentation de la température moyenne annuelle, comprise entre 0.6°C et 1.1°C, à l'horizon 2020.
- Une tendance à la réduction moyenne du volume annuel des précipitations de l'ordre 4% en 2020, par rapport à l'année 2000.
- Une augmentation de la fréquence et de l'intensité des orages frontaux et convectifs dans le nord et à l'ouest de la chaîne de l'Atlas,
- Une augmentation de la fréquence et de l'intensité des sécheresses dans le sud et à l'est du pays,
- Un dérèglement des précipitations saisonnières (pluies d'hiver concentrées sur une courte période),
- Une réduction de la durée d'enneigement et un retrait du manteau neigeux (migration en altitude de l'isotherme 0°C et accélération de la fonte des neiges).



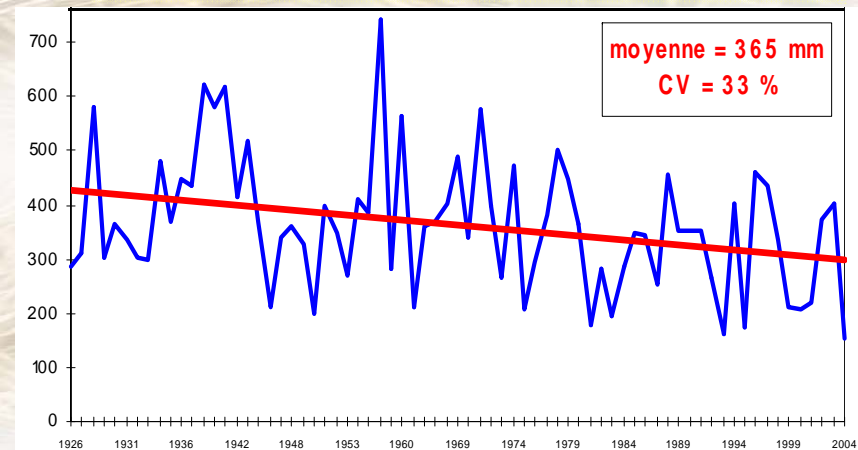
Les quantités de pluies annuelles reçues au Maroc sont très variables et connaissent de grandes fluctuations dans le temps

Les quantités de pluies annuelles reçues dans ces régions sont très variables et connaissent de grandes fluctuations d'une année à l'autre. Sur les trente années considérées, la moyenne pluviométrique dans ces régions se situe entre 200 et 400 mm avec des coefficients de variation inter annuel entre 30 et 45 %. Les pluies reçus en automne représentent 25 % de la quantité annuelle, 50 % en hivers, 24 % au printemps et 1 % seulement en été.

Évolution de la pluviométrie annuelle dans la région de Tadla

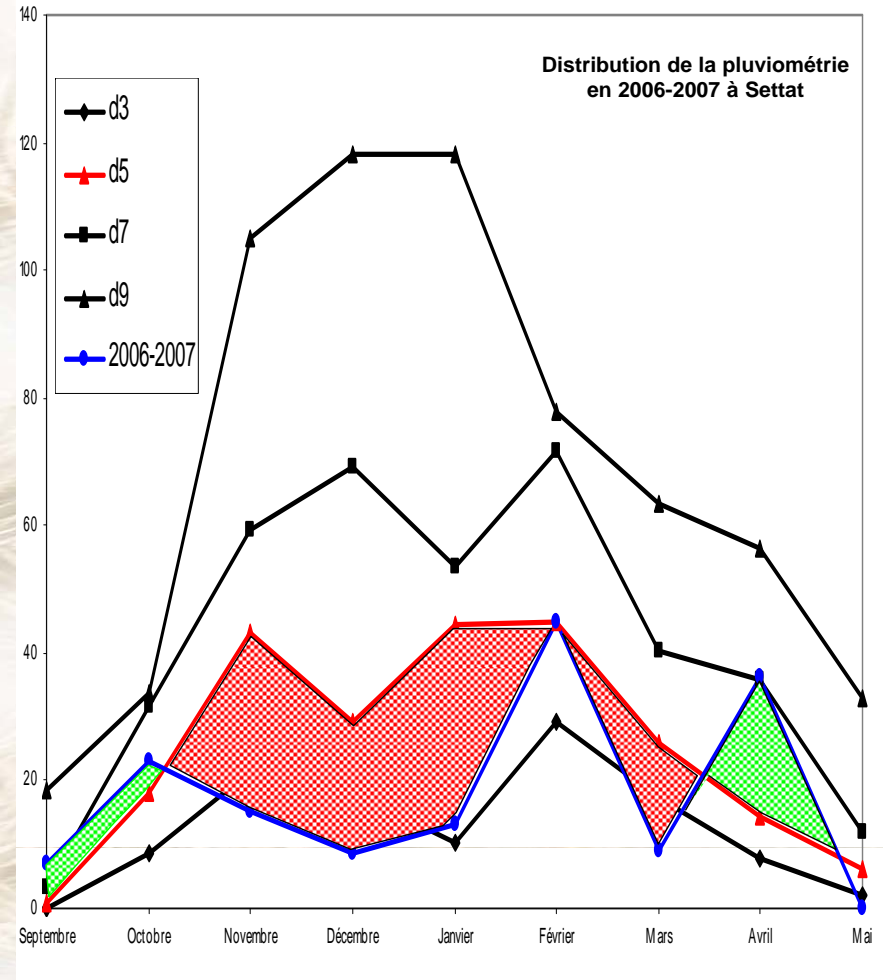
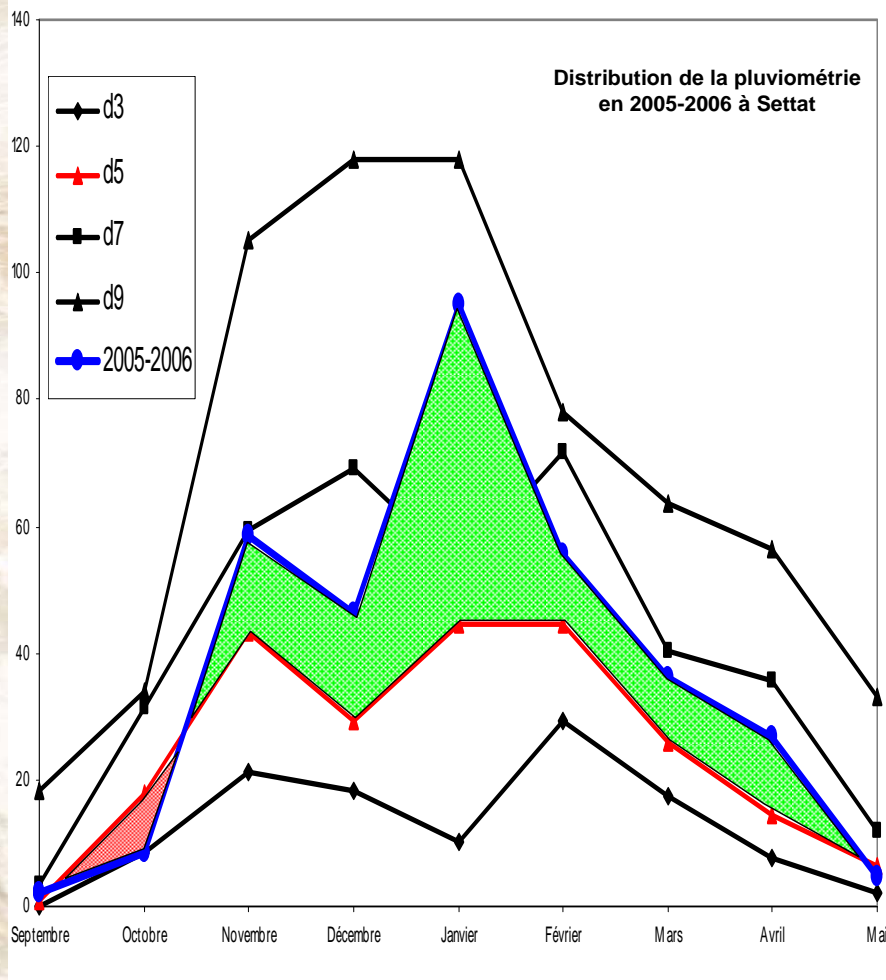


Évolution de la pluviométrie annuelle dans la région de Settat





Des situations très contrastées et aléatoires, rendent de plus en plus difficiles les prises de décision en agriculture pluviale



L'indice de précipitation standardisé

un outil de suivi de la campagne agricole

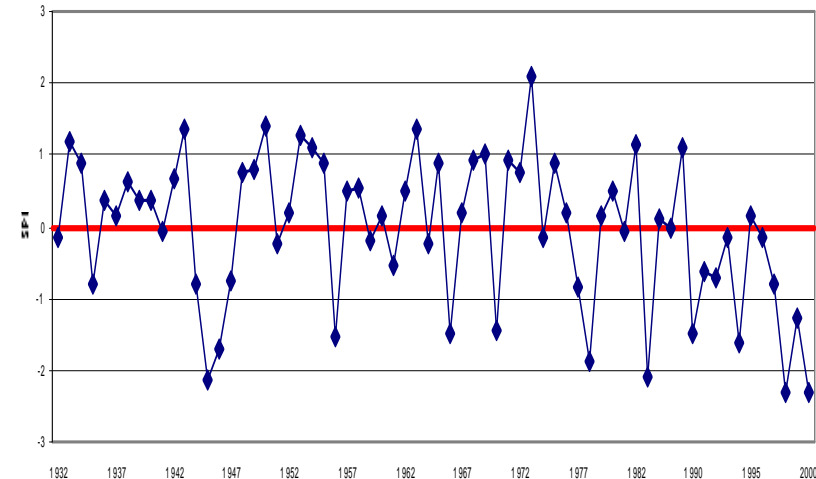
Gestion Intégrée des Ressources en Eau et en Sol et Durabilité des Systèmes de Cultures
en Zone Méditerranéenne, AGRUMED 2009, Rabat, IAV Hassan II, 14 - 16 Mai 2009



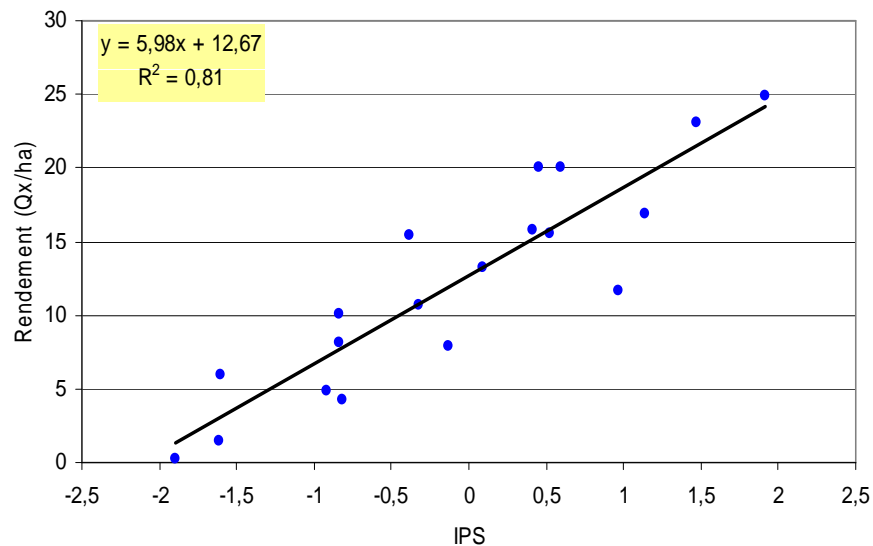
المعهد الوطني للبحوث الزراعي
Institut National de la Recherche Agronomique

L'indice de précipitations standardisé (IPS) représente l'écart-type des précipitations cumulatives par rapport aux moyennes climatiques. Le calcul de l'IPS se fait sur la base d'une série de données pluviométriques mensuelles. Il y a sécheresse quand la valeur de l'IPS est négative. La sécheresse est modérée quand les valeurs de IPS sont comprises entre 0 et -1.5, elle est sévère quand cet indice est compris entre -1.5 et -2, au delà de -2 la sécheresse est considérée comme extrême

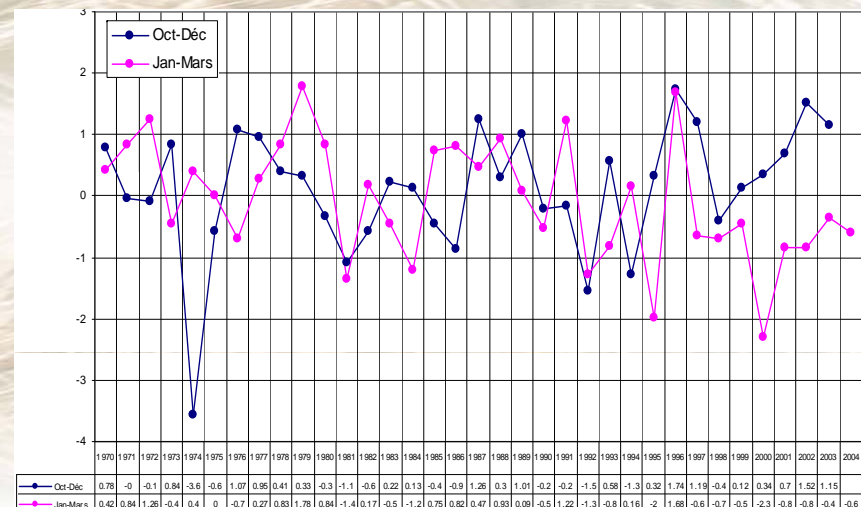
Évolution de l'indice de précipitations standardisé à Oujda



Relation entre Rendement et IPS dans la région de la Chaouia



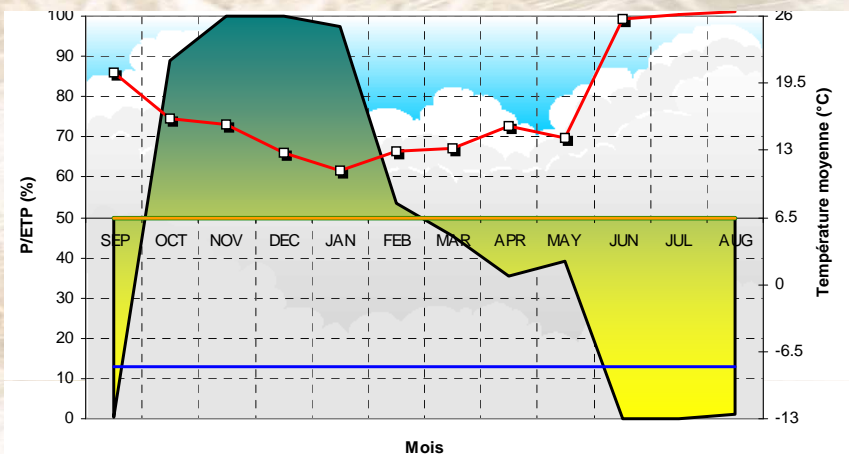
Évolution de l'indice de précipitations standardisé saisonnier à Settat



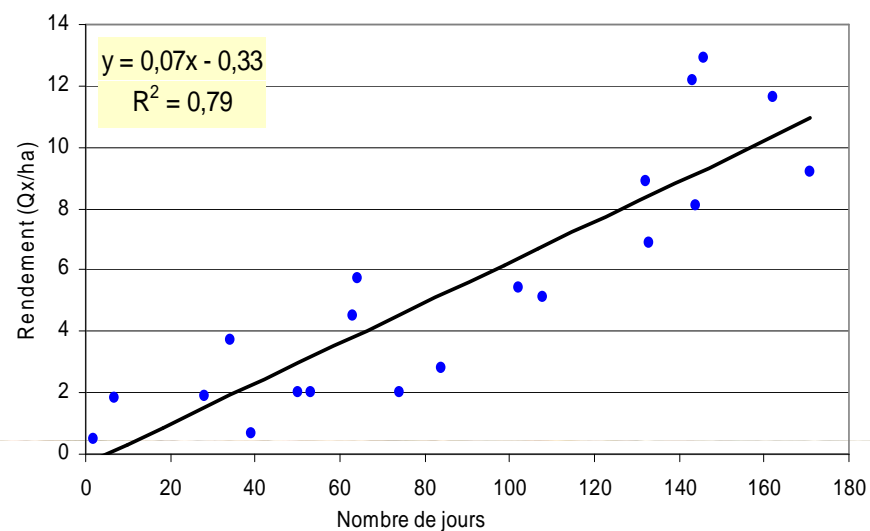
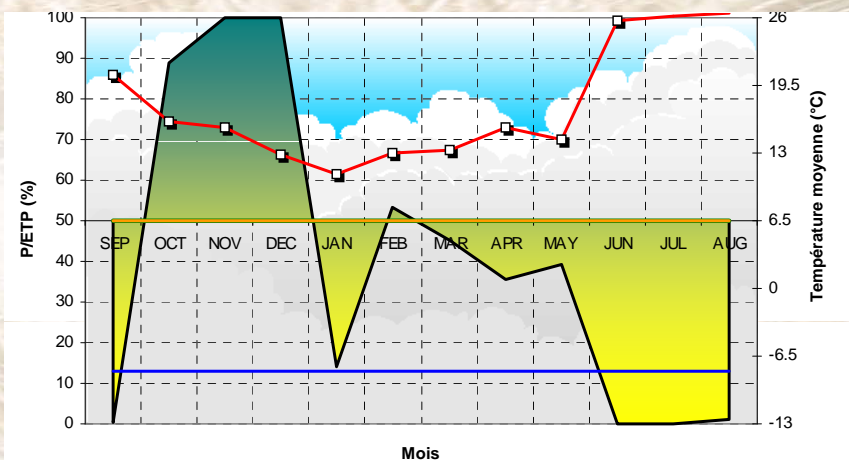
La longueur de la période de croissance un outil pour le choix des cultures

Gestion Intégrée des Ressources en Eau et en Sol et Durabilité des Systèmes de Cultures
en Zone Méditerranéenne, AGRUMED 2009, Rabat, IAV Hassan II, 14 - 16 Mai 2009

Longueur de la période de croissance en année normale



Longueur de la période de croissance en année sèche



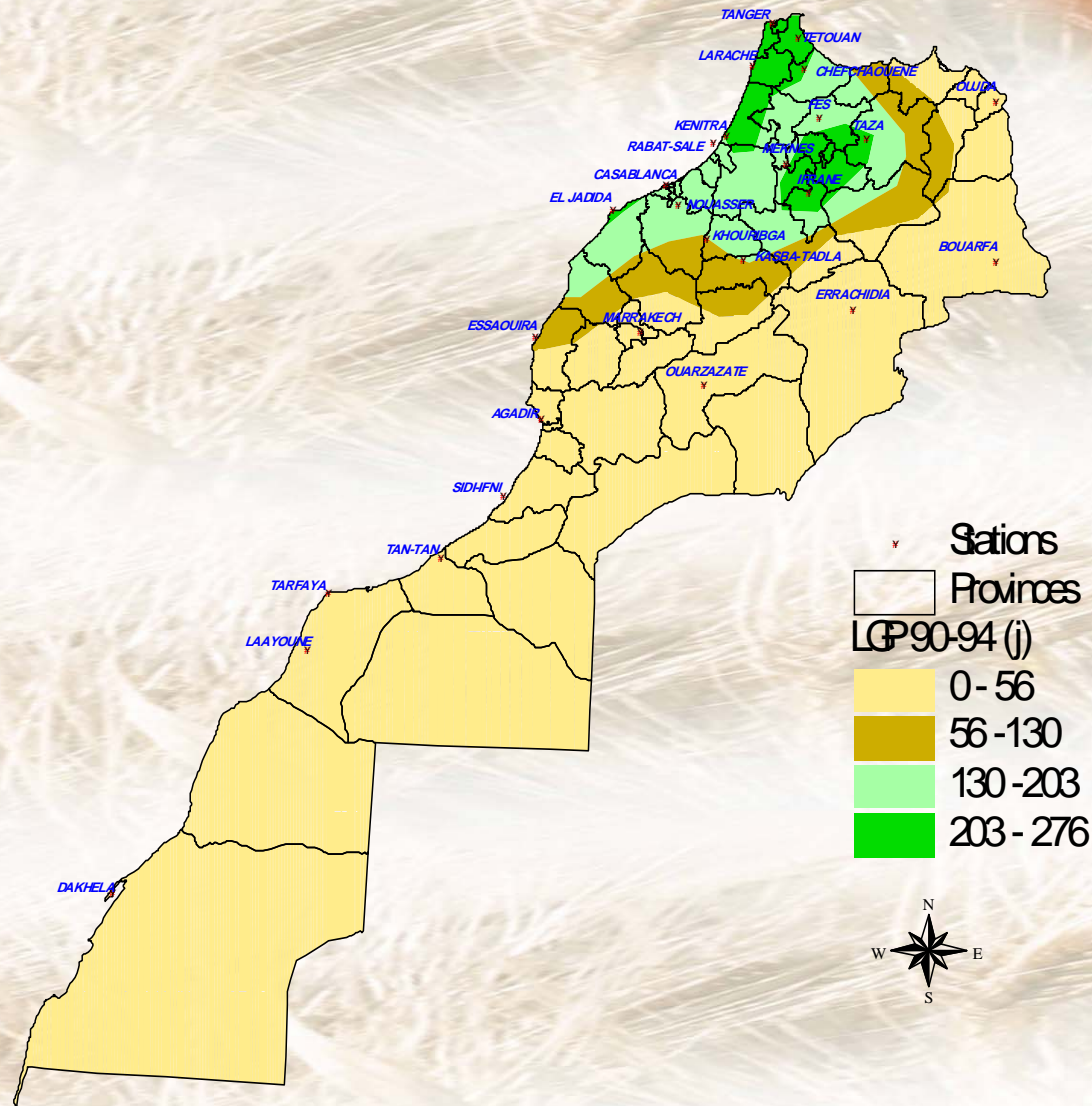
Relation entre Longueur de la période de Croissance et Rendement

Longueur de la période de croissance moyenne au Maroc

Gestion Intégrée des Ressources en Eau et en Sol et Durabilité des Systèmes de Cultures en Zone Méditerranéenne, AGRUMED 2009, Rabat, IAV Hassan II, 14 - 16 Mai 2009

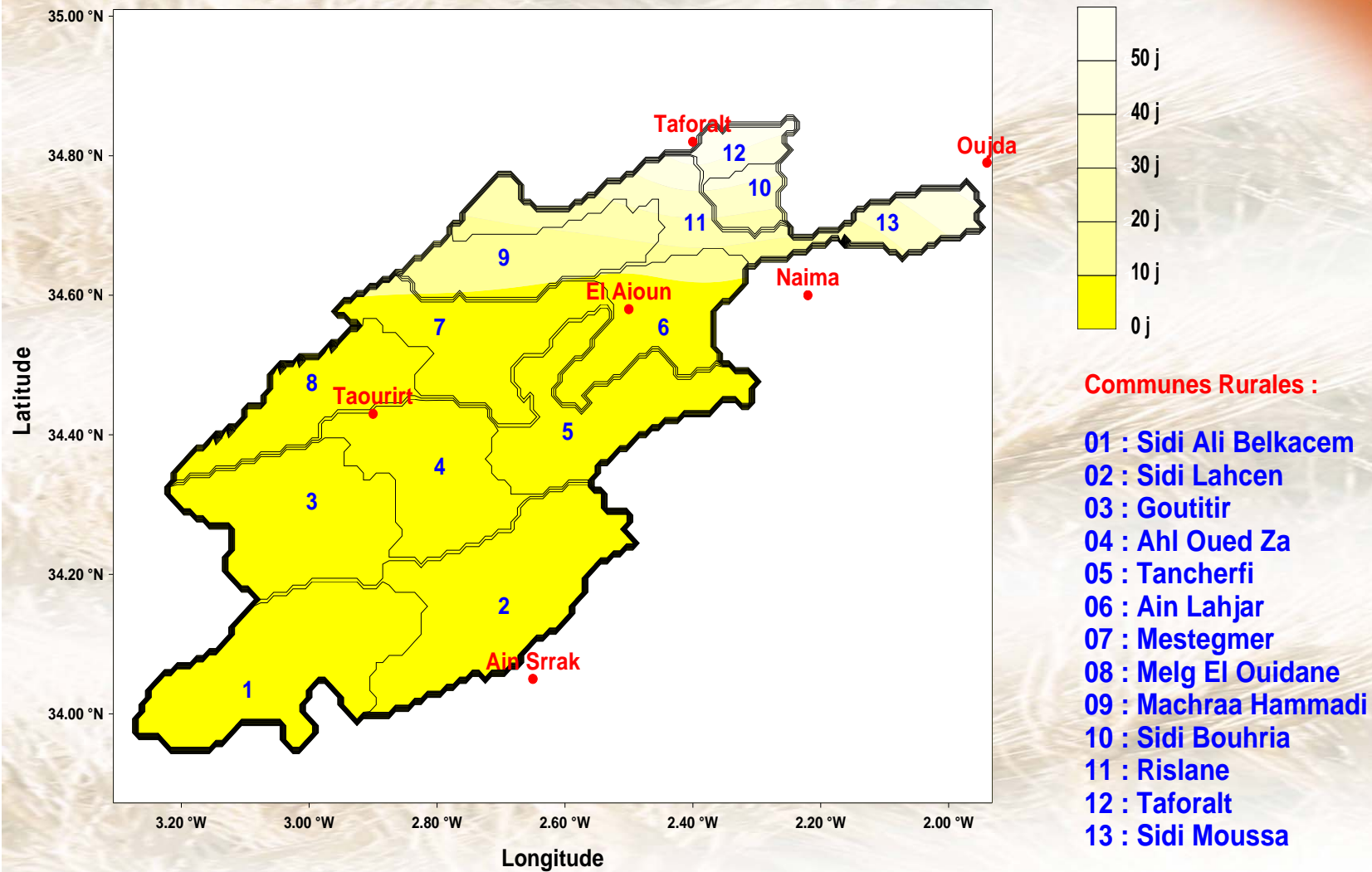


المعهد الوطني للبحوث الزراعي
Institut National de la Recherche Agronomique



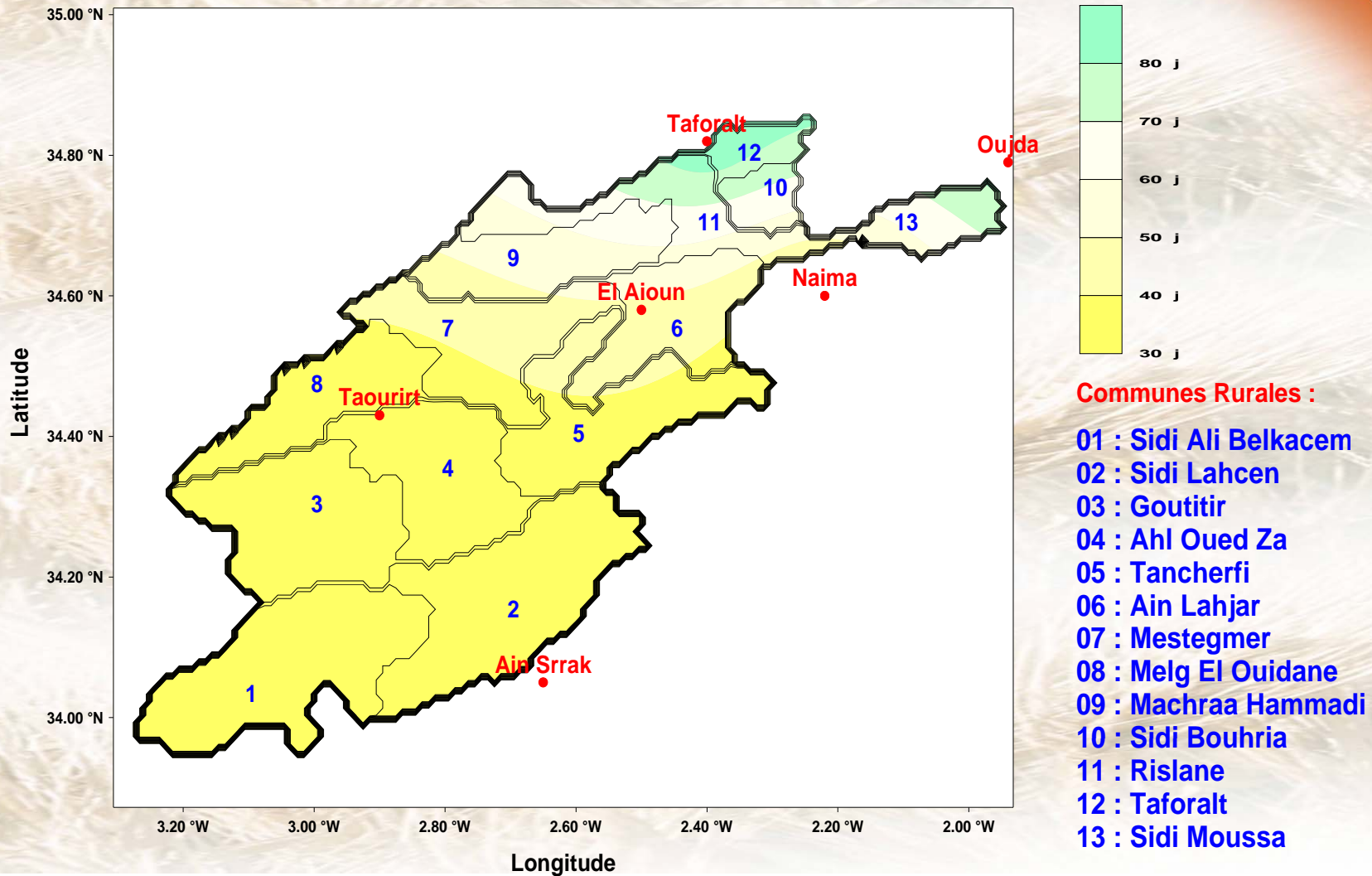


Longueur de la période de croissance en années sèche



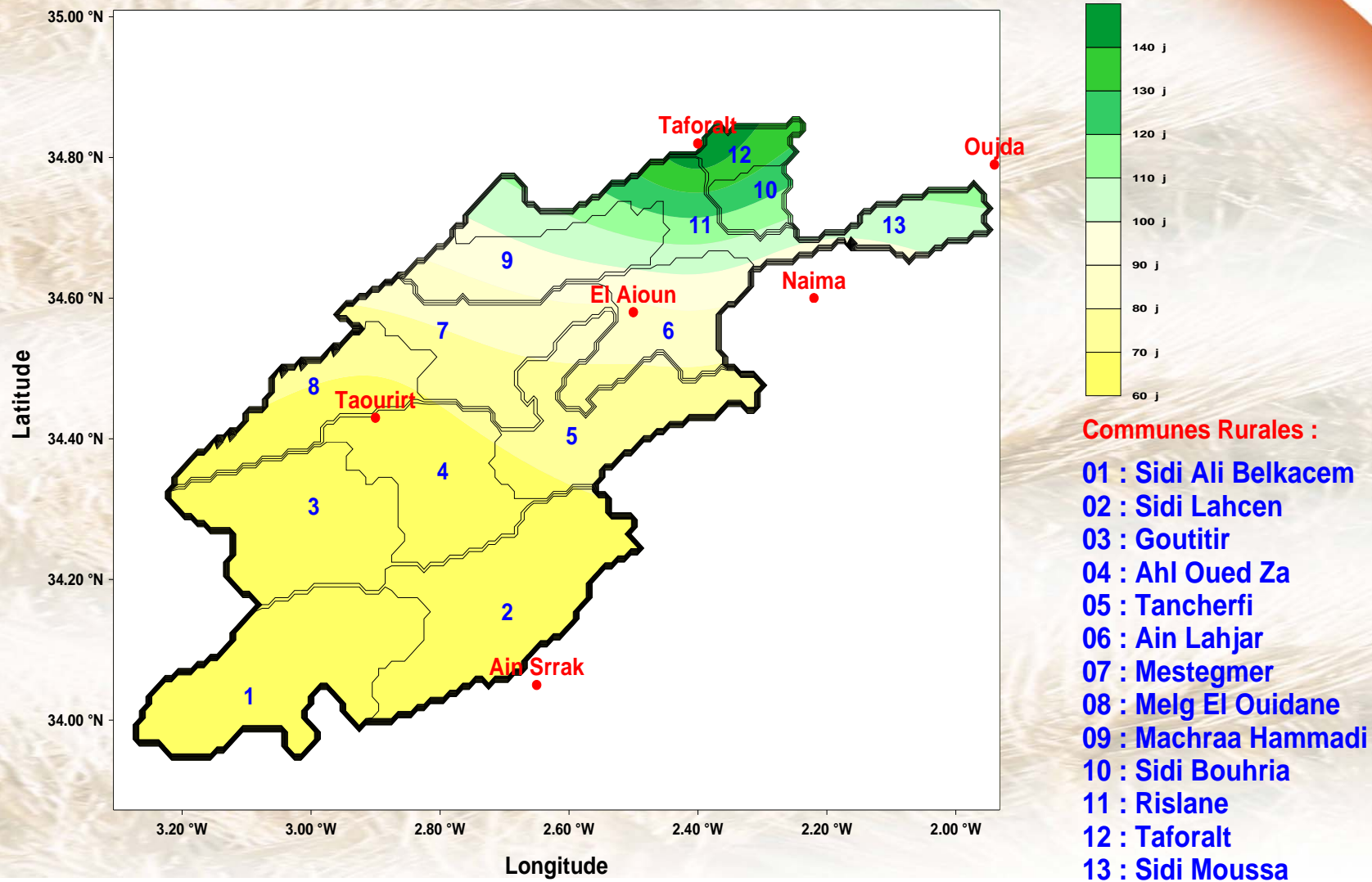


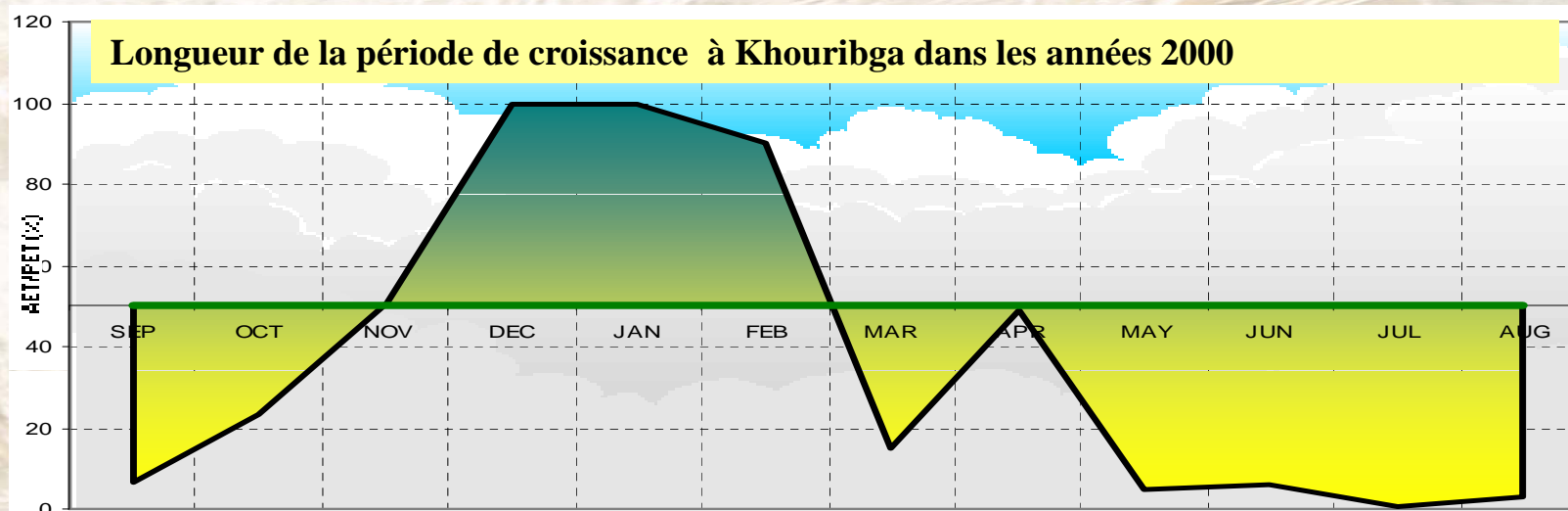
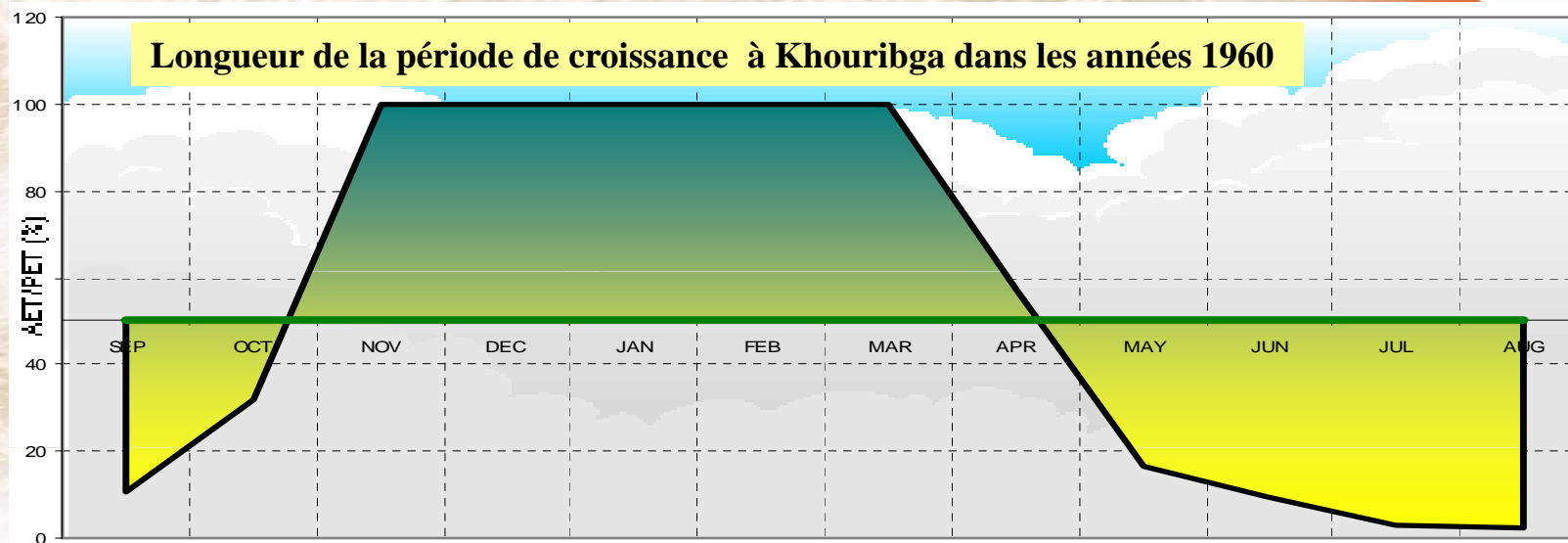
Longueur de la période de croissance en année moyenne





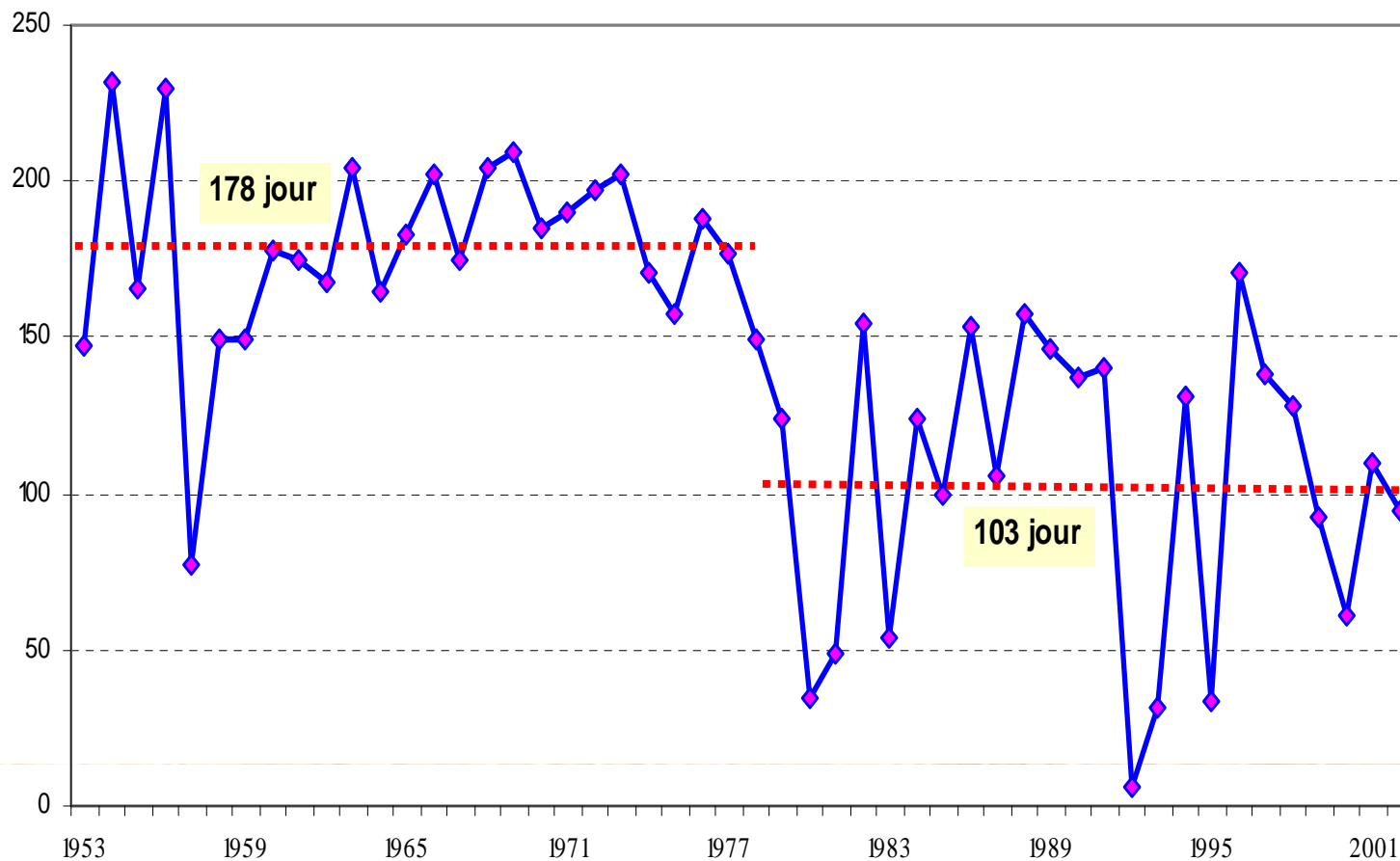
Longueur de la période de croissance en année pluvieuse





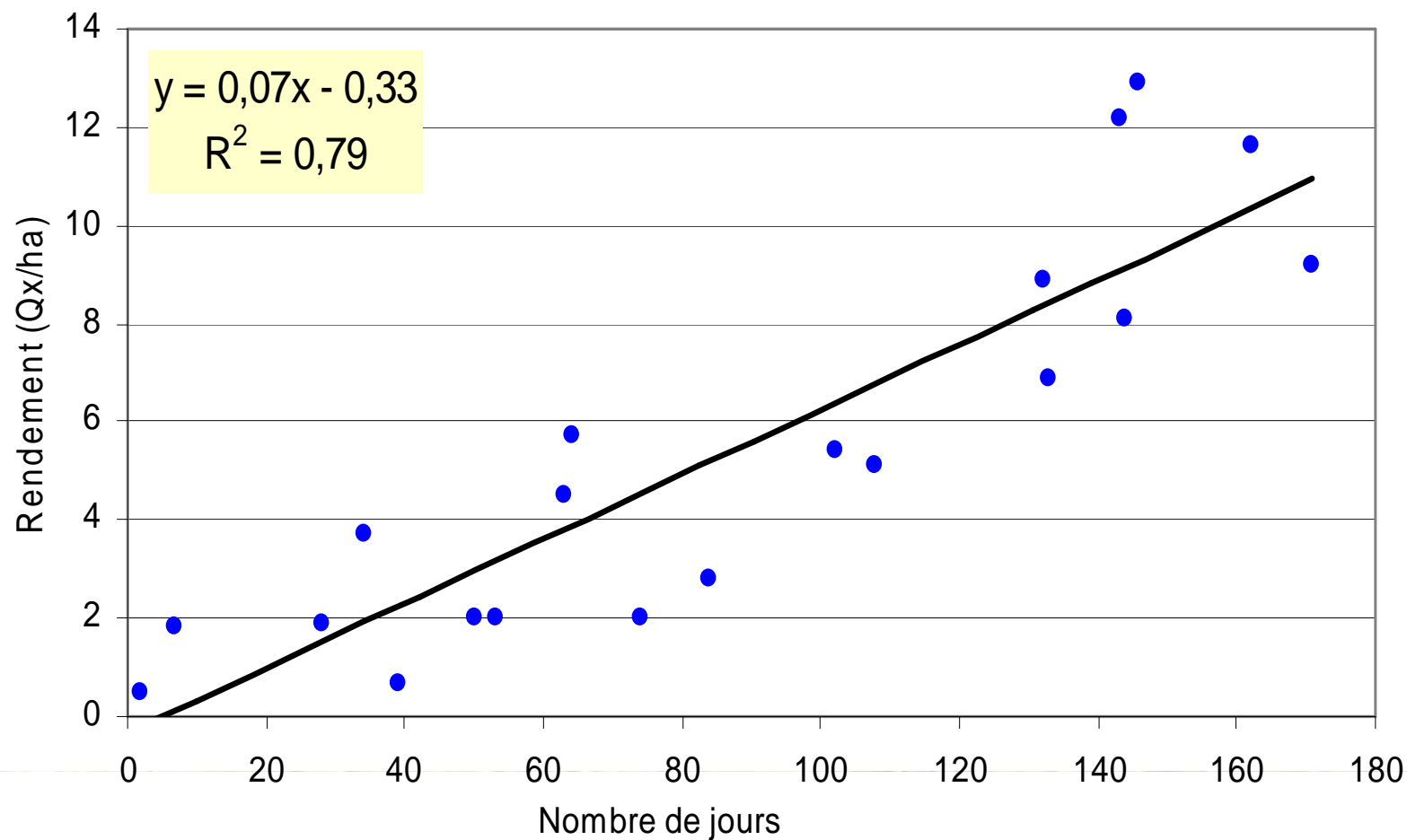


Evolution de la longueur de la période de croissance à Azilal





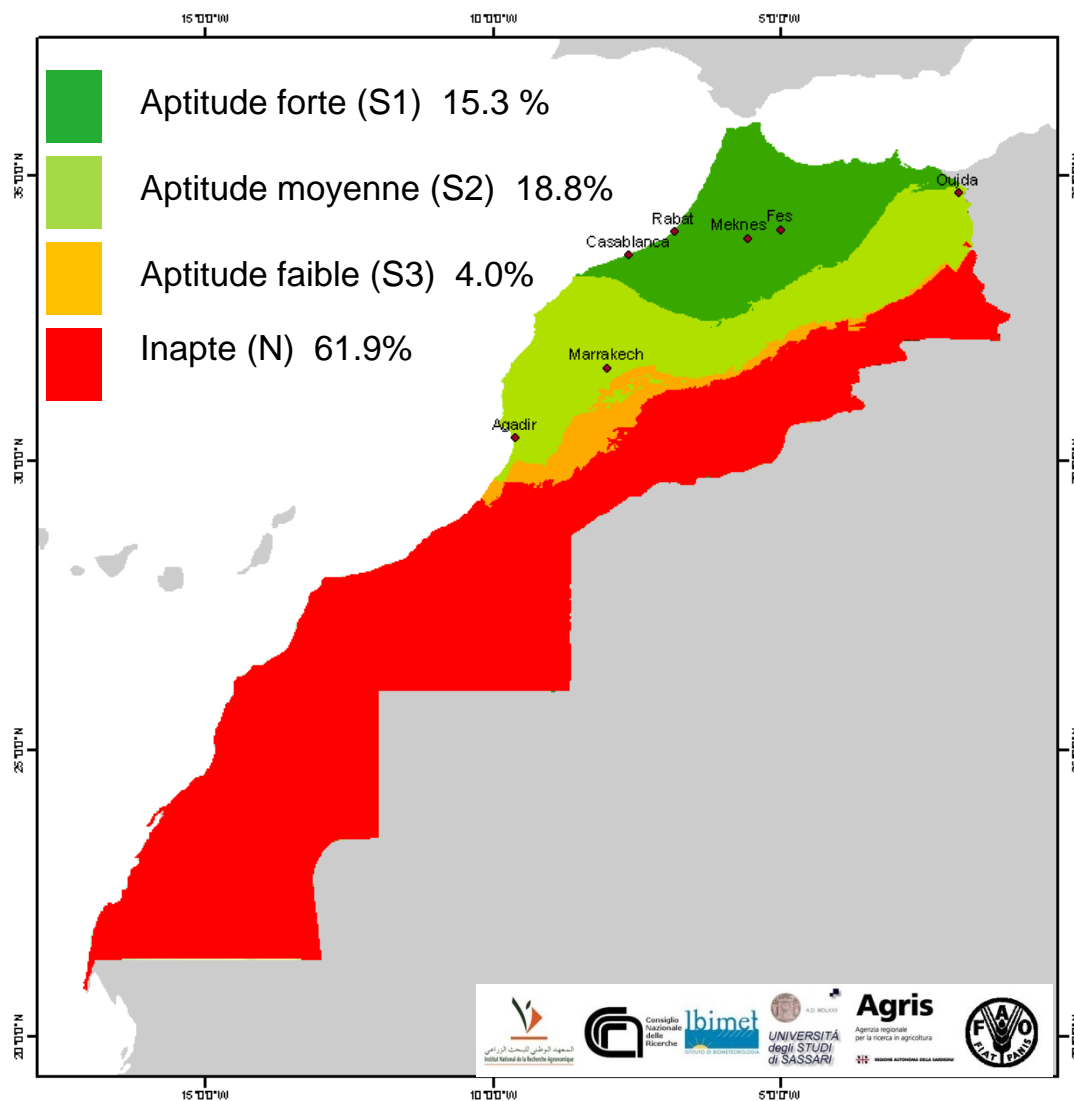
Relation longueur de la période de croissance X Rendement



Gestion Intégrée des Ressources en Eau et en Sol et Durabilité des Systèmes de Cultures en Zone Méditerranéenne, AGRUMED 2009, Rabat, IAV Hassan II, 14 - 16 Mai 2009

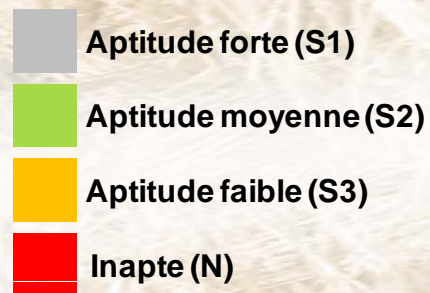
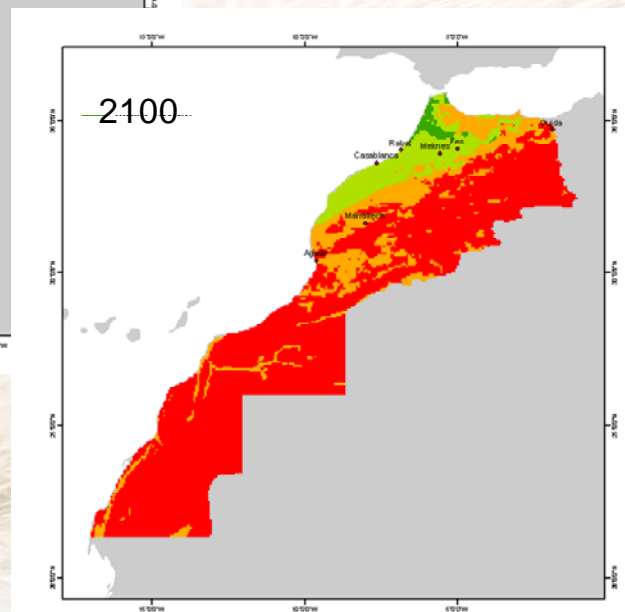
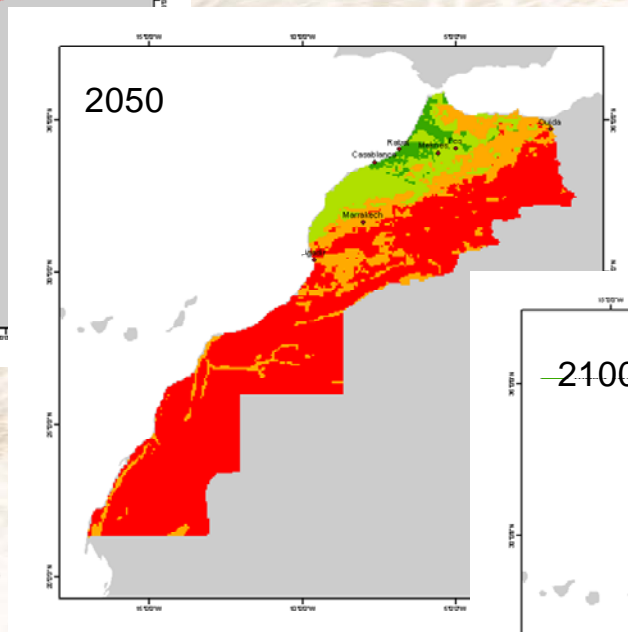
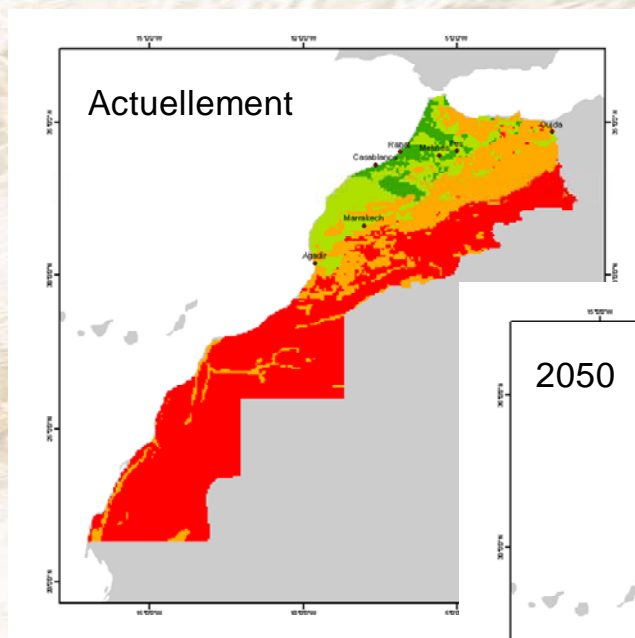


المعهد الوطني للبحوث الزراعي
Institut National de la Recherche Agronomique



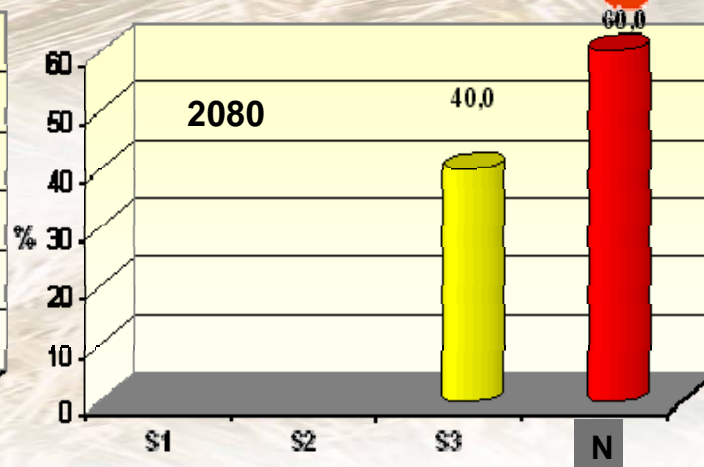
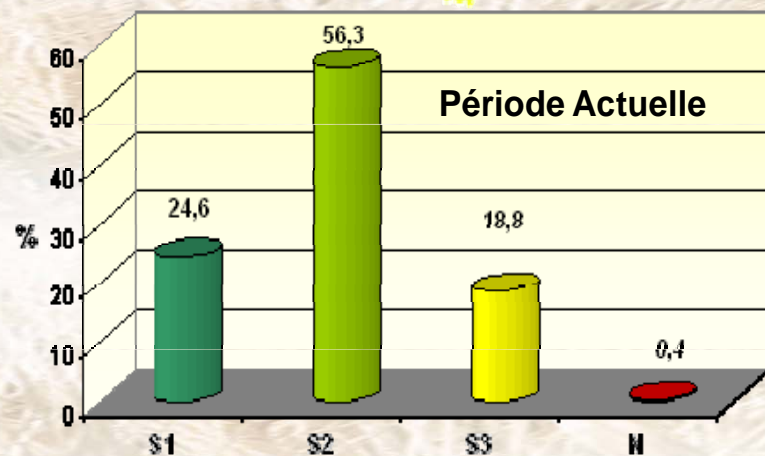
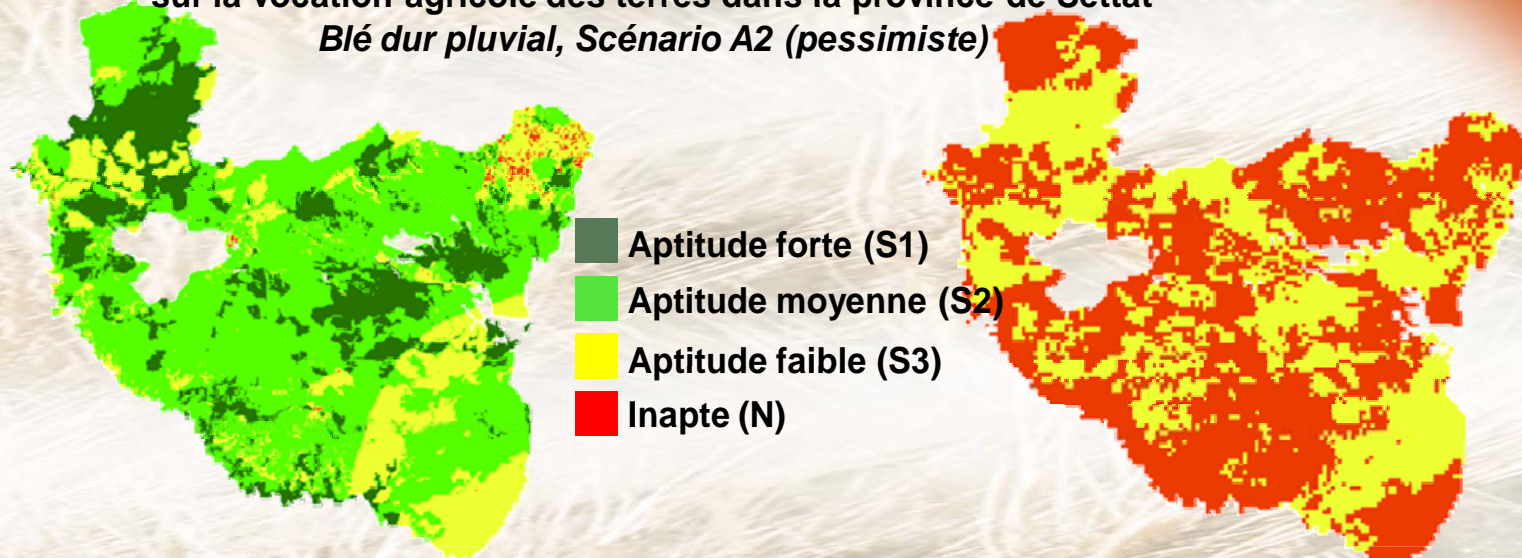


Impact des changements climatiques sur la vocation agricole des terres *Agriculture pluviale, Scénario A1B (émissions CO₂ maîtrisées)*





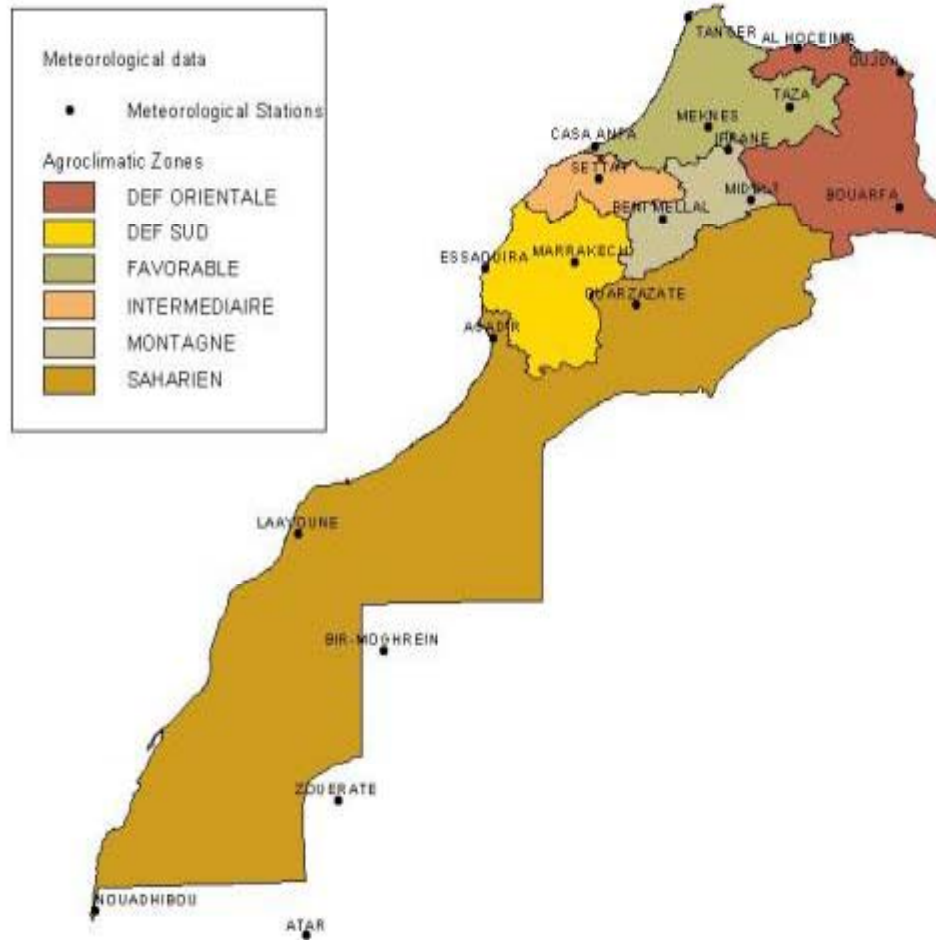
Impact des changements climatiques
sur la vocation agricole des terres dans la province de Settat
Blé dur pluvial, Scénario A2 (pessimiste)



Gestion Intégrée des Ressources en Eau et en Sol et Durabilité des Systèmes de Cultures
en Zone Méditerranéenne, AGRUMED 2009, Rabat, IAV Hassan II, 14 - 16 Mai 2009

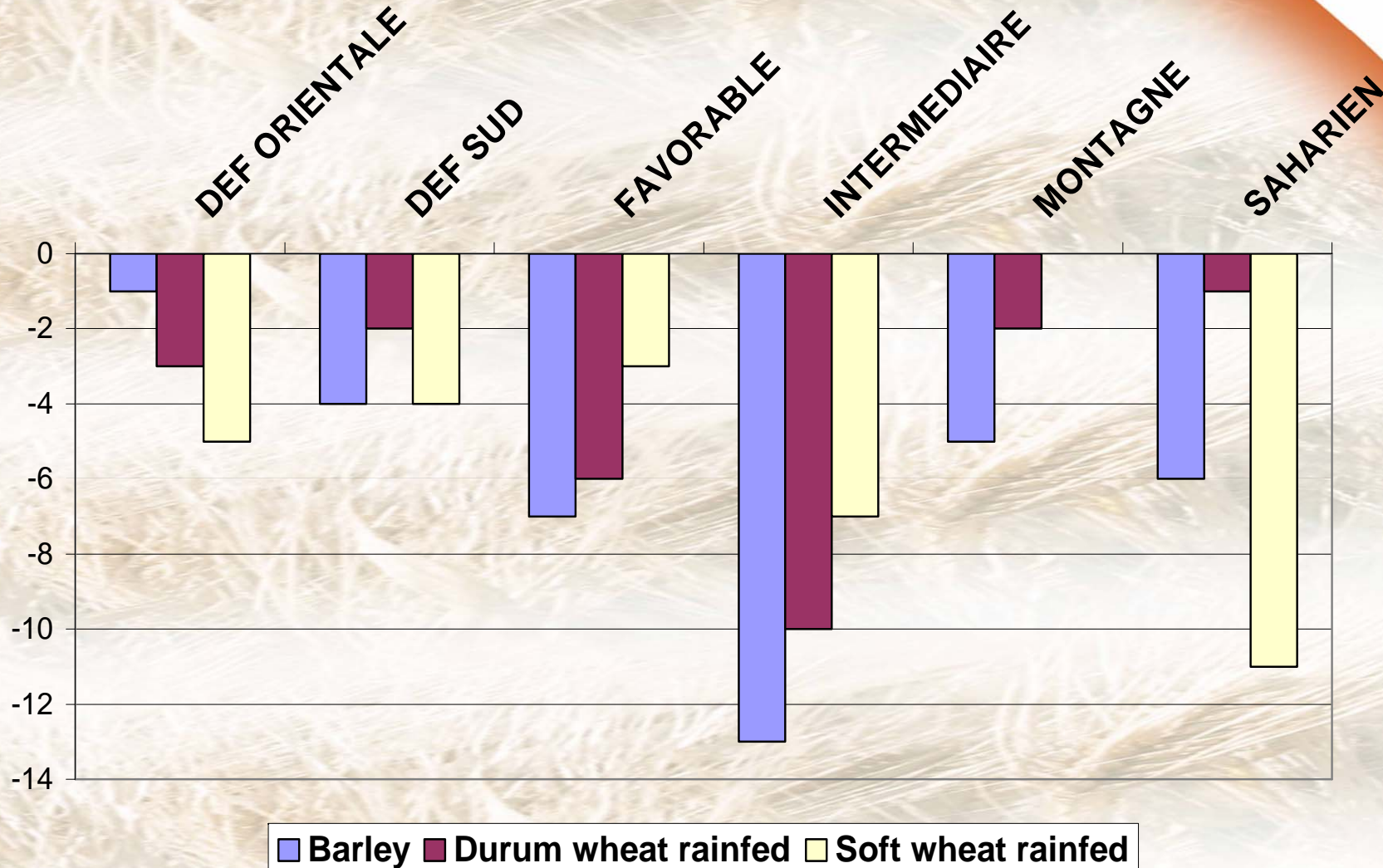


المعهد الوطني للبحوث الزراعي
Institut National de la Recherche Agronomique





Pourcentage de variation du rendement moyen en 2030 (scénario A2)

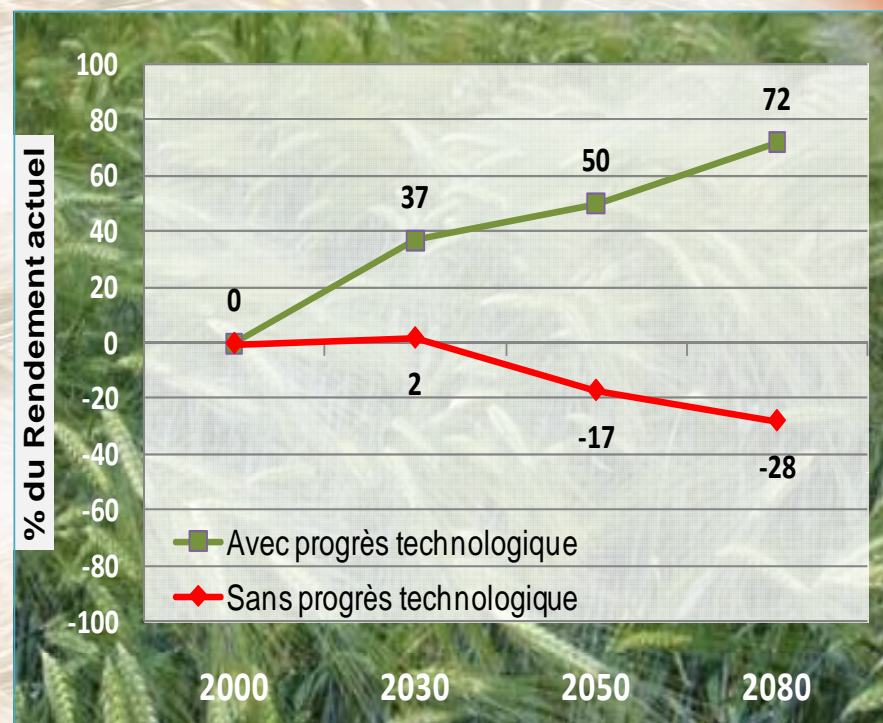
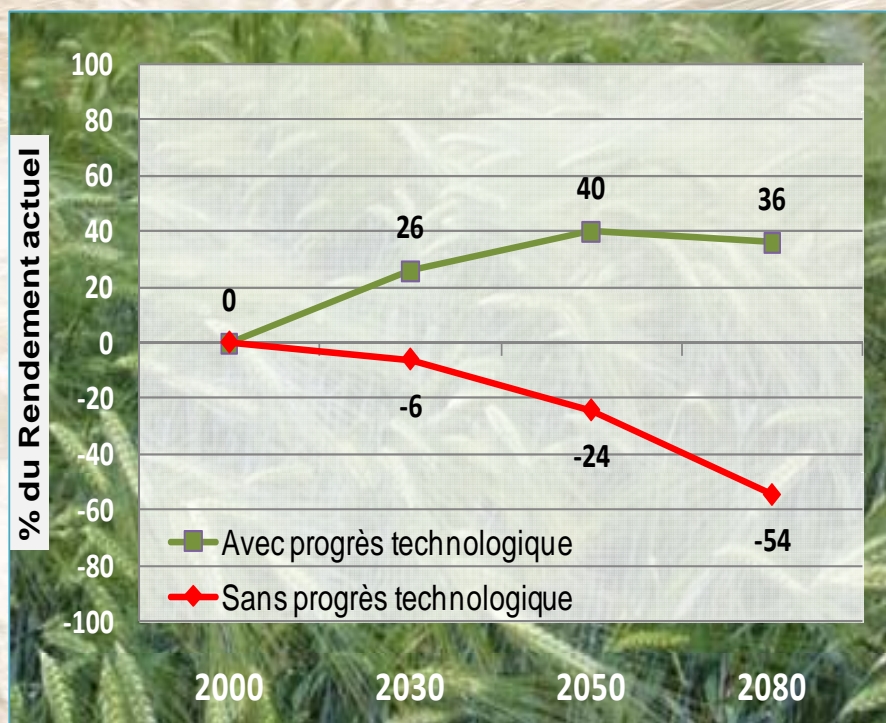




Impact des changements climatiques sur le rendement du blé dur pluvial au Maroc

Impacts modérés jusqu'en 2030, et sévères au-delà (scénario pessimiste A2)

Impacts modérés jusqu'en 2030, maîtrisés au-delà (scénario optimiste B2)



Classification des régions

Gestion Intégrée des Ressources en Eau et en Sol et Durabilité des Systèmes de Cultures
en Zone Méditerranéenne, AGRUMED 2009, Rabat, IAV Hassan II, 14 - 16 Mai 2009



المعهد الوطني للبحث الزراعي
Institut National de la Recherche Agronomique

| Classe | Nom Station | ETP (mm) | Pluie (mm) |
|--------|-------------|-------------|---------------|
| C1 | CASABLANCA | 22.2 | 15.8 |
| | RABAT | 23.0 | 20.5 |
| C2 | TETOUAN | 19.4 | 22.8 |
| | TANGER | 20.1 | 25.4 |
| C3 | MEKNES | 23.6 | 16.1 |
| | FES | 23.7 | 15.6 |
| | TAZA | 21.8 | 20.4 |
| C4 | NADOR | 21.9 | 11.4 |
| | ELHOUCEMIA | 20.5 | 10.2 |
| C5 | OUJDA | 23.9 | 8.9 |
| | MARRAKECH | 28.5 | 7.6 |
| C6 | BENIMELLAL | 27.3 | 14.2 |
| | KASBAT | 27.0 | 14.4 |
| | SETTAT | 25.1 | 14.3 |
| C7 | MIDELT | 21.7 | 4.2 |

Impact des changements climatiques sur le rendement du blé dur

Gestion Intégrée des Ressources en Eau et en Sol et Durabilité des Systèmes de Cultures en Zone Méditerranéenne, AGRUMED 2009, Rabat, IAV Hassan II, 14 - 16 Mai 2009



المعهد الوطني للبحث الزراعي
Institut National de la Recherche Agronomique

Scénario A1B

Rendement moyen (tones ha⁻¹)

| | Observé | 2025 | 2050 | 2100 |
|-----|---------|------|------|------|
| C 1 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.4 |
| C 2 | 1.2 | 0.9 | 0.8 | 0.6 |
| C 3 | 1.5 | 1.5 | 1.4 | 1.3 |
| C 4 | 0.8 | 0.9 | 0.8 | 0.8 |
| C 5 | 0.7 | 0.6 | 0.6 | 0.6 |
| C 6 | 1.3 | 1.4 | 1.2 | 0.8 |
| C 7 | 0.9 | 0.8 | 0.7 | 0.7 |

Impact des changements climatiques sur le rendement du blé dur

Gestion Intégrée des Ressources en Eau et en Sol et Durabilité des Systèmes de Cultures en Zone Méditerranéenne, AGRUMED 2009, Rabat, IAV Hassan II, 14 - 16 Mai 2009



المعهد الوطني للبحث الزراعي
Institut National de la Recherche Agronomique

Scénario A1B Variations des rendements moyens (%)

| | Observé | 2025 | 2050 | 2100 |
|-----|---------|-------|-------|-------|
| C 1 | 1.5 | 0 % | -3 % | -13 % |
| C 2 | 1.2 | -28 % | -38 % | -52 % |
| C 3 | 1.5 | -1 % | -7 % | -17 % |
| C 4 | 0.8 | -4 % | -9 % | -15 % |
| C 5 | 0.7 | -15 % | -20 % | -26 % |
| C 6 | 1.3 | -3 % | -14 % | -42 % |
| C 7 | 0.9 | -20 % | -27 % | -33 % |

Impact des changements climatiques sur le rendement du blé dur

Gestion Intégrée des Ressources en Eau et en Sol et Durabilité des Systèmes de Cultures en Zone Méditerranéenne, AGRUMED 2009, Rabat, IAV Hassan II, 14 - 16 Mai 2009



المعهد الوطني للبحث الزراعي
Institut National de la Recherche Agronomique

Scénario A2

Rendement moyen (tones ha⁻¹)

| | Observé | 2025 | 2050 | 2100 |
|-----|---------|------|------|------|
| C 1 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 0.7 |
| C 2 | 1.2 | 0.7 | 0.7 | 0.6 |
| C 3 | 1.5 | 1.5 | 1.3 | 1.2 |
| C 4 | 0.8 | 0.8 | 0.7 | 0.5 |
| C 5 | 0.7 | 0.6 | 0.6 | 0.6 |
| C 6 | 1.3 | 1.3 | 1.0 | 0.5 |
| C 7 | 0.9 | 0.7 | 0.7 | 0.6 |

Impact des changements climatiques sur le rendement du blé dur

Gestion Intégrée des Ressources en Eau et en Sol et Durabilité des Systèmes de Cultures en Zone Méditerranéenne, AGRUMED 2009, Rabat, IAV Hassan II, 14 - 16 Mai 2009



المعهد الوطني للبحوث الزراعي
Institut National de la Recherche Agronomique

Scénario A2 Variations des rendements moyens (%)

| | Observed | 2025 | 2050 | 2100 |
|------------|----------|-------|-------|-------|
| C 1 | 1.5 | -7 % | -9 % | -53 % |
| C 2 | 1.2 | -42 % | -43 % | -53 % |
| C 3 | 1.5 | -4 % | -13 % | -20 % |
| C 4 | 0.8 | -12 % | -21 % | -40 % |
| C 5 | 0.7 | -20 % | -26 % | -28 % |
| C 6 | 1.3 | -10 % | -28 % | -63 % |
| C 7 | 0.9 | -25 % | -33 % | -39 % |



- ✓ A court terme (2025), l'estimation de la réduction des rendements est comprise entre 0% et 7% en C1, et entre 28% et 42% en C2
- ✓ A moyen et long terme (2050-2100) l'estimation de la réduction des rendements est plus élevée :
Entre 13% - 20% en C3 et 28% - 63% en C6
- ✓ En C3 et C5 tous les scénarios montrent que les premières pluies significatives vont être décalés à la fin de l'année.
- ✓ Dans les zones C2, C6, et C7 les quantités des précipitations annuelles sous les conditions des changements climatiques seront si faibles que l'agriculture pluviale ne peut plus tenir.

Identification des premières pluies significatives pour Une meilleure planification des semis

Gestion Intégrée des Ressources en Eau et en Sol et Durabilité des Systèmes de Cultures
en Zone Méditerranéenne, AGRUMED 2009, Rabat, IAV Hassan II, 14 - 16 Mai 2009

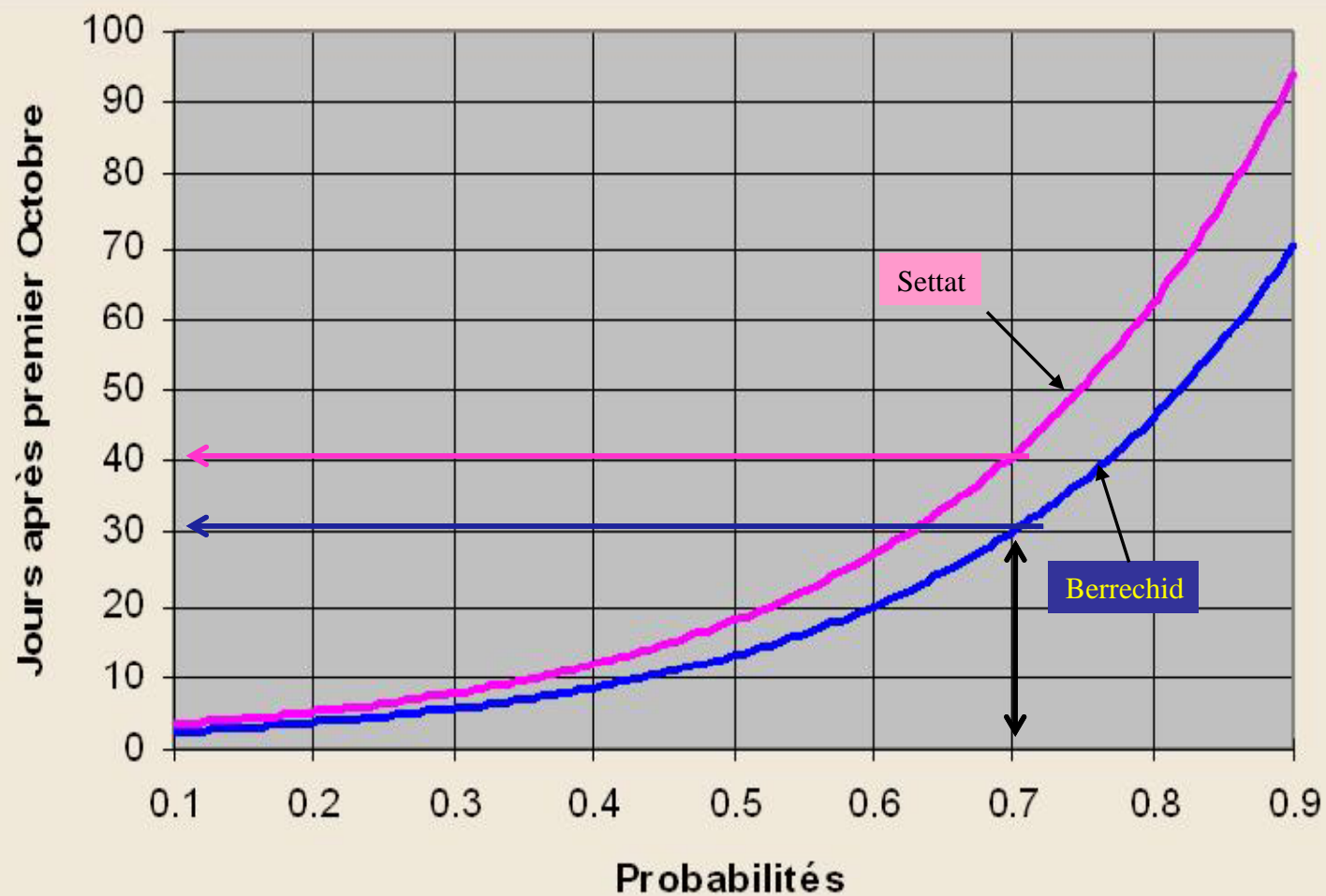
La première pluie significative est définie comme étant la première occasion après le premier octobre où on reçoit une quantité de pluie suffisante pour le déclenchement à la fois de la germination et de la levée. Cette quantité reçue pendant dix jours qui se suivent, à partir du premier octobre. Pendant ces dix jours, il faut qu'il y ait au moins quatre journées pluvieuses. Les données pluviométriques journalières sont nécessaire pour ces analyses. Les premières pluies significatives sont calculées pour chaque année de la période considérée à travers le logiciel climatique INSTAT. Les résultats sont par la suite exprimés en terme de probabilités.



المعهد الوطني للبحث الزراعي
Institut National de la Recherche Agronomique



Premières pluies significatives dans la région de settat



Variation des premières pluies significatives sous les conditions des changements climatiques

Gestion Intégrée des Ressources en Eau et en Sol et Durabilité des Systèmes de Cultures en Zone Méditerranéenne, AGRUMED 2009, Rabat, IAV Hassan II, 14 - 16 Mai 2009

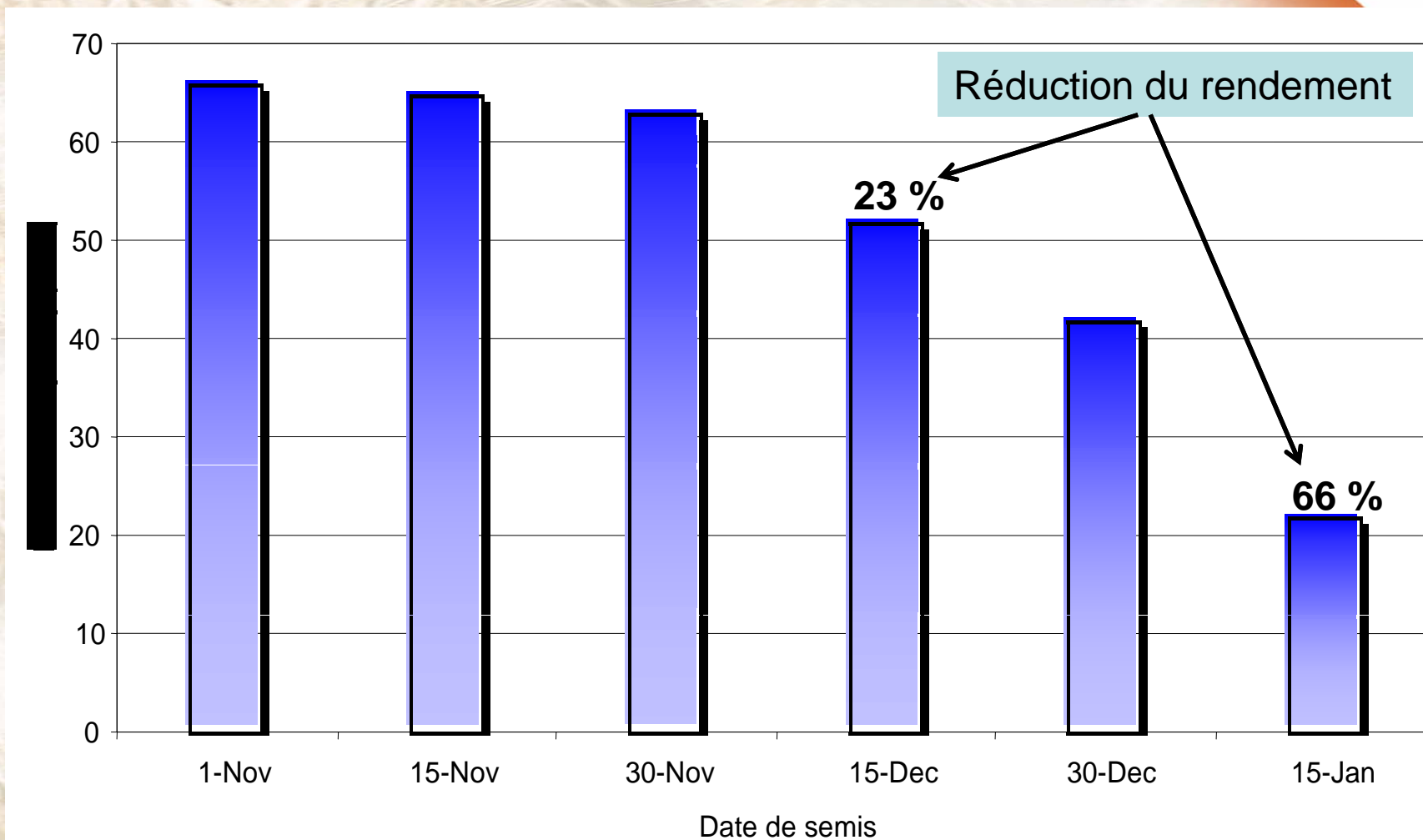


المعهد الوطني للبحوث الزراعي
Institut National de la Recherche Agronomique

| Décades de l'année | Observé | 2025 | 2050 | 2100 |
|--------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 24 | 4.0 | 3.1 | 2.3 | 1.1 |
| 25 | 3.0 | 2.3 | 1.7 | 0.8 |
| 26 | 2.9 | 2.2 | 1.7 | 0.8 |
| 27 | 3.4 | 2.6 | 2.0 | 0.9 |
| 28 | 12.4 | 9.0 | 6.5 | 2.6 |
| 29 | 12.4 | 9.0 | 6.4 | 2.6 |
| 30 | 14.2 | 10.3 | 7.4 | 2.9 |
| 31 | 16.1 | 11.6 | 8.3 | 3.3 |
| 32 | 14.9 | 10.8 | 7.7 | 3.0 |
| 33 | 16.0 | 11.6 | 8.2 | 3.3 |
| 34 | 16.9 | 15.6 | 14.3 | 11.4 |
| 35 | 16.6 | 15.4 | 14.2 | 11.4 |
| 36 | 17.8 | 16.5 | 15.2 | 12.2 |



Prédiction des rendements : Utilisation du modèle Cropsyst

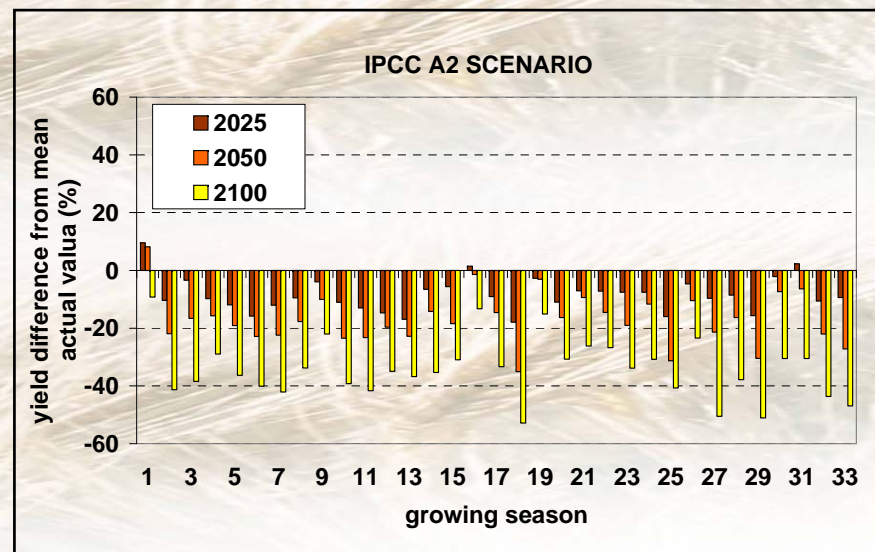
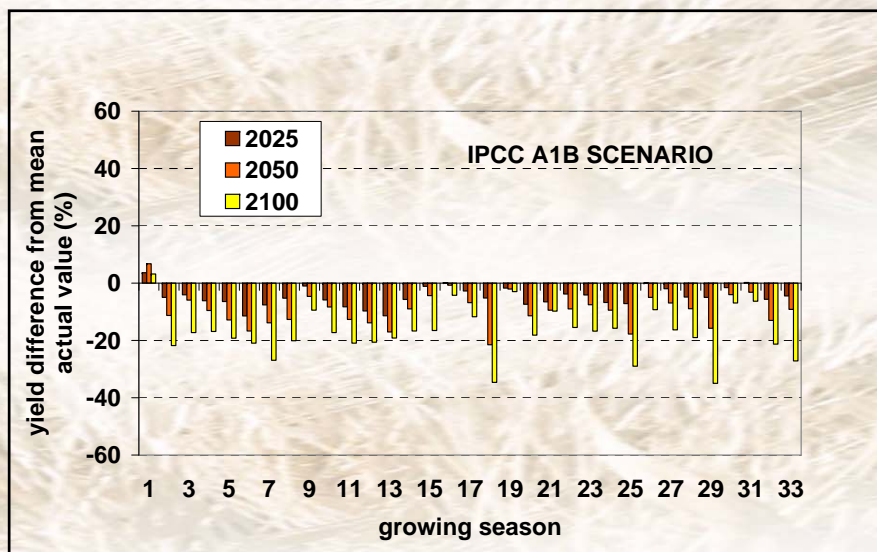
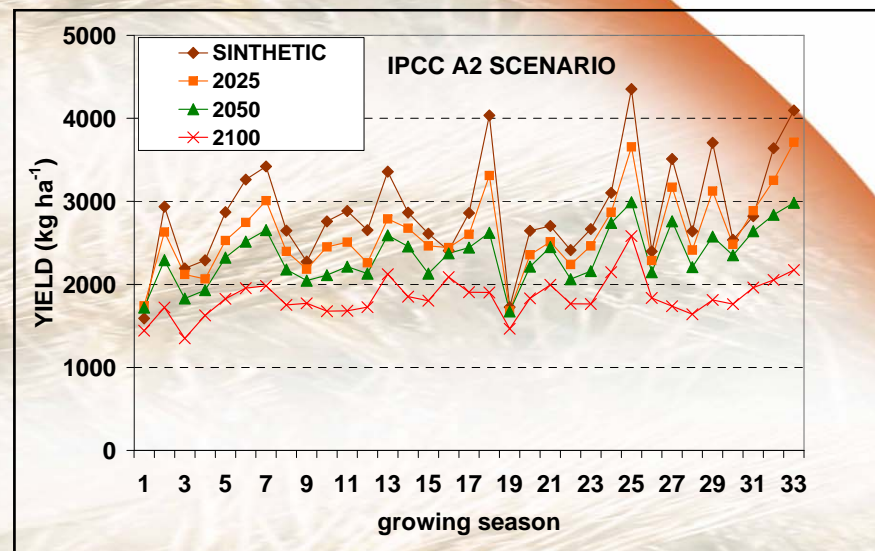
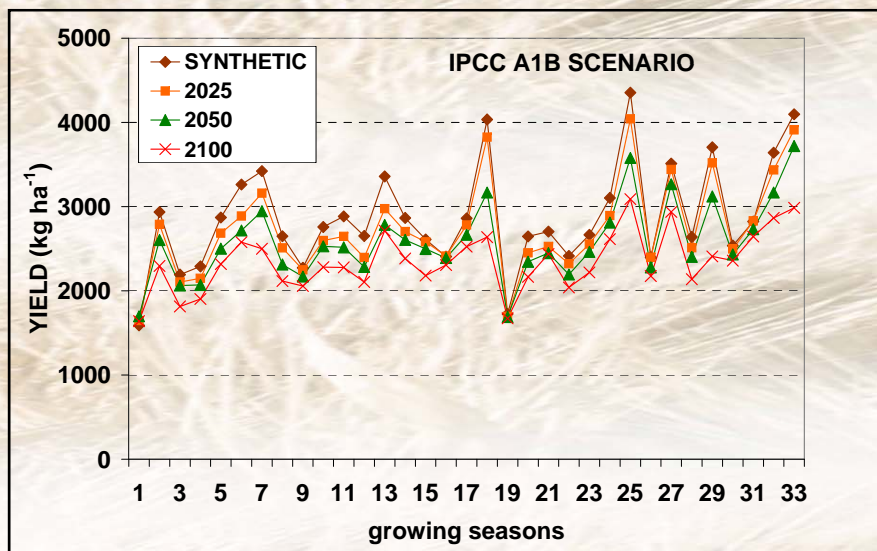


Impact des changements climatiques sur le rendement du blé dur : Utilisation du modèle de croissance DSSAT



المعهد الوطني للبحوث الزراعي
Institut National de la Recherche Agronomique

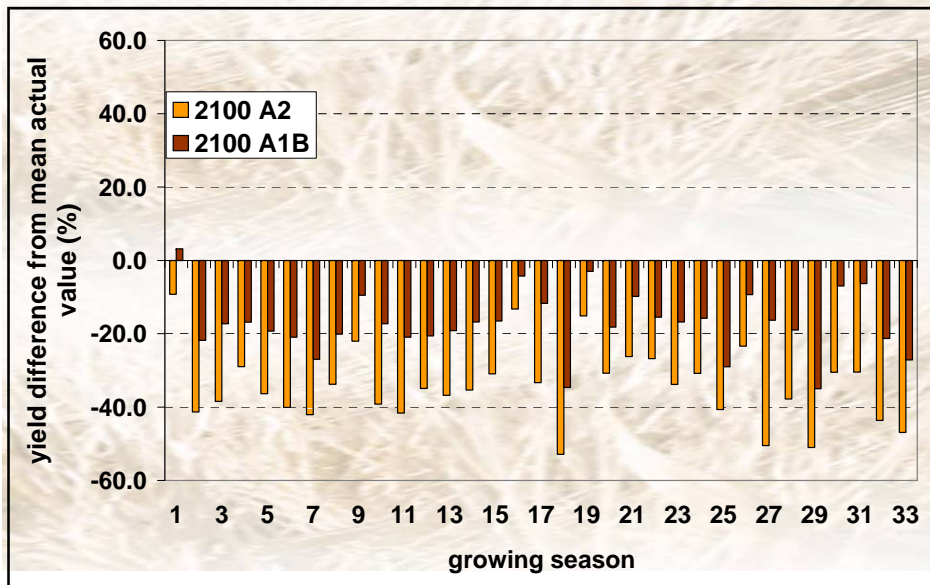
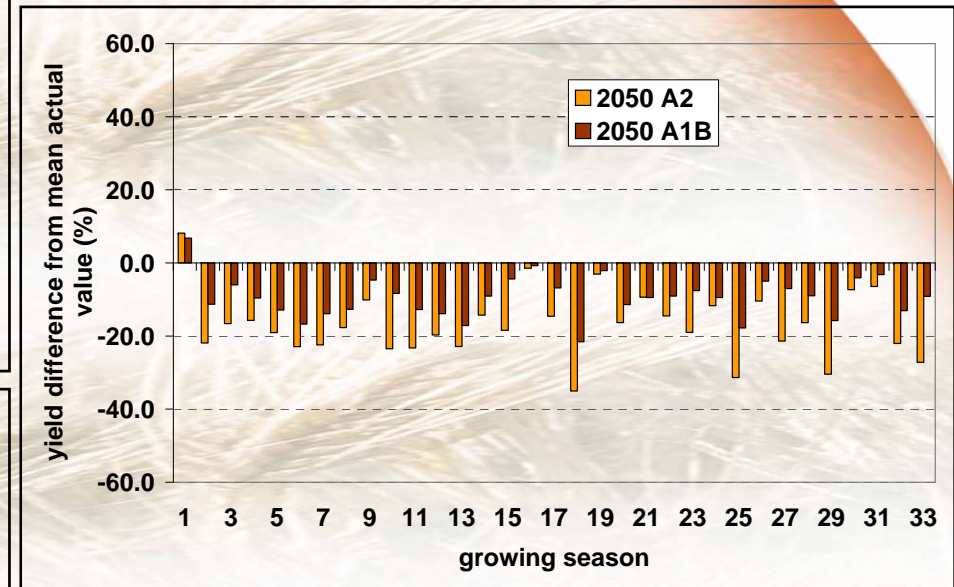
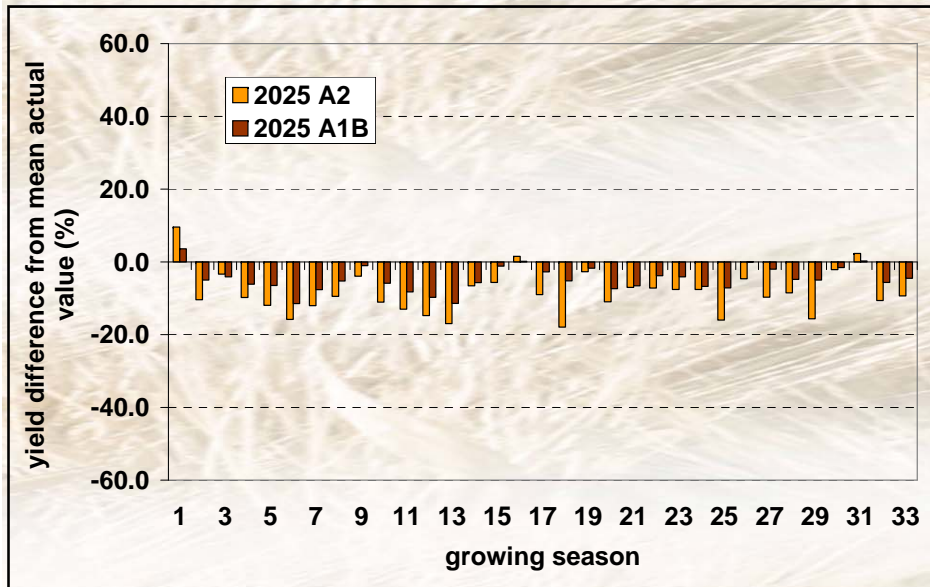
Gestion Intégrée des Ressources en Eau et en Sol et Durabilité des Systèmes de Cultures
en Zone Méditerranéenne, AGRUMED 2009, Rabat, IAV Hassan II, 14 - 16 Mai 2009



Gestion Intégrée des Ressources en Eau et en Sol et Durabilité des Systèmes de Cultures en Zone Méditerranéenne, AGRUMED 2009, Rabat, IAV Hassan II, 14 - 16 Mai 2009



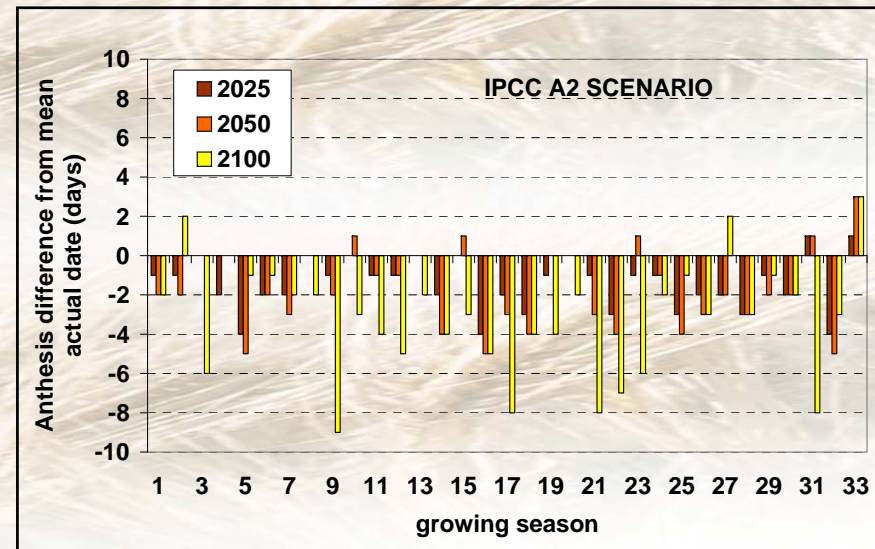
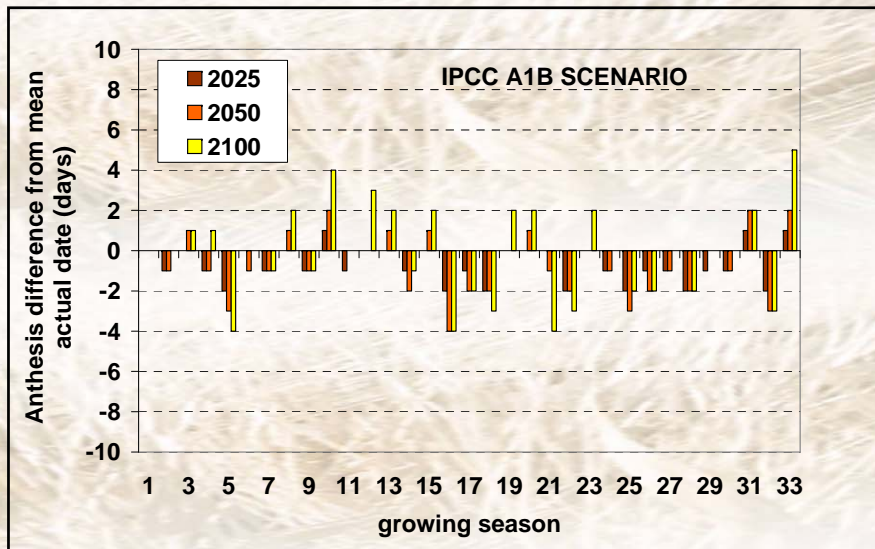
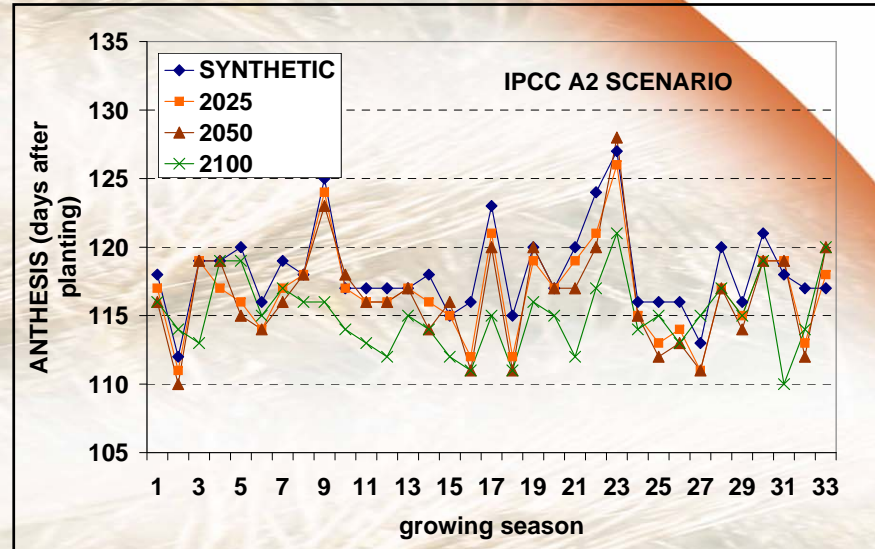
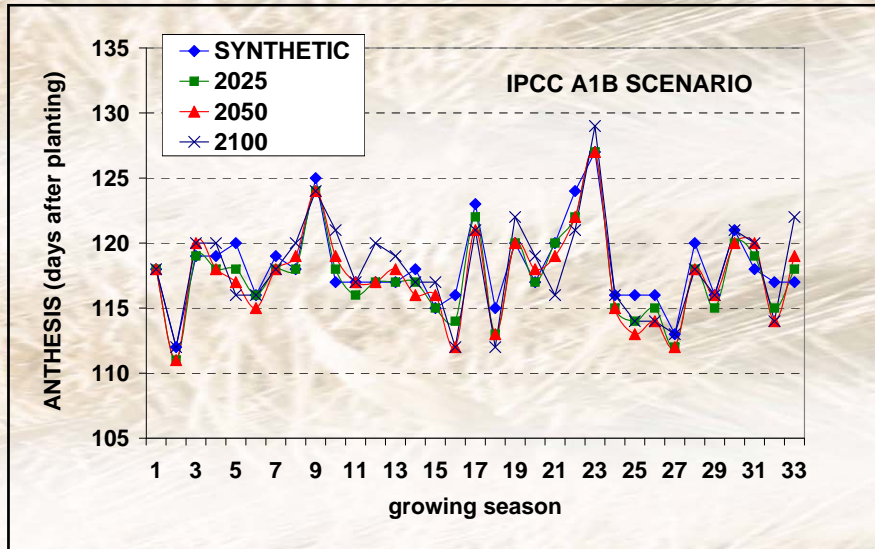
المعهد الوطني للبحوث الزراعي
Institut National de la Recherche Agronomique



Gestion Intégrée des Ressources en Eau et en Sol et Durabilité des Systèmes de Cultures
 en Zone Méditerranéenne, AGRUMED 2009, Rabat, IAV Hassan II, 14 - 16 Mai 2009



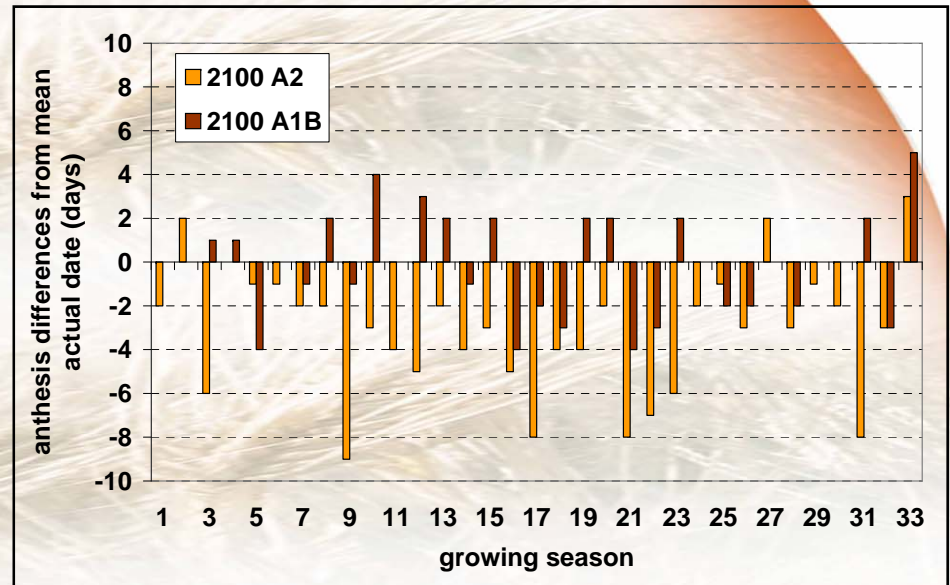
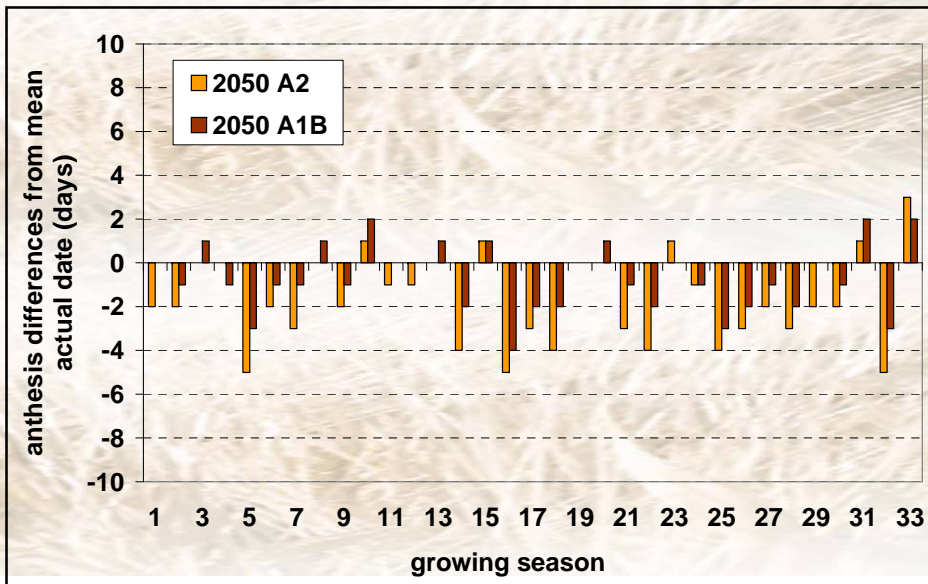
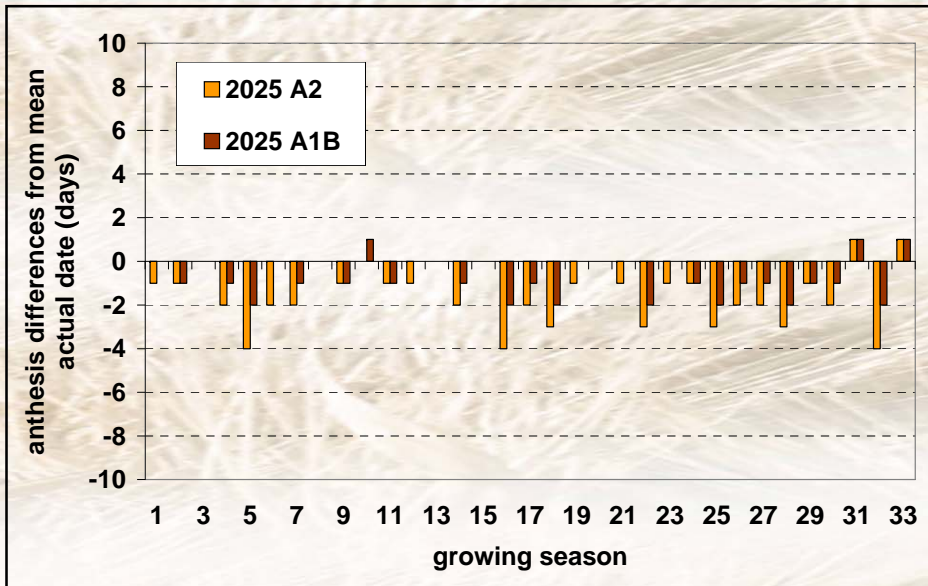
المعهد الوطني للبحث الزراعي
 Institut National de la Recherche Agronomique



Gestion Intégrée des Ressources en Eau et en Sol et Durabilité des Systèmes de Cultures
 en Zone Méditerranéenne, AGRUMED 2009, Rabat, IAV Hassan II, 14 - 16 Mai 2009



المعهد الوطني للبحث الزراعي
 Institut National de la Recherche Agronomique





- ✓ **Phénologie:** A court terme (projection 2025) le modèle montre un avancement de la date du stade anthèse d'un maximum de 2 jours dans le scénario A1B et de 4 jours dans le scénario A2.
- ✓ A moyen terme (2050) et long (2100) l'avancement de la date du stade anthèse est de 4 jours dans le scénario A1B et de 9 jours dans le scénario A2.
- ✓ **Production:** Dans le scénario A1B, la projection à court terme (2025) indique une réduction moyenne du rendement grain de 5%, avec un maximum de 11%. Cette réduction est plus sévère dans les scénarios à moyen terme (2050) et à long terme (2100) avec des réductions respectives de 21% et 35%.
- ✓ Dans le scénario A2, la projection à long terme (2100) indique une réduction moyenne du rendement grain du blé dur au Maroc de 35%, avec un maximum de 52%.

A close-up photograph of a golden wheat field. The wheat stalks are in sharp focus, showing the intricate details of the grain heads. The background is slightly blurred, showing more of the field and a few trees under a pale sky. Overlaid in the center of the image is the word "MERCI" in large, bright green, italicized, sans-serif capital letters with a thin white outline.

MERCI