

# Impacts des changements de saisonnalité sur l'agriculture

L'augmentation des températures accélère le développement phénologique des plantes cultivées. Ces dernières germent et fleurissent plus tôt les rendant plus vulnérables au gel. En même temps, une plus grande précocité permet d'échapper aux chaleurs et sécheresses extrêmes de l'été. Le « timing » des phases critiques de développement diffère souvent considérablement d'une espèce et variété à l'autre. Dans la course au maintien de la productivité agricole face au changement climatique, il faudra donc choisir des espèces et des variétés ayant un cycle de croissance adapté aux nouvelles conditions climatiques.

Annelie Holzkämper, Andreas Hund, Dario Fossati

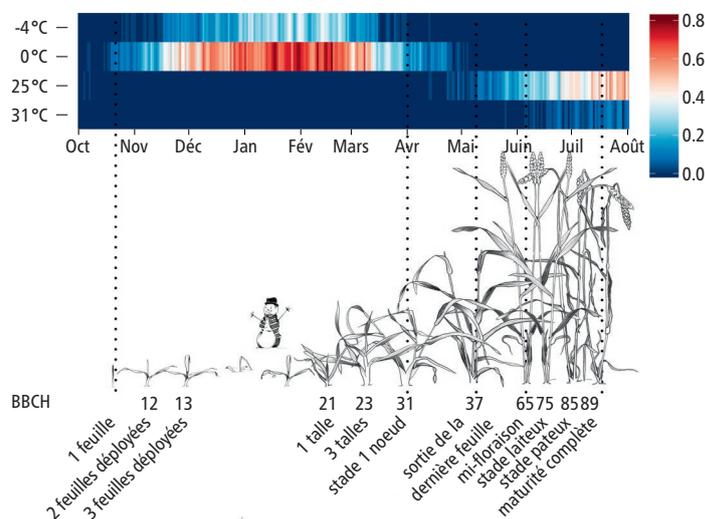
La sensibilité des cultures agricoles varie selon la phase de croissance dans laquelle elles se trouvent. Les périodes de développement particulièrement « critiques » sont celles où le risque de dommages sur la croissance et le rendement des plantes à la suite d'un phénomène climatique extrême est le plus élevé. Les valeurs seuils des facteurs climatiques ayant une influence sur le développement phénologique et la durée des phases critiques varient substantiellement d'une espèce à l'autre.

Les cultures pérennes comme la vigne sont relativement insensibles au gel durant leur dormance hivernale. Si le gel survient, en revanche, au printemps pendant la phase d'éclosion des bourgeons ou plus tard, les plantes peuvent subir de graves dégâts<sup>50,51</sup>. Une perte de rendement est alors souvent inévitable, car les dommages causés aux bourgeons floraux sont irréversibles. En avril 2017, une conjonction de gelées tardives, chaleur estivale et tempêtes de grêle a ainsi causé une perte de rendement considérable. En Suisse romande, seuls 72 % de la quantité de raisin (par rapport à 2016) ont pu être récoltés à la suite de ces conditions climatiques extrêmes. En Suisse alémanique et italienne, les dégâts ont été légèrement moins importants avec une quantité récoltée de 81 % et 77 %, respectivement<sup>52</sup>.

## Gel et chaleur provoquent des retards de croissance et des pertes de rendement

Les cultures arables telles que le maïs et le blé sont également très sensibles au gel lors de la phase d'allongement de la tige, appelée montaison. Avant cela, la zone apicale et la zone d'où partent les jeunes pousses sont proches du sol et donc relativement bien protégées des dégâts causés par le gel. Dans l'idéal, les jeunes pousses ne devraient donc commencer à s'allonger qu'une fois le risque de gel passé. Le blé, par exemple, n'entame sa phase de montaison que lorsque la probabilité d'être exposé à une période prolongée de températures inférieures à -4°C est faible<sup>53</sup>. Pour le maïs, un épisode de gel durant la montaison est capable, dans des cas extrêmes, de détruire toute une récolte.

La plupart des cultures sont particulièrement vulnérables au moment de la floraison. C'est pourquoi cette phase sensible se situe généralement à un moment de l'année où le risque de températures extrêmes est minime (Fig. 29). Pour le blé, une des phases les plus sensibles commence avec la méiose. La division méiotique débute au moment où la dernière feuille se déploie et bien avant l'apparition de l'épi. Pendant cette période, les températures sont généralement comprises entre 0°C et 25°C (Fig. 29). Des phénomènes climatiques extrêmes au moment de la floraison et au début de la formation des grains peut avoir un impact majeur sur le rendement<sup>54-58</sup>. Dans l'idéal, les températures devraient être aux alentours des 21°C et ne pas dépasser les 31°C au moment de la floraison<sup>57</sup>. Le blé fleurit en général avant que le risque de chaleur extrême ne devienne trop élevé, car le stress thermique peut entraîner des réductions significatives dans les rendements<sup>59</sup>. Ainsi, une température de 35°C pendant la phase de floraison peut réduire le poids des grains d'environ 45%<sup>60</sup>. Lors de la méiose et dans des cas extrêmes, la chaleur peut même rendre le pollen stérile: les anthères s'atrophient alors et les éléments mâles de la plante perdent en fertilité<sup>61</sup>. Une vague de chaleur extrême pendant la phase de formation des grains peut également provoquer un



**Fig. 29:** Interactions entre les extrêmes de température et la phénologie du blé. Les barres de couleurs (échelle à droite) montrent la proportion de jours où la température s'est située pendant au moins une heure en dessous ou en dessus de certaines températures critiques (températures extrêmes) pour le blé ( $\leq -4^\circ\text{C}$ ,  $\leq 0^\circ\text{C}$ ,  $\geq 25^\circ\text{C}$ ,  $\geq 31^\circ\text{C}$ ). Les mesures de température pour les années 1981–2018 proviennent du site de Zurich-Affoltern (MétéoSuisse, station REH). Chaque barre verticale représente un jour. Une valeur de 1 (rouge) signifie que le thermomètre a indiqué une température extrême pour au moins une des moyennes horaires de la journée en question et ce pour toutes les années de l'échantillon.

Le dessin illustre les stades phénologiques du blé d'hiver avec une date de semis en octobre selon l'échelle BBCH<sup>63</sup>: de la première feuille à la floraison en passant par la première talle visible et les différents stades de maturité. Les lignes en pointillés marquent les positions approximatives des stades les plus importants dans le cycle de croissance du blé pour le site d'Eschikon sur le Plateau suisse (Figure modifiée)<sup>64</sup>.

ratatinement des grains et donc une diminution du rendement et de la qualité du blé<sup>62</sup>.

## Accélération, précocité et sélection de nouvelles espèces

Le développement phénologique de toute plante est en grande partie déterminé par la température. À mesure que la planète se réchauffe, le développement phénologique s'accélère. Les plantes cultivées atteindront donc leurs stades phénologiques plus tôt. La période de croissance jusqu'à maturité complète se raccourcira également. Dans le cas de la vigne, on peut s'attendre à un débournement précoce et donc à une augmentation des risques de dommages dus au gel tardif. Pour de nombreuses cultures arables, on peut également s'attendre à un raccourcissement de la phase de formation des grains ce qui entraînera une réduction des rendements. L'augmentation des températures n'a pourtant pas que des effets négatifs. Ainsi, on assistera sans doute à une réduction des phénomènes climatiques extrêmes durant les premières phases critiques du cycle de croissance.

Sous l'effet d'un climat en pleine transformation, les plantes devront donc d'une part adapter leur phénologie, par exemple en fleurissant ou en s'allongeant plus tôt et d'autre part apprendre à tolérer de nouvelles sources de stress comme la chaleur. La sélection de variétés selon le critère de « résistance à l'hiver » perdra de son importance. Le risque de gel tardif reste, cependant, bien réel et doit être pris en compte si le développement phénologique des plantes s'accélère. Dans les paragraphes qui suivent, nous examinerons les stratégies d'adaptation plus en détail.

## Stratégies d'adaptation au changement climatique dans le secteur agricole

Les variétés actuellement cultivées sont généralement bien adaptées aux conditions climatiques de leur milieu. Leurs besoins en chaleur et humidité, qui dépendent de la phase de croissance, coïncident avec l'évolution saisonnière des températures et la répartition des précipitations sur le lieu de culture, comme le montre la figure 29. La répartition des types de blé en Europe illustre également très bien ce phénomène<sup>65-67</sup>. La résistance au froid des cultures d'hiver de blé panifiable augmente du sud-ouest au nord-est : blé de printemps (Espagne), blé alternatif<sup>68</sup> (nord de l'Espagne, sud-ouest de la France) et blé d'hiver (Suisse, nord de la France et Allemagne). Plus au nord encore, le blé ne passe pas l'hiver. Dans les régions septentrionales de Finlande et Russie, le blé est dès lors semé au printemps en utilisant des variétés à courte période de végétation.

Ces zones de culture vont se déplacer sous l'effet du changement climatique. En Suisse par exemple, la culture du blé alternatif deviendra une option intéressante. Les nouvelles conditions climatiques peuvent, toutefois, aussi entraîner des décalages problématiques de certaines phases sensibles du cycle de croissance. On devra ainsi s'attendre à une plus grande variabilité dans les rendements ou à des pertes de rendement chez des variétés qui étaient jusqu'alors bien adaptées à leur milieu. Il est vrai que les plantes ont la capacité de s'adapter dans une certaine mesure au changement climatique et ont une certaine résistance à la chaleur et au froid. Certains ajustements, notamment dans la sélection des variétés, seront néanmoins nécessaires pour contrecarrer l'impact du changement climatique sur la productivité agricole.

Une stratégie d'adaptation judicieuse pourrait consister à choisir des variétés plus tardives. Ces dernières permettent de mieux profiter des saisons de végétation plus longues. Les variétés tardives sont en effet capables d'absorber une plus grande quantité de rayonnement sur une plus longue période et ont donc un potentiel de rendement plus élevé<sup>69,70</sup>. Ces variétés fleurissent cependant aussi plus fréquemment pendant les périodes à haut risque de sécheresse ou de chaleur extrême. En choisissant des variétés plus précoces, on évitera d'exposer les cultures aux extrêmes climatiques de plus en plus fréquents<sup>71</sup>. C'est aussi ce qu'a constaté une équipe de chercheurs en analysant des données du blé en Allemagne<sup>72</sup>. Les essais menés sur les variétés de blé en Suisse confirment la tendance.

## Des semis plus tardifs

La date des semis joue également un rôle à l'heure de savoir quelle variété – tardive ou précoce – s'adaptera mieux aux nouvelles conditions climatiques. Sous l'effet du réchauffement, les cultures d'été jouiront d'une période de végétation plus longue, une situation qui sera propice au semis précoce. Pour les cultures d'hiver, le plus judicieux sera de semer plus tard afin d'éviter que la plante ne pousse trop avant l'arrivée de l'hiver.

Au-delà des adaptations au niveau du cycle de croissance, on peut également envisager de choisir des variétés plus résistantes au stress abiotique. Une étude menée sur la base d'essais à long terme montre que la

tolérance à la chaleur des variétés européennes de blé varie fortement en fonction de la région où le blé est cultivé : les variétés des régions méridionales de l'Europe présentent ainsi une plus grande tolérance à la chaleur<sup>73</sup>. L'adaptation au réchauffement peut donc en partie s'accomplir sur la base de la variabilité génétique existante. Les cultures du futur devront faire preuve d'une plus grande tolérance aux facteurs de stress abiotique.

## Conclusion

Chaque culture est affectée et réagit de manière différente aux conditions climatiques extrêmes ou changeantes, aussi bien au niveau de son cycle de croissance qu'au niveau de sa vulnérabilité à différents stades de son développement phénologique. Les risques de perte de rendement dépendent donc fortement de la probabilité qu'un extrême climatique coïncide avec une phase phénologique critique. Si l'augmentation des températures entraîne une plus forte précocité des phases critiques, le risque de dommages dus à un événement climatique extrême comme le gel tardif, augmente. Un thermomètre à la hausse peut, cependant, aussi avoir des effets bénéfiques. Si le développement phénologique prend de l'avance, la plante sera moins susceptible de souffrir d'un événement de chaleur ou de sécheresse extrême. Les stratégies d'adaptation pour l'agriculture sont donc multiples. La sélection de variétés plus précoces en particulier pourrait avoir un impact favorable sur la stabilité des rendements.



Fig. 30 : Lutte antigel par aspersion dans le Tyrol du Sud.



Fig. 31 : Lutte contre le gel tardif à l'aide de bougies antigel dans la région viticole allemande de Nahe.