

Fiche thématique

Thème	Agriculture
Fiches en lien	Eau, Aménagement du territoire, biodiversité
Rédacteur	Martin BIERNAUX – CEESE ULB

1 Messages clés

- L'agriculture wallonne présente une sensibilité relativement faible au changement climatique d'une part parce qu'un changement de température ou de pluviométrie a un impact modéré, et d'autre part parce qu'un grand nombre de pratiques agricoles peuvent être adaptées annuellement.
- Chaque région agricole, du fait de ses caractéristiques pédologiques et de ses orientations technico-commerciales, répondra de manière variable aux changements climatiques.
- Des effets positifs consécutifs à la hausse des températures et de la concentration en CO₂ sont attendus mais il faut néanmoins tenir compte des multiples facteurs limitant comme la disponibilité en eau, la disponibilité en nutriments ou encore la photopériode.
- Si des opportunités se dégagent, on s'attend néanmoins à une augmentation des risques de stress thermique, de stress hydrique, de dégradation des sols, d'inondation ou encore à une augmentation de la pression des parasites, maladies et adventices.
- Les incertitudes liées à l'évolution du climat, à la réponse des écosystèmes ou encore aux évolutions politiques et économiques impliquent qu'il est difficile d'établir un bilan net des effets positifs et négatifs des changements climatiques sur le secteur agricole.
- Les sols jouent un rôle clé dans la résilience et il importe donc de réaliser des efforts pour les préserver.
- Si certaines adaptations seront spontanées, d'autres mesures doivent être planifiées et il faudra adapter le secteur à des événements extrêmes plus fréquents.

2 Bibliographie wallonne

Principaux travaux existants sur le thème et son lien au changement climatique pour la Wallonie et/ ou la Belgique ou des territoires proches et similaires :

- BAZZAZ, F. et SOMBROEK, W., éditeurs, (1997), Changements du climat et production agricole, FAO, Rome.
- BIELDERS, C., CORDONNIER H., DAUTREBANDE, S. et THIRION, M., (2006), « Lutter contre l'érosion des terres », Les livrets de l'agriculture, 12, MRW - DGA, 41 p.
- IGLESIAS, A., AVIS, K., BENZIE, M., FISHER, P., HARLEY, M., HODGSON, N., HORROCKS, L., MONEO, M. et WEBB, J., (2007), Adaptation to climate change in the agricultural sector, AEA Energy & Environment.
- CELLULE ETAT DE L'ENVIRONNEMENT WALLON (2007), Rapport analytique sur l'état de l'environnement wallon 2006-2007, MRW - DGRNE, Namur, 736 p.
- DIRECTION DE L'ANALYSE ECONOMIQUE AGRICOLE (DAEA), (2008), Evolution de l'économie agricole et horticole de la Région wallonne 2008 – 2009, SPW – DGARNE, Namur.
- DIRECTION DE L'ANALYSE ECONOMIQUE AGRICOLE (DAEA), (2009), Evolution de l'économie agricole et horticole de la Région wallonne 2009 – 2010, SPW – DGARNE, Namur.
- EITZINGER, J. et KUBU, G., éditeurs, (2009): Impact of Climate Change and Adaptation in Agriculture. Extended Abstracts of the International Symposium, University of Natural Ressources and Applied Life Sciences (BOKU), Vienna, June 22-23 2009. BOKU-Met Report 17, ISSN 1994-4179 (Print), ISSN 1994-4187 (Online) - <http://www.boku.ac.at/met/report>.
- FURHER, J., (2003), "Agroecosystem responses to combinations of elevated CO₂, ozone, and global climate change", Agriculture, Ecosystems and Environment 97: 1–20.
- MARACCHI, G., SIROTENKO, O. et BINDI, M., (2005), "Impacts of present and future climate variability on agriculture and forestry in the temperate regions: Europe", Springer - Climate change, 70: 117–135.
- OLESEN, J. E., TRNKA, M., KERSEBAUM, K.C., SKJELVAG, A.O., SEGUIN, B., PELTONEN-SAINIO, P., ROSSI, F., KOZYRA, J. et MICALE, F., (2010), "Impacts and adaptation of European crop production systems to climate change", European Journal of Agronomy, 34: 96-12.

3 Les principales caractéristiques régionales

3.1 Un secteur agricole compétitif et géographiquement spécialisé

Comme dans tous les pays industrialisés, la part de l'agriculture dans le PIB s'est considérablement réduite. **La contribution de l'agriculture wallonne est d'environ 1% du PIB régional** (DGA, 2005).

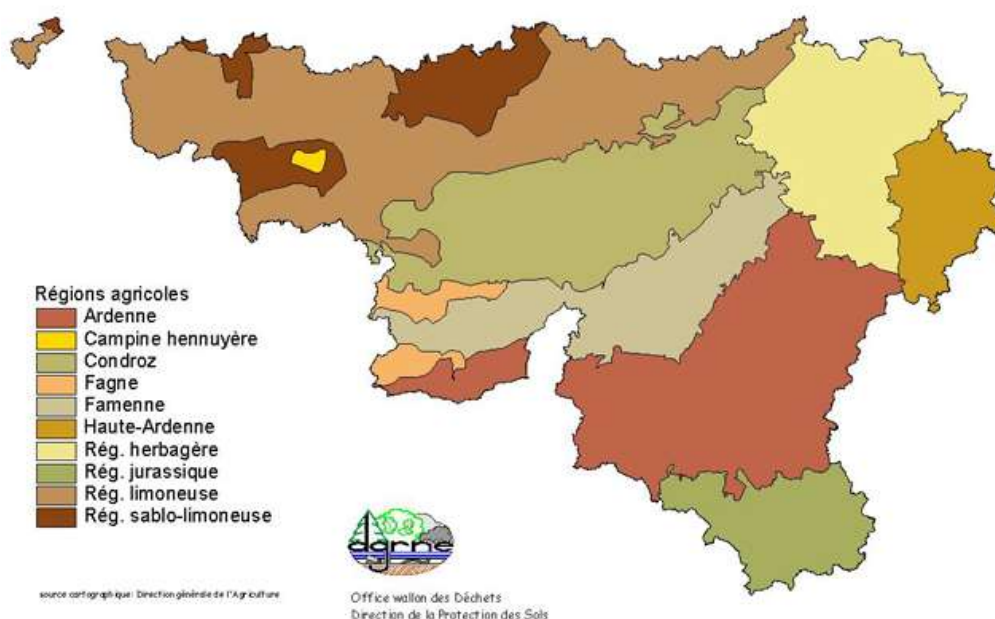
Et il en va de même pour l'emploi agricole. En 2009, moins de 26 000 personnes ont exercé une activité, à temps plein ou à temps partiel, dans le secteur agricole (et horticole) en Région wallonne. **La part de l'emploi agricole dans la population active est de moins de 3%**. 14 966 exploitations étaient en activité en 2009 avec une superficie moyenne de 49, 8 ha par exploitation (DGSIE, 2010).

L'agriculture belge est particulièrement efficiente, si l'on se réfère à la valeur ajoutée nette par unité de travail agricole. Cette agriculture procure aussi au producteur belge « moyen » un revenu généralement supérieur à celui des voisins (DGSIE, 2010).

La Région wallonne comprend dix régions agricoles (carte 1) dont les sols ont des caractéristiques différentes et dont les pratiques culturales diffèrent :

- **La région limoneuse** ainsi qu'une petite partie de **la région sablo-limoneuse** sont les terres les meilleures et les plus fertiles (limons) ; elles permettent une large gamme de cultures.
- **Le sol du Condroz** est généralement fertile mais de profondeur variable. La région est par ailleurs assez accidentée (des plateaux entrecoupés de vallées, de rivières et de dépressions).
- **L'Ardenne** présente un sol de moins bonne qualité.
- **La Famenne** constitue une transition entre le Condroz et l'Ardenne, présentant des sols de nature et de qualité variables.
- **En région herbagère**, la terre est fertile mais lourde dans le pays de Herve et les pentes fortement inclinées ainsi que la faible profondeur du sol rendent difficile l'exercice du labour.
- **La Haute-Ardenne et la région Jurassique** présentent des sols peu fertiles de sorte que les surfaces agricoles sont largement constituées de prés et prairies.
- **Le sol de la Campine hennuyère** est naturellement pauvre. (Commission Européenne et Gouvernement wallon, 2007)

Carte 1 : les régions agricoles en Wallonie

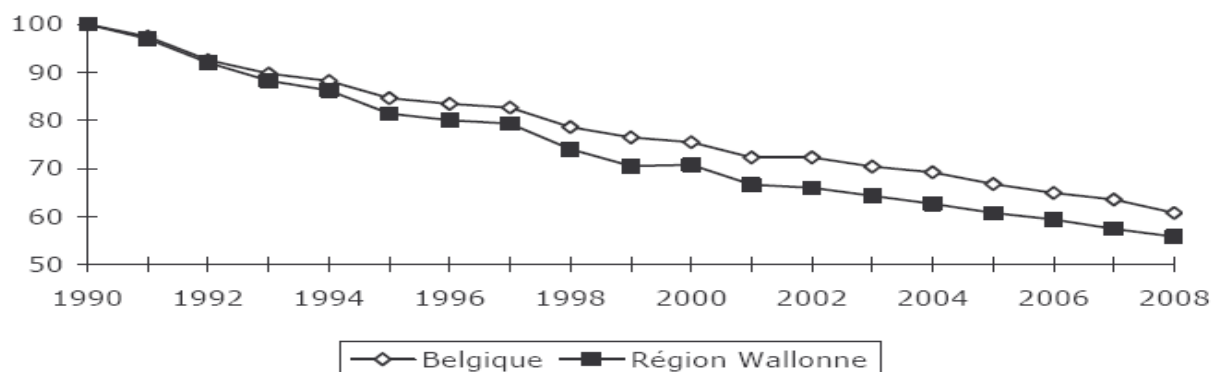


Source : DSD, 2001

3.2 Une main d'œuvre en diminution

On observe **une constante diminution des personnes occupées dans le secteur agricole en Région wallonne et en Belgique** comme l'indique la figure 1. Parallèlement, la superficie agricole utilisée moyenne par exploitation est en augmentation continue. Elle est passée de 25,8 ha en 1990 à 49,8 ha en 2009 (DGSIE, 2010).

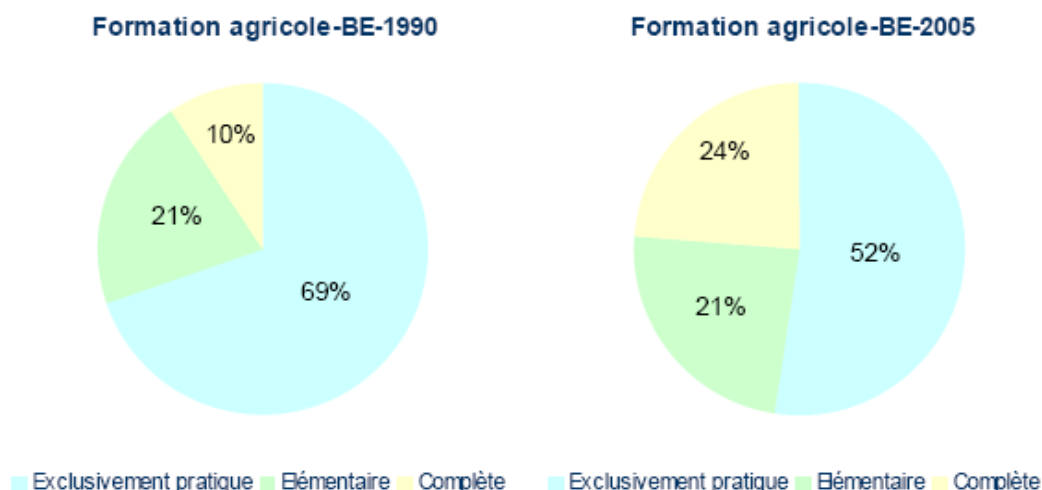
Figure 1 : évolution relative du nombre de personnes occupées dans le secteur agricole en Belgique et en Région wallonne (1990 à 2008) (1990 = 100).



Source : DGSIE – recensements et enquêtes agricoles

Concernant la formation des agriculteurs au niveau belge, on a pu observer une nette augmentation de la proportion de ceux qui ont suivi une *formation agricole complète* (voir figure 2). Ce haut niveau de formation explique en partie la bonne capacité de changement et d'innovation technique des agriculteurs belges.

Figure 2 : Formations agricoles en 1990 et 2005 en Belgique.



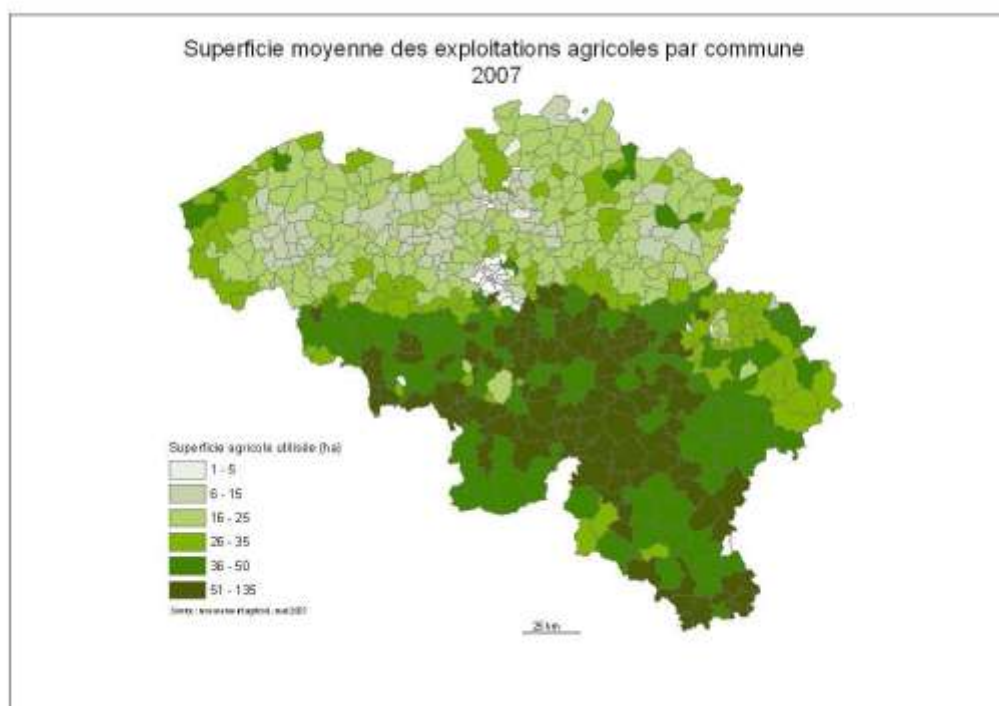
Source : DGSIE 2010

3.3 La moitié du territoire couverte par les activités agricoles

Bien que ne représentant qu'une faible part du PIB et de l'emploi wallon, l'agriculture reste très importante du point de vue de l'occupation de l'espace. La superficie agricole utilisée (SAU) était au 1^{er} mai 2008 de 749 852 ha, **ce qui représente 44,9% de la superficie totale de la Région wallonne**. Avec 36,1% de la SAU, la région limoneuse est de loin la plus grande région agricole de la Région wallonne. Suivent le Condroz avec 17,5% et l'Ardenne avec 14,6% de la SAU.

La carte 2, représentant la superficie moyenne des exploitations par commune en Belgique en 2007, met en évidence une nette opposition entre la Flandre et la Wallonie qui présente des superficies moyennes plus grandes. Au sein de la Région wallonne, on remarque que les plus petites valeurs se situent dans les régions herbagère et de Haute-Ardenne (DAEA, 2008).

Carte 2 : superficie moyenne des exploitations agricoles par commune (2007)



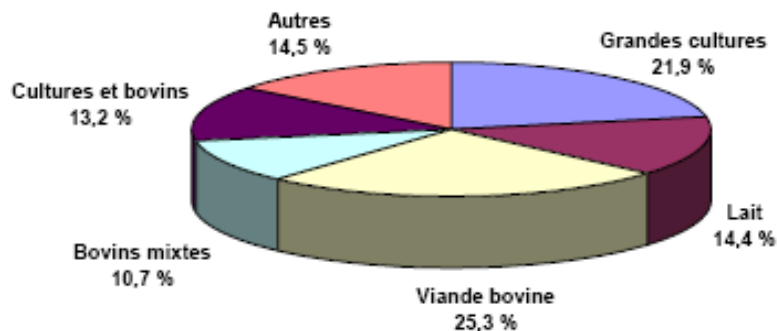
Source : DGSIE, 2010

3.4 Des exploitations très spécialisées

En 2008, la répartition des exploitations de la Région wallonne selon l'*orientation technico-économique (OTE)* montre que **83,9% d'entre elles sont spécialisées**. Cette spécialisation est une manière de s'adapter à la baisse des prix mais cela a pour résultat d'augmenter la vulnérabilité aux fluctuations du marché. Cependant, les variations de prix sont de moindre importance dans le cas des productions les plus régulées (Harmignie et al., 2004).

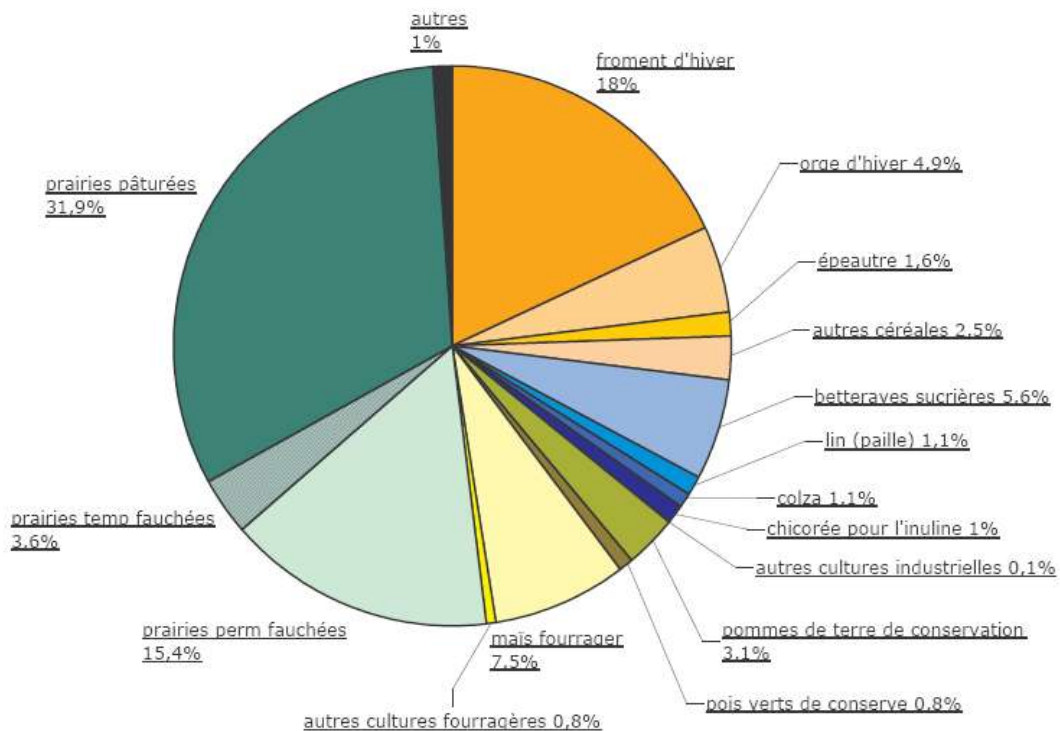
La figure 3 met en évidence les types de spécialisation les plus répandus : viande bovine, cultures agricoles, lait et bovin mixte (DAEA, 2019).

Figure 3 : Répartition des exploitations selon les principales OTE (2009)



Source : DGSIE (INS) – enquêtes agricoles

Figure 4 : l'importance relative des différentes cultures (2008)



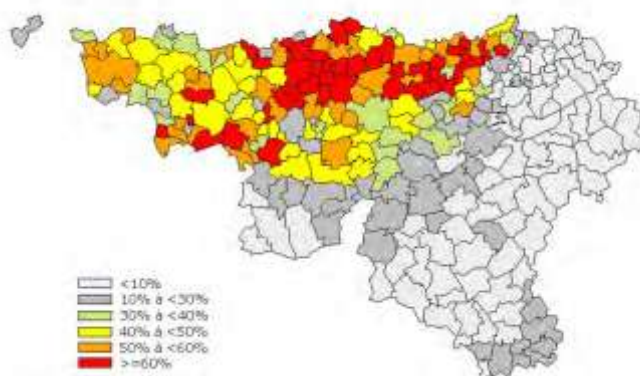
Source : DGSIE (INS) – enquêtes agricoles

Le **secteur agricole est donc fortement dominé par l'élevage** et plus précisément l'élevage bovin et **les grandes cultures**. Les élevages hors-sol, traditionnellement de faible importance, ont connu un développement non négligeable au cours des dernières années. (DAEA, 2008)

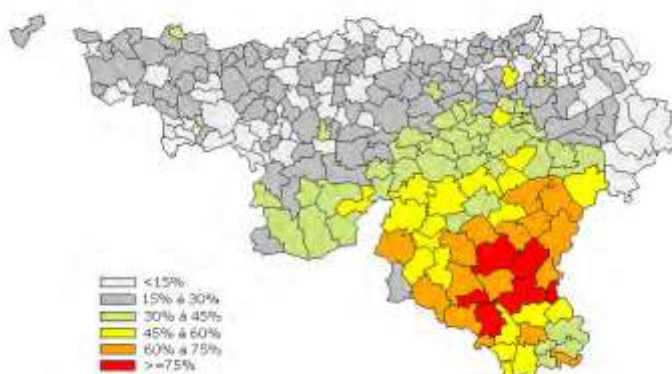
3.5 Répartition des productions agricoles sur le territoire

La répartition des principales cultures est particulièrement marqué comme le présente les carte 3, 4 et 5.

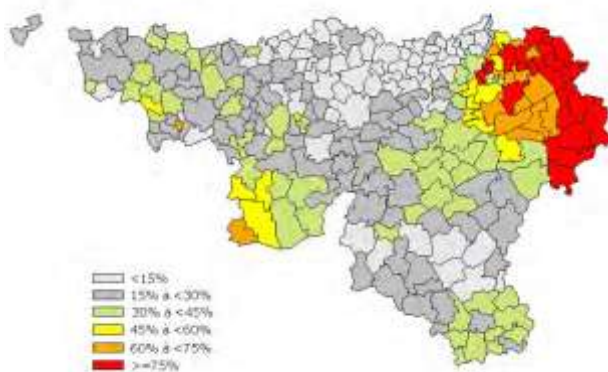
Cartes 3 : Importance du secteur des grandes cultures dans les communes de la région wallonne, en 2008, en % de la valeur (exprimée en Marges Brutes Standards) de la production totale dans la commune.



Carte 4 : Importance du secteur de la viande bovine dans les communes de la région wallonne, en 2008, en % de la valeur (exprimée en Marges Brutes Standards) de la production totale dans la commune.



Carte 6 : Importance du secteur laitier dans les communes de la région wallonne, en 2008, en % de la valeur (exprimée en Marges Brutes Standards) de la production totale dans la commune.



Sources cartes 3, 4 et 5 : DAEA, 2008 (calculs sur base de l'enquête agricole de mai 2008)

3.6 L'agriculture wallonne et la Politique Agricole Commune

Précisons que **les tendances dans l'agriculture européenne sont dominées par la Politique Agricole Commune**. Si le secteur agricole est exposé aux risques économiques et commerciaux, l'évolution de ces risques est fortement liée à celle de la PAC. Les réformes de 1992 et de 2000 se sont traduites par **une baisse progressive des prix garantis, un découplage de plus en plus marqué des aides et un appui renforcé au développement rural (2^{ème} pilier de la PAC)**.

Toutes les aides directes à la production ont été découplées depuis le 1er janvier 2005. L'exception reste la prime à la vache allaitante qui est en cours de discussion. Les primes pour les semences de lin et d'épeautre ne seront pas découplées. Le soutien du premier pilier de la PAC consiste **en un paiement unique par exploitation**. Le calcul des droits au paiement sont calculés sur base de superficies et nombre d'animaux existant au cours des années de référence, à savoir 2000, 2001 et 2002.

Les aides du deuxième pilier de la PAC (Fonds d'Investissements agricole, mesures-agri-environnementales, soutien à la diversification, etc.) restent indépendantes du système de paiement unique.

Les données extrapolées du réseau comptable pour l'année 2009 montrent l'importance des aides dans le revenu agricole en Wallonie. Les aides du premier et du second pilier représentent globalement près de 169 % du Revenu du Travail par Unité de Travail, dont 148 % proviennent du premier pilier (DAEA, 2009).

3.7 Conclusion

Bien que ne représentant qu'une faible part du PIB et de l'emploi wallon, le secteur de l'agriculture occupe une large place dans l'occupation du sol. Ainsi, mêmes minoritaires dans les campagnes, **les agriculteurs sont les principaux gestionnaires du territoire** (DGA 2005). **La spécialisation des régions agricoles** est marquée mais doit être relativisée (il ne s'agit pas de monoculture). Ceci s'explique dans une large mesure par les conditions *pédoclimatiques* mais il ne faut pas négliger l'influence de la PAC et des conditions de marché dans les stratégies de production des exploitants.

Le système d'aides découplées mis en place pour répondre aux exigences de l'Organisation Mondiale du Commerce ne sera pas modifié à moyen terme. La mise en place de ce système a modifié la gestion des exploitations agricoles dans le sens où **les choix effectués ne sont plus régis par le régime d'aide mais bien plus par les prix du marché**.

4 Les vulnérabilités actuelles et les paramètres climatiques

4.1 Influence conjointe des paramètres météorologiques, pédologiques et des pratiques agricoles

Historiquement, l'agriculture a toujours été fortement influencée par les conditions climatiques. **Les principaux paramètres climatiques qui déterminent la production agricole sont la température, l'ensoleillement et les précipitations.**

Le climat wallon est tempéré maritime. Cela se traduit par des températures modérées, des pluies fréquentes (entre 160 et 200 jours par an) mais peu abondantes et une forte nébulosité.

Les propriétés du sol ont également une grande influence sur l'agriculture. Le climat et les conditions météorologiques interagissent avec celles-ci, ce qui rend les impacts climatiques et météorologiques souvent difficile à isoler. Par ailleurs, les pratiques agricoles (type de culture, labours, drainage, mise à nu du sol, pratique de cultures intercalaires, ...) jouent elles aussi un rôle dans la vulnérabilité au climat actuel de l'agriculture wallonne.

En Belgique, la dernière décennie a enregistré plus de records en termes de sommes des précipitations mensuelles et de températures mensuelles moyennes qu'aucune autre auparavant depuis le début des enregistrements en 1833 (Eitzinger et Kubu, 2009).

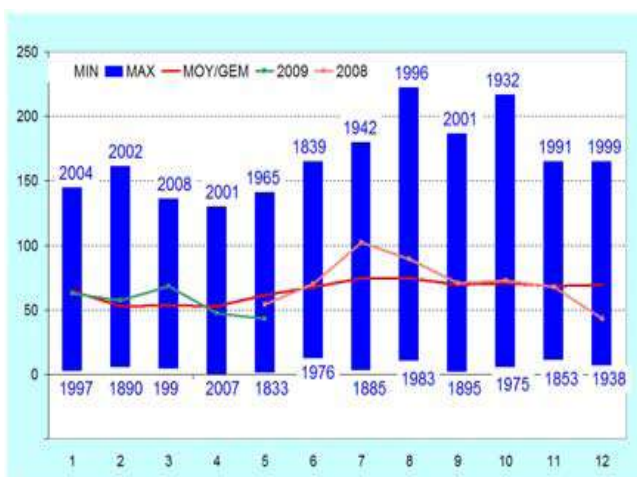


Figure 5 : Précipitation mensuelles totales à Uccle (moyenne en rouge (n=7) extrêmes en bleu

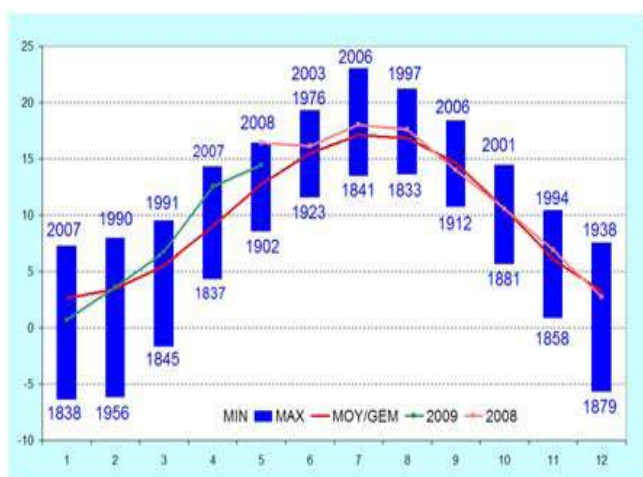


Figure 6 : Températures mensuelles moyennes mensuelles totales à Uccle (moyenne en rouge (n=8) extrêmes en bleu

Source: IRM, 2009

4.2 Une influence contrastée de la température

4.2.1 Impact sur chaque étape du développement des cultures

Le principal effet de la température est de contrôler la durée de la période de croissance des végétaux. D'autres processus liés à la production de matière sèche sont affectés par la température comme la photosynthèse, l'extension de la surface foliaire, la respiration ou encore l'évapotranspiration (Maracchi et al, 2005). Précisons qu'il existe un facteur limitant très important à savoir la photopériode.

Par ailleurs, « **toutes les étapes de développement sont sensibles à la température.** C'est le facteur principal qui contrôle la vitesse de développement de la culture. En général, le

développement s'accélère avec l'augmentation de la température, un phénomène qui est souvent décrit comme une fonction linéaire de la température moyenne journalière» (Bazzaz et Sombroek, 2007).

Les différentes cultures peuvent cependant réagir différemment, et la vitesse de développement de la plante n'est pas en lien direct avec le rendement en grain, comme le montre l'exemple du blé (Bazzaz et Sombroek, 2007).

Par ailleurs, aux hautes températures, la productivité du blé et d'autres cultures tombe de manière marquée. Le stress thermique peut s'accompagner d'un stress hydrique car il augmente les besoins en eau. De plus, « les effets des températures estivales très élevées du sol sur la physiologie des plantes sont particulièrement néfastes : l'alimentation en eau ne suffit plus à compenser la forte évapotranspiration, même si le sol contient encore des réserves en eau utile : il se produit une nécrose des tissus, appelée « échaudage » ». (Duchaufour, 1995, p 93)

Il convient de noter également que des **niveaux élevés de CO₂**, qui se sont d'ailleurs fortement accrues depuis 1750 (Parry et al, 2007), permettent d'accroître la photosynthèse (et en principe la production de biomasse) ainsi qu'une meilleure efficacité des plantes dans l'utilisation de l'eau (Maracchi et al, 2005).

Nous le voyons, il est **difficile de déterminer l'impact des seules températures** sur les rendements d'autant plus que de plus hautes températures sont associées à un rayonnement plus élevé et une plus grande consommation d'eau. **Les impacts associés** aux températures sur les rendements **varient selon les espèces** en fonction du type de composante du rendement et de leur réponse en termes de développement phénologique.

De surcroît, « Il est relativement difficile de séparer les effets physiologiques des températures (au niveau des plantes et de leurs organes) des effets écologiques (au niveau du champ ou de la région). Il y a, à la fois, des impacts positifs et négatifs aux deux niveaux et **seule une simulation spécifique à la culture et au site permet d'évaluer l'effet global "net" des augmentations de températures** » (Bazzaz et Sombroek, 2007).

4.2.2 Des impacts indirects sur les cultures et l'élevage

La température est également un paramètre clé des conditions de vie des parasites et des maladies. Or, on observe déjà des épisodes inédits d'invasions et une tendance à l'expansion vers les plus hautes latitudes de certains organismes. La température a également un impact sur le cycle de reproduction des parasites ou des vecteurs de maladies indigènes ce qui rend certains dégâts, autrefois sporadiques, plus fréquents.

L'exemple d'invasion de pucerons de 2007

Un exemple de parasites est celui des pucerons. Dans nos conditions, le puceron des céréales est l'un des plus dommageables. Le début du mois de janvier 2007 a été doux ce qui a permis des vols de pucerons des céréales (l'épisode de vol voit les femelles pondre dans les épis et se déclenche généralement au printemps). Avant qu'une courte période de gel ne survienne du 15 au 20 janvier, les champs de froment pouvaient être infestés jusqu'à hauteur de 20%. Cette observation est inédite en Belgique. Cet avancement de la période de développement des pucerons met en évidence l'importance des températures et des épisodes de gel (Deproft, 2007)

Par ailleurs, les travaux de Maurice Hullé, chercheur de l'Inra à Rennes, révèlent, concernant les populations de pucerons, que le nombre d'espèces a augmenté en France de 20 % en trente ans, sans toutefois compter plus d'individus au total. Si la population totale reste stable, c'est qu'un équilibre s'est installé avec leurs ennemis naturels qui subissent eux aussi le réchauffement global. Cependant, les chercheurs soupçonnent que **« tôt ou tard la désynchronisation de leurs développements respectifs pourrait le modifier »**.

Les vagues de chaleurs sont elles aussi dommageables pour les cultures ainsi que pour l'élevage, et particulièrement l'élevage hors-sol. La santé animale pâtit des conséquences des ces vagues de chaleur sur les conditions de vie et de l'augmentation potentielle des maladies infectieuses transmissibles. La résistance au stress thermique varie selon les espèces et les races. Par ailleurs, les vagues de chaleur accompagnées de sécheresse peuvent avoir des effets désastreux sur la production des pâturages et des fourrages. Cela se traduit par des pertes de production pour les agriculteurs et par un surcoût lié au fait qu'il doit acheter ce qu'il n'a pas pu produire afin de nourrir son cheptel.

Notons que les maladies et parasites ne réagissent pas nécessairement de la même manière aux températures et qu'il existe d'autres facteurs limitants comme par exemple l'humidité.

Concernant les cultures céréalières, les vagues de chaleur peuvent quant à elle provoquer des perturbations dans la formation du grain et une augmentation de la présence de certains ravageurs (Iglesias et al, 2007).

Notons pour terminer en ce qui concerne « l'effet température » que **le gel, bénéfique à plusieurs titres (parasites, maladies, dormance des végétaux) peut également occasionner des dégâts lorsqu'il survient tardivement, notamment sur les bourgeons.**

4.3 Les impacts négatifs liés au régime des précipitations dépendent de sa répartition, de sa quantité et de son intensité

4.3.1 La sécheresse

Les événements météorologiques extrêmes, comme les très fortes pluies et les sécheresses survenues durant la dernière décennie **se sont traduits par des diminutions de rendements** pour plusieurs types de culture. Ces paramètres sont à mettre en relation avec la période de développement de la culture ainsi que l'environnement physique afin de mieux évaluer leurs impacts. Notons également qu'une période de précipitations élevées a pour corollaire un ensoleillement anormalement bas (CRA-W Gembloux / ULG/ VITO, 2006).

Concernant les épisodes de sécheresse, la situation peut être particulièrement critique lors de la floraison et la germination des graines. A ce titre, les céréales d'hiver sont moins vulnérables que les céréales de printemps car leur système racinaire est beaucoup plus profond que pour ces dernières qui sont de la sorte beaucoup plus sensibles à la sécheresse (Olesen et al, 2011). Les impacts de ces événements seront variables selon les types de sols et leur profondeur. **Les profonds sols limoneux et sablo-limoneux permettent de mieux résister à la sécheresse et aux vagues de chaleur car ils ont une meilleure capacité de rétention d'eau** (Eitzinger et Kubu, 2009).

Par ailleurs, la fréquence élevée de conditions pluvieuses peut entraver les travaux dans les champs comme l'ensemencement et la récolte. De telles conditions sont particulièrement dommageables pour la récolte des céréales et du foin. (Olesen et al, 2011)

4.3.2 L'érosion

Des précipitations intensives ont également un impact négatif sur les terres agricoles elles-mêmes. En effet, L'agriculture wallonne est également vulnérable face au phénomène de l'érosion hydrique (diffuse ou concentrée) du sol or celui-ci trouve son origine dans les précipitations et le ruissellement. L'érosion hydrique peut aboutir à la formation de rigoles, de ravines ainsi que des coulées de boues qui peuvent entraîner des dégâts importants aux parcelles agricoles et aux cultures. **A plus long terme, une baisse des rendements peut survenir suite à l'érosion de la couche superficielle des sols.** « Enfin, des quantités non négligeables de nutriments et de micropolluants, fixés sur les particules de sol et la matière organique érodée, peuvent-être déplacées vers les cours d'eau et les autres agro-écosystèmes, affectant la qualité écologique de ces différents milieux. » (Cellule Etat de l'Environnement wallon, 2007, p 476)

L'érosivité des précipitations est variable. « **L'agressivité des précipitations vis-à-vis des sols dépend surtout de leur intensité.** L'intensité de la pluie qui tombe compte beaucoup plus que la quantité totale tombée. Plus les pluies sont intenses (orages estivaux par exemple), plus elles sont « érosives » et favorisent l'arrachement des particules de sol (et un petit peu leur déplacement)» (Biielders et al, 2006, p 13).

Illustration de l'agressivité des précipitations

« A titre d'exemple, une averse de 60 litres par mètre carré tombant pendant 1 heure aura un pouvoir érosif (érosivité) trois fois plus élevé que si cette même averse est répartie sur 24 heures ». (Biielders et al, 2006, p 13).

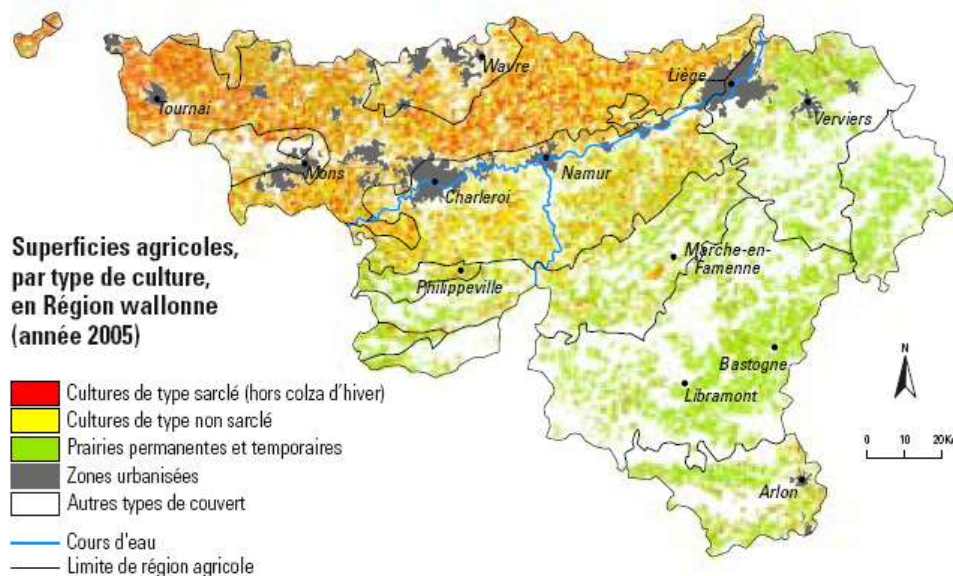
Le pouvoir érosif du ruissellement (de même que sa capacité de transport) dépend pour sa part de la vitesse de l'écoulement (Biielders et al, 2006).

Enfin, notons que la phase des précipitations revêt une importance. En effet, la neige est moins érosive que la pluie. (Bates et al, 2008)

Les orientations technico-économiques des régions agricoles influent sur leur vulnérabilité. Premièrement, la couverture du sol est un paramètre important. Ainsi, ce sont **les cultures sarclées qui présentent un risque d'érosion plus élevé.** Les cultures de type non sarclé présentent un risque moins élevé tandis que les prairies présentent un risque minimal voire inexistant (voir carte 6).

Le type de culture est également important si l'on tient compte du fait qu'une plus grande densité du couvert végétal augmente la résistance du sol face à l'érosion hydrique.

Carte 6 : Superficies agricoles par type de culture, en Région wallonne (année 2005)



Source : MRW – DGA (SIGEC) (Réalisation CEEW)

Source : Cellule Etat de l'Environnement wallon, 2007.

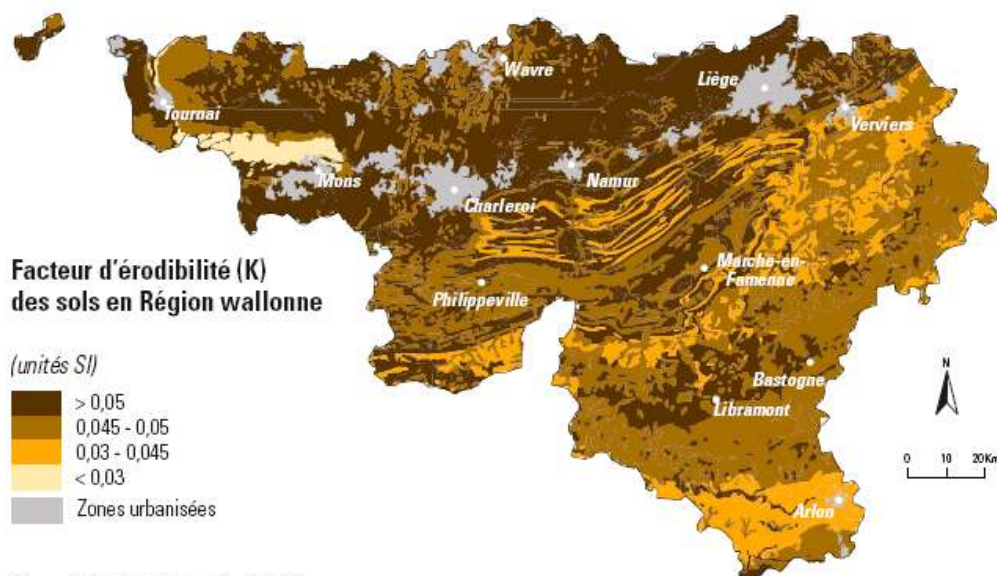
Autres facteurs influençant la sensibilité des sols à l'érosion :

- « la sensibilité du sol à l'érosion dépend aussi du **type de travail en surface**. Les cultures de type sarclé nécessitent en particulier un affinement important de la couche superficielle du sol. Ce dernier peut entraîner la formation accélérée d'une *croûte de battance* en cas de fortes pluies, ce » qui diminue l'infiltrabilité du sol et accélère par conséquent le ruissellement. » (Cellule Etat de l'Environnement wallon, 2007) ;
- la **texture du sol**, sa teneur en carbone organique, sa structure et sa perméabilité ;
- la **topographie** du milieu joue également un rôle : plus l'inclinaison de la pente est grande et plus sa longueur est grande, plus forte sera l'érosion ;

- les parcelles agricoles se situant dans le lit majeur d'un cours d'eau sont exposées au risque d'érosion hydrique liée aux **inondations** par débordement (Biielders et al, 2006).

Comme l'indique la carte 7, les régions limoneuses et sablo-limoneuse ainsi qu'une partie du Condroz sont les plus sensibles à l'érosion.

Carte 8 : Facteur d'érodibilité K des sols en Région wallonne.

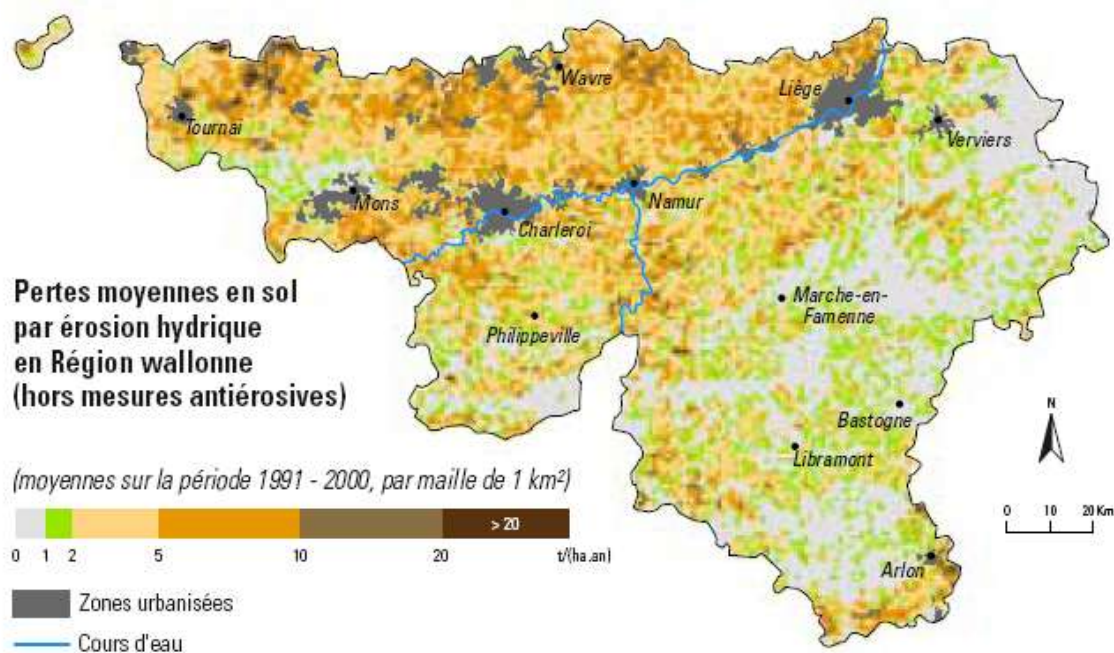


Source : FUSAGx-UHAGx (modèle EPICgrid)

Source : Cellule Etat de l'Environnement wallon, 2007.

Les pertes en sol ont augmenté ces dernières décennies. Ce constat s'explique d'une part par les aléas climatiques et plus précisément l'augmentation de l'érosivité qui est liée à l'augmentation de la quantité moyenne annuelle des précipitations (hausse de l'ordre de 20% entre 1951 et 2005 pour différentes station de mesure en Région wallonne). La **diminution généralisée de la teneur en carbone organique dans les sols cultivés** (surtout dans les zones de pratiques agricoles intensives comme en Région limoneuse) ces 40 dernières années contribue dans une moindre mesure à l'augmentation de ces pertes en sol. Pour rappel, cette diminution s'accompagne d'une **baisse de la capacité de rétention d'eau**. **La matière organique est par ailleurs importante pour les éléments nutritifs qu'elle contient.** Cependant, selon la classification de l'OCDE et pour la période 1991-2000, la grande majorité du territoire de la Région était soumis à un risque d'érosion tolérable, voire faible (Cellule Etat de l'Environnement wallon, 2007). **Comme le montre la carte 9, les zones les plus touchées par les pertes en sol se situent principalement dans la moitié nord de la Wallonie.**

Carte 9 : Pertes moyennes en sol par érosion hydrique en Région wallonne.



Source : FUSAGx-UHAGx (modèle EPICgrid)

Source : Cellule Etat de l'Environnement wallon, 2007.

Influence de l'érosion sur l'agriculture

« Au niveau des parcelles agricoles, les dommages occasionnés à court terme par l'érosion des sols se traduisent par différentes formes de dégâts aux cultures (destruction des semis, baisses de rendement...). Ces dégâts peuvent entraîner une surcharge de travail pour l'agriculteur, le travail du sol étant rendu souvent plus difficile (accumulation de boues, nécessité de niveler les terres à cause des ravines...). A plus long terme, il peut y avoir une perte de productivité en raison de la dégradation des propriétés physiques des sols (réduction de la macroporosité, glaçage des horizons de surface, mise à nu de couches inférieures de sol plus compactes et moins drainantes, plus pierreuses, moins riches en matière organique...). L'érosion hydrique des sols modifie aussi leurs propriétés chimiques (concentration ou dilution d'éléments fertilisants et/ou de produits phytopharmaceutiques, redistribution des matières organiques et des couches de sol les plus fertiles...) et biologiques (appauvrissement de la microfaune et de la microflore du sol) » (Source : Cellule Etat de l'Environnement wallon, 2007, p 481).

4.3.3 Autre corollaire lié au régime des précipitations

Les inondations causent des dommages sur les cultures. Cela dépend principalement de la période pendant laquelle survient l'inondation et du type de culture. Selon de Nocker et al (2007), une récolte de maïs serait complètement perdue si l'inondation survenait en été (d'avril à septembre). Les céréales d'hiver, semées en automne, seraient détruites par une inondation durant l'hiver. Les pommes de terre, les betteraves sucrières, les légumes et les fruits le seraient si l'inondation survenait durant la période de croissance. En ce qui concerne les pâturages, ceux-ci résistent bien aux inondations. Les pertes dépendent du stade de développement de l'herbe et de la durée de l'inondation mais également du type d'herbe (Giron et al, 2010).

Concernant la phase des précipitations, mentionnons que les dégâts liés à la **grêle** semblent représenter un problème mineur car les chutes de grêles sont rares et n'ont pas d'effets décelables sur la production régionale dans le cas du blé, de l'orge et des pâturages dans la plupart des régions d'Europe (Olesen et al, 2011). Cependant, les fruits sont quant à eux plus sensibles car la grêle peut provoquer des lésions qui rendent de surcroît plus vulnérables aux

infections. Le risque lié aux chutes de grêle est couvert par des assurances privées (Harmignie et al, 2004).

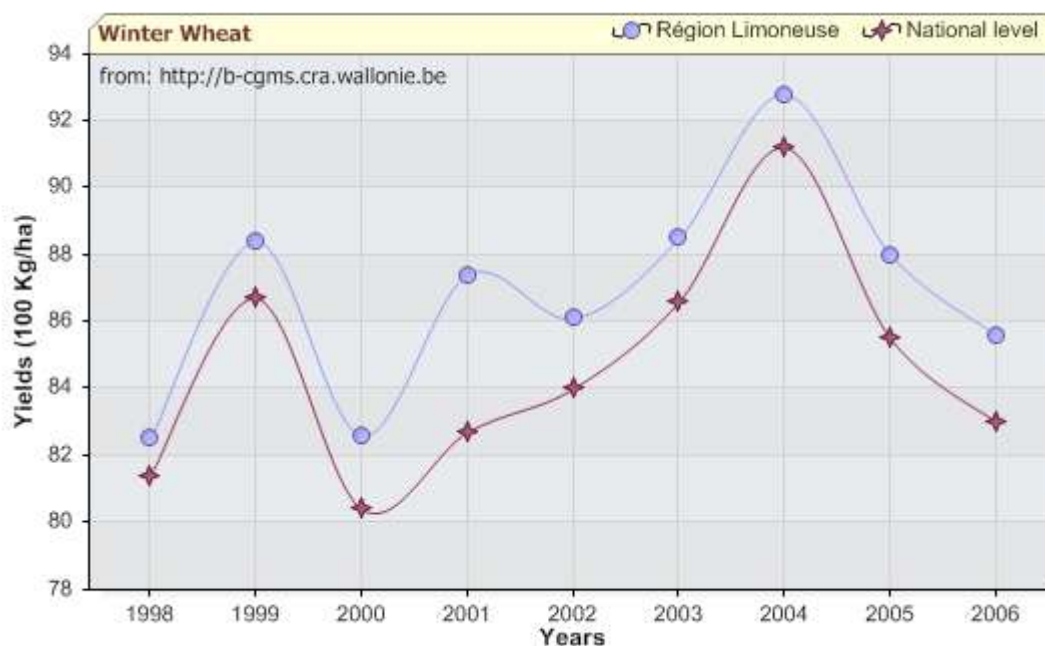
4.4 Exemples des effets des aléas climatiques sur les rendements

Comme expliqué précédemment, les impacts négatifs liés aux températures (gel tardif, stress thermique...) et aux précipitations (sécheresse, pluies de fortes intensités, grêle...) ont **une ampleur qui dépend pour une large part du stade de développement des plantes, du type de culture et de la nature du sol. Une mauvaise année pour un type de culture n'est donc pas nécessairement mauvaise pour une autre. Dès lors, la diversification s'avère constituer une bonne stratégie pour faire face aux aléas climatiques** (Eitzinger et Kubu, 2009).

Illustration de l'influence variable du climat en fonction des spéculations

Par exemple, l'année 2003 fut pour la Belgique une année marquée par différents aléas climatiques préjudiciables pour les cultures. Les premiers mois de l'année ont connu un nombre de jour de gel anormalement élevé (entre 27 et 84 jours suivants les régions). Le mois d'avril fût marqué par la sécheresse. Au mois de juin, alors que le froment d'hiver et l'escourgeon étaient arrivés précocement au stade d'épiaison, l'orge connaissait une implantation clairsemée et irrégulière en raison des effets conjugués du gel hivernal et de la sécheresse printanière. Ensuite, les mois de juin et juillet connurent des températures largement supérieures à la moyenne. Ces températures élevées (26 journées d'été (max.>25°C) et 7 jours de canicule (max.>30°C) pour les mois de juin et juillet) furent bénéfiques pour les cultures d'hiver en dépit du stress hydrique survenu au cours de la deuxième décennie de juillet. En raison de leur stade phénologique (remplissage des épis), les cultures de maïs furent plus sensibles à ce dernier. In fine, les rendements du blé étaient en hausse par rapport aux années précédentes tandis que les rendements de l'orge étaient les plus mauvais de la décennie (voire figures 4 et 5) (CRA-W Gembloux – ULG et VITO, 2003).

Figure 7 : Evolution des rendements du blé d'hiver dans la Région limoneuse et en Belgique (100 kg/ha)



Sources : <http://b-cgms.cra.wallonie.be> (Institut National de Statistique - SPF Economie -)

D'autres évolutions de rendement sont présentées en annexe.

Illustration de l'influence variable du climat en fonction la temporalité

L'année 2006 fût exceptionnelle au niveau météorologique et illustre également l'importance du sol, du stade phénologique et du type de culture dans la vulnérabilité aux aléas climatiques. Le fonds des calamités a dédommagé les agriculteurs wallons à hauteur de plus de 15 millions d'euros pour les dégâts causés par la sécheresse des mois de juin et juillet ainsi que ceux causés par les pluies abondantes du mois d'août (SPF Economie - Caisse nationale des calamités, 2010).

L'hiver 2006 a été qualifié de normal par l'Institut Royal Météorologique (IRM). En revanche, les mois de mars et d'avril furent plus froids que la normale ce qui se traduit par un retard phénologique évalué à 10-15 jours selon les endroits.

En mai, les précipitations furent fortement excédentaires : diverses localités ont été touchées par des pluies torrentielles. Cela s'est traduit par de l'érosion hydrique et des coulées de boue particulièrement préjudiciables pour les champs où les lits de semis venaient d'être préparés. De plus, les fortes pluies ont perturbé le désherbage, favorisant ainsi le développement des adventices, et ont également augmenté le risque d'infection comme le mildiou.

Les hautes températures, le bon ensoleillement de juin ont permis un rattrapage de croissance malgré de faibles précipitations. Cependant, la sécheresse s'est prolongée au mois de juillet qui fût un mois particulièrement chaud (23°C contre 17,1 en situation normale) et sec (48,1 mm contre 74,3 en situation normale). Cette situation a malgré tout été généralement favorable là où les apports en eau étaient suffisants. Le stress hydrique et le stress thermique furent cependant préjudiciables aux cultures qui se trouvaient dans une phase phénologique sensible au moment du stress et qui se situaient sur un sol peu profond ou avec une mauvaise capacité de rétention d'eau. Les pommes de terre bintje ont particulièrement souffert des températures très élevées car elles ont entraîné un phénomène de rejet (figure 7) (CRA-W Gembloux – ULG et VITO, 2006).

A nouveau, une mauvaise année pour une culture ne l'est pas nécessairement pour une autre. Cela souligne encore une fois l'importance du type de culture et du stade phénologique dans la réponse aux aléas climatiques.

Il convient de mettre en évidence également les différences de vulnérabilité qui apparaissent au sein d'un même type de culture. Comme le montre les figure 10 et 11 (voir annexe), les rendements du blé d'hiver sont très bons par rapport à la moyenne belge en ce qui concerne la Région limoneuse tandis que ces rendements sont largement en-dessous de la moyenne belge dans le Condroz. Ceci s'explique d'une part par la différence de nature du sol et d'autre part par le calendrier de récolte. En effet, en 2006, la moisson d'été a commencé plus tôt mais il existe des variations régionales. La moisson dans la région limoneuse a pu être en grande partie terminée avant que ne surviennent les pluies quasiment quotidiennes du mois d'août tandis qu'une faible proportion des champs de blé du Condroz avaient été moissonnés. Les travaux des champs ont alors été bloqués par la pluie. La germination des blés sur pied, les phénomènes de verses importants ont provoqué des pertes de rendements. De plus, des pertes économiques se sont ajoutées en raison des frais de séchage, de la moins bonne qualité des grains ou encore des coûts liés à la séparation des grains des germes (CRA-W Gembloux – ULG et VITO, 2006).

4.5 L'importance des événements météorologiques extrêmes et le fonds des calamités

L'importance des événements météorologiques extrêmes dans la vulnérabilité du secteur est indéniable. **Les dégâts de grande ampleur causés par de telles événements sont couverts par le fonds des calamités à conditions que l'amplitude et la fréquence du risque naturel soit**

exceptionnel¹. Par ailleurs, « Ne peuvent pas être reconnus comme calamités les cas contre lesquels il est normalement possible de s'assurer. C'est notamment le cas de la grêle » ((Verjus, 2006, p 4).

Dégâts ayant entraîné une intervention du fonds des calamités

Entre 1976 et 2006, les aléas climatiques ont provoqué des dégâts sur les terres à destination agricole ou horticole, les cultures ou les récoltes qui ont été considérés comme calamités agricoles à sept reprises. Il s'agit :

- des dégâts provoqués par le gel de l'hiver 1984-85 à certaines cultures de pépinière et de cultures fruitières (un peu moins de 1 millions d'euros pour les provinces du Hainaut, de Namur, de Liège, du Luxembourg et de l'ancien Brabant) ;
- des dégâts aux prairies causés par la sécheresse de 1991 dans plusieurs communes de la province de Luxembourg (plus 1,5 millions d'euros) ;
- des dégâts aux prairies causés par la sécheresse de 1996 dans plusieurs communes des provinces de Hainaut, Namur et Luxembourg (plus de 9 millions au total pour les provinces de Hainaut, de Luxembourg et de Namur) ;
- des dégâts causés à certaines cultures par les pluies abondantes des mois d'octobre et novembre 2000 sur le territoire de plusieurs communes (près de 840 000 euros essentiellement dans la province du Hainaut alors que les dégâts dans la Flandre Occidentale à plus de 5 millions d'euros) ;
- des dégâts causés aux cultures de lin, de pommes de terre, de céréales, de féveroles et de légumes, par les pluies abondantes du mois de septembre 2001 (plus de 1,4 millions d'euros en Wallonie) ;
- des dégâts causés en 2003 aux hêtres (*Fagus sylvatica*) par les scolytes considérés comme une calamité agricole ;
- des dégâts causés par la sécheresse des mois de juin et juillet 2006 et par les pluies abondantes du mois d'août 2006 (plus de 15 millions d'euros pour la Wallonie) (Verjus, 2006).

Des lacunes existent dans le système actuel d'indemnisation. Les délais sont longs, la réparation est partielle et la dotation financière du fonds impose des restrictions quant à l'obtention de l'indemnisation selon le type de culture et le type d'exploitation. **De plus, tous les niveaux administratifs, de la commune au niveau européen en passant par la province, la région et le fédéral, sont impliqués dans la procédure d'indemnisation.** La mise en œuvre de la gestion peut varier selon les provinces voire les communes (Harmignie et al, 2004). Une étude sur les outils de la gestion des risques est en cours en Région wallonne, il conviendra de prendre en compte ses résultats au moment de la mise en œuvre des mesures d'adaptation.

¹ « Le caractère exceptionnel ou l'intensité imprévisible de l'événement doit être démontré par une période de retour d'au moins 20 ans ». Par ailleurs, « le montant total des dégâts par événement doit être supérieur à 1,24 millions € » et que « pour les cultures annuelles, la perte encourue doit être de minimum 30 % de la production brute d'une année « normale », c'est-à-dire la production brute moyenne des trois années précédentes, à l'exclusion de toute année au cours de laquelle les mauvaises conditions climatiques ont donné lieu à une indemnisation » (Verjus, 2006, p 5).

5 Les vulnérabilités futures

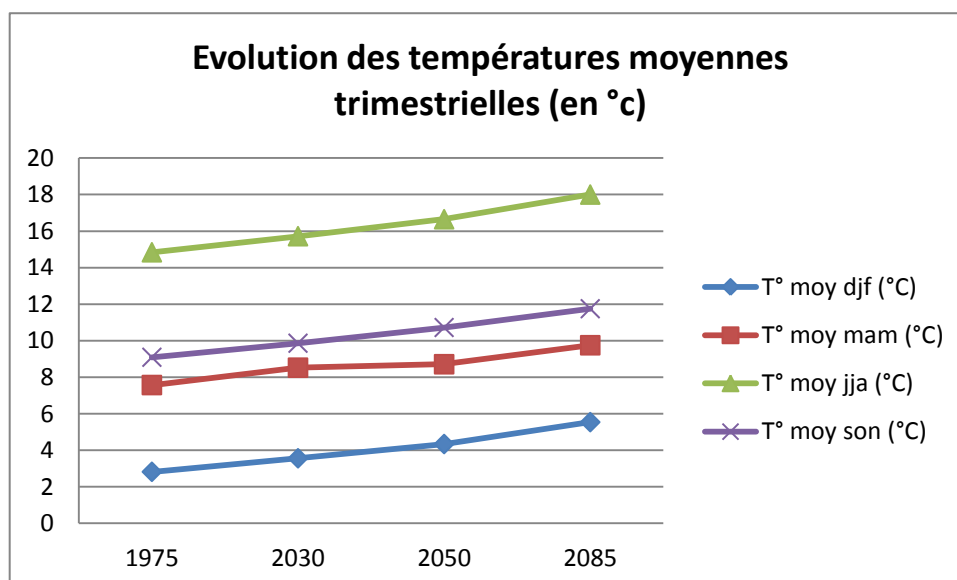
L'agriculture intensive de l'Europe de l'Ouest présente généralement une faible sensibilité aux changements climatiques d'une part parce qu'un changement de température ou de pluviométrie a un impact modéré, et d'autre part parce que les fermiers ont les ressources pour s'adapter et compenser en modifiant la gestion. Cependant, la **capacité d'adaptation est variable selon la spécialisation des exploitations agricoles** (Olesen et al, 2011).

Il convient de confronter les différentes vulnérabilités actuelles de l'agriculture wallonne aux évolutions attendues du climat et de mettre en évidence d'éventuels risques nouveaux. L'exercice n'est pas aisé en raison de la difficulté d'isoler les effets des facteurs climatiques des conditions pédologiques, des pratiques agricoles ou encore de la diversité des réponses selon les espèces, les variétés et les stades de développement. Une difficulté supplémentaire réside dans le fait que **des effets positifs et des effets négatifs sont attendus** et il apparaît malaisé de dégager un bilan net. Les projections climatiques laissent tout de même entrevoir certaines tendances qui permettent d'envisager certaines pistes d'adaptation et d'éventuelles opportunités.

5.1 Elévation des températures : vers une augmentation de la productivité des cultures ?

Les « projections moyennes » indiquent une augmentation des températures moyennes à toutes les saisons et à tous les horizons temporels (voir figure 8). Selon ces projections, la température annuelle moyenne augmente de 0,83°C pour la période 2016-2045 (« 2030 »), de 1,52°C pour la période 2036-2065 (« 2050 ») et de 2,68°C pour la période 2071-2100 (« 2085 »). Le modèle plus chaud projette quant à lui des augmentations de respectivement 1,96 °C, 2,81°C et 3,94°C pour les mêmes horizons temporels. Le modèle plus froid projette des augmentations légèrement inférieures aux « projections moyennes » pour arriver à une augmentation de 2,09°C à l'horizon « 2085 ».

Figure 8 : Evolution des températures



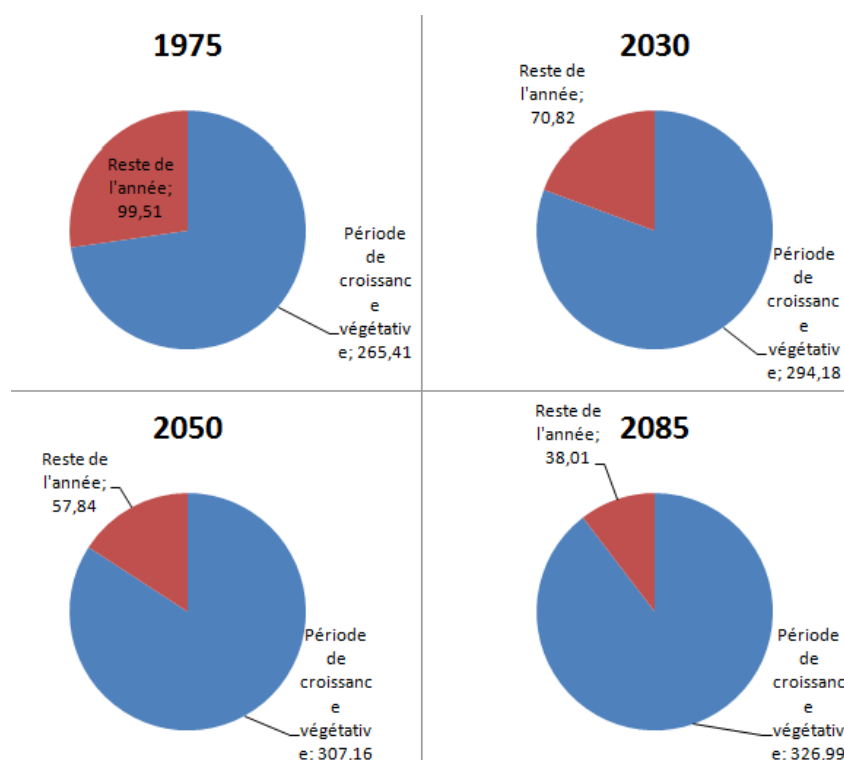
5.1.1 Plus de degrés-jours

Ces évolutions se traduisent toutes par une **augmentation du nombre de degrés-jours**. L'augmentation du nombre de degrés-jours durant le printemps aura une influence positive sur la croissance des cultures à condition bien entendu que les disponibilités en eau et en nutriments soient suffisantes. De plus hautes températures permettront aux cultures de se développer plus vite et de présenter une **surface foliaire plus optimale** durant la période pendant laquelle les jours sont les plus longs. Notons cependant que l'accroissement des températures nocturnes affectera les rendements de certaines cultures (Bazzaz et Sombroek, 1997).

5.1.2 Une période de croissance végétative plus longue

L'**allongement de la période de croissance végétative** (voir figure 9) est souvent présenté comme offrant l'opportunité de produire plus par hectare en jouant sur les rotations de culture. Cependant, il faut tenir compte d'un **facteur limitant essentiel qu'est la photopériode**. Ainsi, avancer la date de semis ne sera pas nécessairement avantageux étant donné la plus courte durée du jour en début d'année. De plus, dans un tel cas de figure, il faut tenir compte de l'éventuel accroissement de la pression sur l'environnement qui résulterait d'une augmentation du nombre de rotations. Notons que **les prairies pourront profiter de cet allongement à condition que les disponibilités en eau soient suffisantes** (Eitzinger et Kubu, 2009).

Figure 9 : Evolution de la période de croissance végétative



5.1.3 L'effet CO₂

Notons que l'augmentation des concentrations en CO₂ atmosphérique **améliorera la photosynthèse** et en principe, la production de biomasse. L'effet du CO₂ sur la biomasse est **variable selon les cultures**. Ainsi, l'orge et le blé, qui sont des plantes C₃ réagissent plus à l'augmentation des concentrations de CO₂ dans l'atmosphère que le maïs qui est une plante C₄. Les cultures de racines et de tubercules devraient montrer quant à elles une importante réponse à l'augmentation du CO₂ atmosphérique. Par ailleurs, des niveaux plus élevés de CO₂

permettent une **meilleure efficacité des plantes dans l'utilisation de l'eau** (Maracchi et al., 2005).

5.1.4 Diversité des réponses et facteurs limitants

Notons par ailleurs que chaque région agricole, du fait de ses **caractéristiques pédologiques** et de ses **orientations technico-commerciales**, répondra de manière variable à ces évolutions de températures. En effet, les facteurs limitants que sont la **disponibilité en eau** et en **nutriments** dépendent en partie de la structure, de la texture, de la teneur en MO ou encore de la profondeur des sols. La **composante du rendement** a également son importance. Comme dit précédemment, le rendement en grain du blé, par exemple, n'est pas en lien direct avec la vitesse de développement de la plante. En revanche, en considérant que la disponibilité en eau est suffisante, la production des pâturages, par exemple, serait sensiblement favorisée.

Une opportunité pourrait également se dégager pour le secteur de l'élevage. Le réchauffement des hivers aura probablement un effet bénéfique du point de vue de la nourriture (pâturages et fourrages) et de la mortalité animale (Maracchi et al., 2005).

5.1.5 Augmentation du stress thermique

En revanche, **l'augmentation projetée des températures estivales va augmenter le risque de stress thermique tant pour les productions végétales que les productions animales**. Selon les « projections moyennes », le nombre de jours de canicule par an en Wallonie augmentera considérablement (voir figure 10). Des différences régionales existent, la lorraine belge sera selon les projections sensiblement plus affectée que les autres régions. Le modèle le plus chaud projette quant à lui jusqu'à 45 jours de canicule par an en Wallonie.

L'élevage subira des effets directs et indirects importants des vagues de chaleur. D'une part, le stress thermique a des effets **négatifs sur la santé, la croissance et la reproduction des animaux ou encore la production de lait** des vaches laitières. Notons que la résistance au stress thermique varie selon les espèces et les races. D'autre part, les impacts des vagues de chaleur, accompagnées de **sécheresse, sur les pâturages et la production de fourrage** constituent un risque indirect planant sur les systèmes d'exploitation intégrant l'élevage. Il s'agit d'un risque important étant donné qu'à la perte de production, s'ajoute le surcoût lié au fait que l'exploitant doit acheter ce qu'il n'a pas pu produire.

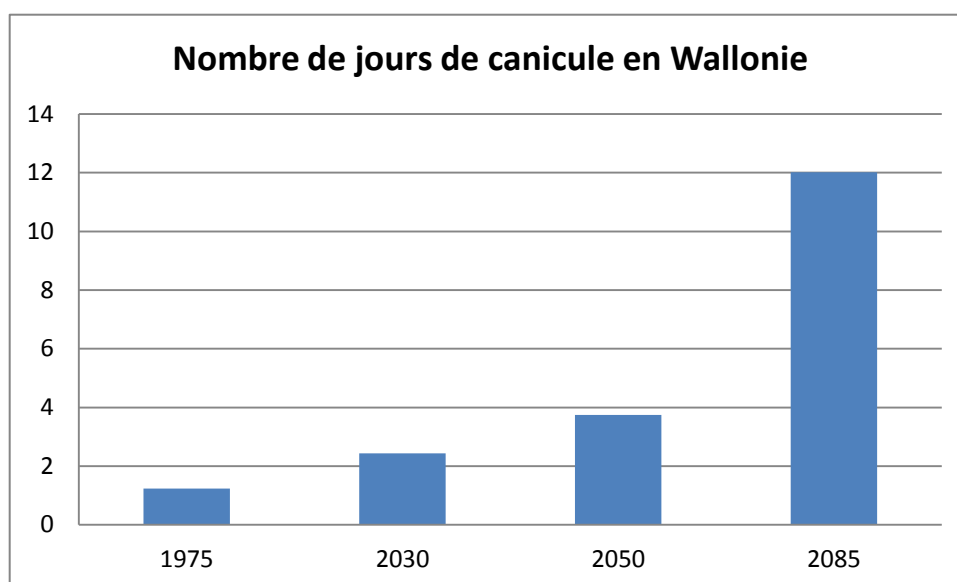
Le manque de fourrage durant la canicule de 2003

La canicule de 2003 et la sécheresse qui l'a accompagné ont fait des ravages en France parmi le cheptel. Les conséquences de celles-ci avaient en outre révélé la grande dépendance de l'alimentation de l'élevage par rapport aux fourrages dont les pertes de production au niveau national s'élevaient à 20-30%. Un trait spécifique de la vulnérabilité de l'agriculture française avait alors été pointé (Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer, 2010).

Concernant les cultures, **si l'optimum de température, qui varie selon les espèces, est dépassé, la productivité des cultures tombe de manière marquée** et des phénomènes d'échaudage peuvent se produire. Concernant les céréales, les vagues de chaleur peuvent perturber la formation du grain.

Il est donc difficile **de préciser à partir de quel niveau de réchauffement le point de rupture sera atteint** et dès lors, la productivité des cultures et de l'élevage sera en baisse en raison des facteurs limitants et d'autres facteurs comme le stress hydrique ou la détérioration de la qualité du sol.

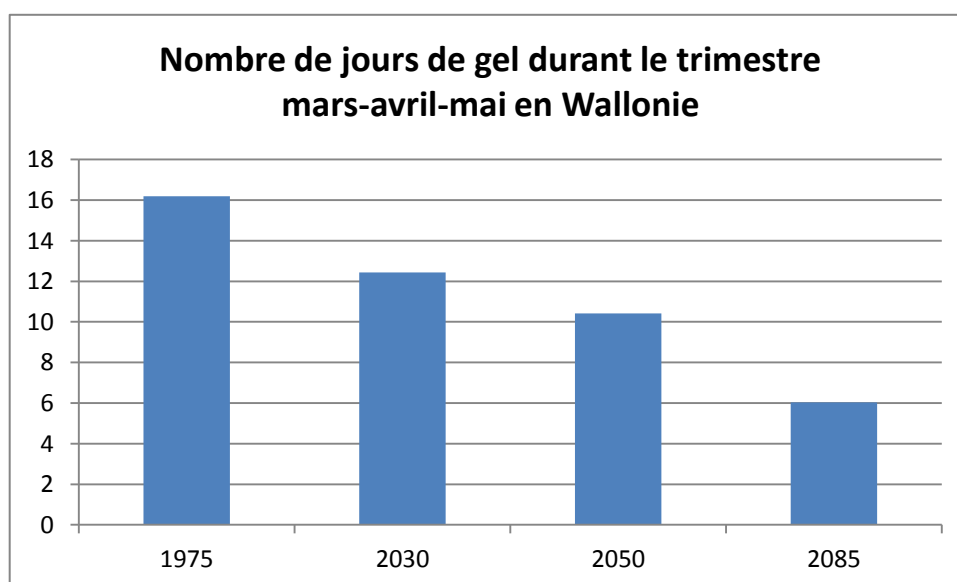
Figure 10 : Evolution du nombre de jours de canicule



5.1.6 Le risque de gel

Le nombre de jours de gel durant la période mars-avril-mai (voir figure 11) est appelé à diminuer fortement selon les projections. Cependant un seul jour de gel suffit à causer des dégâts dans les cultures (OcCC, 2003). De plus, si le changement climatique avance la date du gel tardif, il avancera également la date de floraison des arbres fruitiers. Concernant le risque de gel automnal précoce, la diminution du nombre de jours de gel automnal et la maturité plus précoce des cultures pourrait le diminuer (Olesen et al, 2010). Il est donc **difficile de prévoir l'évolution du risque de gel étant donné qu'il dépend également du stade de développement des plantes lui-même impacté par le changement climatique.**

Figure 11 : Evolution du nombre de jours de gel durant le trimestre mars-avril-mai



5.2 Modification des précipitations et impacts

5.2.1 Des projections plus difficiles à interpréter

Les résultats des projections des précipitations sont plus difficiles à interpréter. Les différents modèles s'accordent sur une augmentation des précipitations en hiver, sur une diminution des précipitations en été et sur une intensification des précipitations. En revanche, ils ne s'accordent pas sur le signe des changements des volumes de précipitations annuelles. Les « projections moyennes » suggèrent une très légère augmentation (+4,3%) à l'horizon « 2085 ». Les « projections humides » indiquent une augmentation plus sensible avec + 5,5% d'augmentation pour la période 2016-2045 (« 2030 »), + 8% pour la période 2036-2065 (« 2050 ») et 8,7% pour la période 2071-2100 (« 2085 »). Les « projections sèches », quant à elles, suggèrent une légère baisse du volume des précipitations annuelles (- 3,6%) à l'horizon « 2085 ».

Les trois modèles s'accordent tous en revanche sur une **augmentation des volumes des précipitations durant le trimestre décembre-janvier-février**. Cette augmentation est progressive et forte selon les « projections moyennes » avec respectivement +7%, +13,4% et 21,5% pour les horizons « 2030 », « 2050 » et « 2085 ». L'augmentation est du même ordre de grandeur selon les « projections humides » mais elle bien plus brutale, avec un saut de 16,4%, pour l'horizon « 2030 ». Enfin, les « projections sèches » indiquent une augmentation rapide (+8,4%) pour l'horizon « 2030 » suivi d'un tassement.

Parallèlement, les trois modèles projettent une **diminution progressive des volumes des précipitations durant le trimestre juin-juillet-août**. Selon les « projections moyennes », la diminution est de 16,9% à l'horizon « 2085 » (ce résultat est une valeur médiane par rapport aux résultats des deux autres modèles).

Les évolutions projetées pour le **trimestre septembre-octobre-novembre** sont moins nettes mais indiquent globalement une **augmentation moins sensible des volumes des précipitations** à l'horizon « 2085 ».

Concernant le **trimestre mars-avril-mai**, le volume des précipitations diminue de 10% à l'horizon « 2030 » et un retour progressif au niveau actuel aux horizons « 2050 » et « 2085 » selon les « projections moyennes ». Les « projections sèches » n'indiquent pas de changement sensible tandis que les projections humides indiquent une augmentation de près de 17% à l'horizon « 2085 ».

Les trois modèles utilisés projettent une **légère augmentation du maximum des précipitations tombées en 24h à l'horizon « 2050 »**. Tandis que les deux autres types de projections indiquent soit une poursuite de la tendance, soit un tassement, les « projections moyennes » indiquent une nette augmentation faisant passer le maximum de précipitations de 37 mm à l'horizon « 2050 » à 41 mm en 24h à l'horizon « 2085 » (voir figure 12).

La **fréquence des très fortes précipitations projetée tend également à augmenter**. Ceci tient au fait que le réchauffement de l'atmosphère près de la surface terrestre lui permet de contenir une plus grande quantité de vapeur d'eau, ce qui influence l'intensité des précipitations (Allan, 2011). Le **nombre annuel de jours de précipitations supérieures à 20 mm augmente selon les trois modèles**. Cette augmentation est plus marquée selon les « projections moyennes ». Ces dernières indiquent une augmentation sur le long terme pour toutes les saisons. L'augmentation projetée est plus importante et plus constante durant les trimestres septembre-octobre-novembre et décembre-janvier-février (voir figure 13).

Le déplacement du courant jet de l'Atlantique Nord serait responsable de périodes de **fortes précipitations inhabituellement prolongées** (Allan, 2011). A ce titre, le modèle de référence projette une **augmentation significative du maximum des cumuls de précipitations sur 5 jours des trimestres septembre-octobre-novembre et décembre-janvier-février** (voir figure 14). Là aussi, les résultats indiquent une tendance à l'intensification des précipitations.

Globalement, les trois modèles projettent donc une **saisonnalité des précipitations plus marquée en raison de l'accroissement des volumes de précipitations durant les mois les plus froids et de leur diminution durant les mois les plus chauds. Une nette tendance à l'intensification des précipitations se dégage également.**

Figure 12 : Evolution du maximum des précipitations journalières annuel

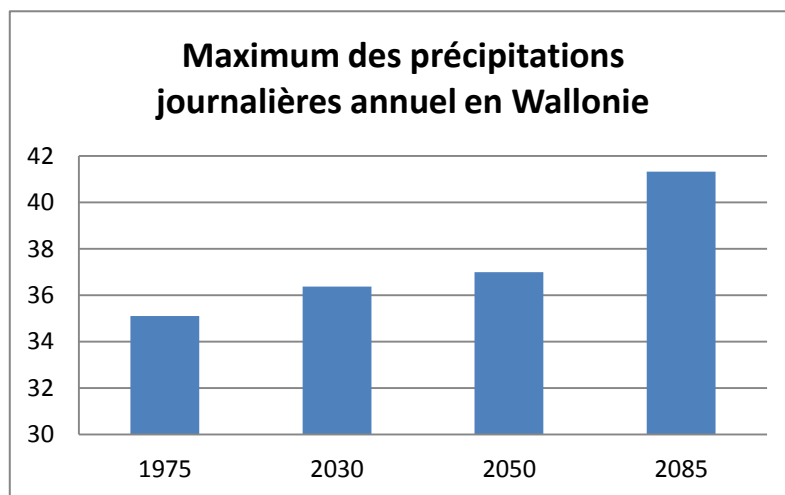


Figure 13 : Evolution du nombre annuel de jours de très fortes précipitations

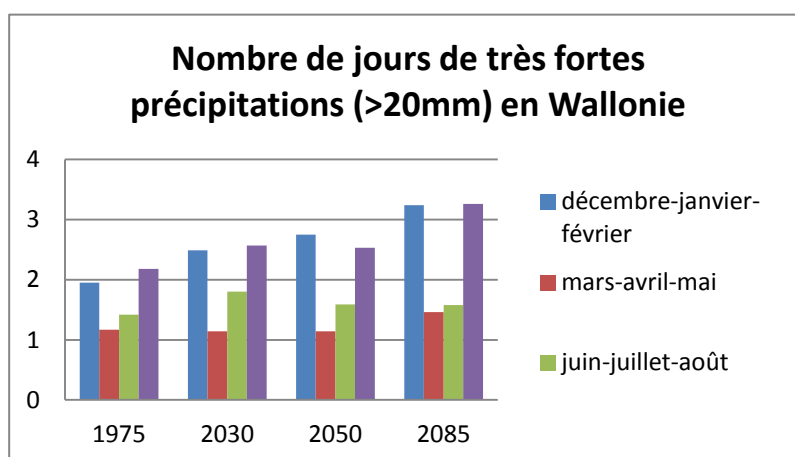
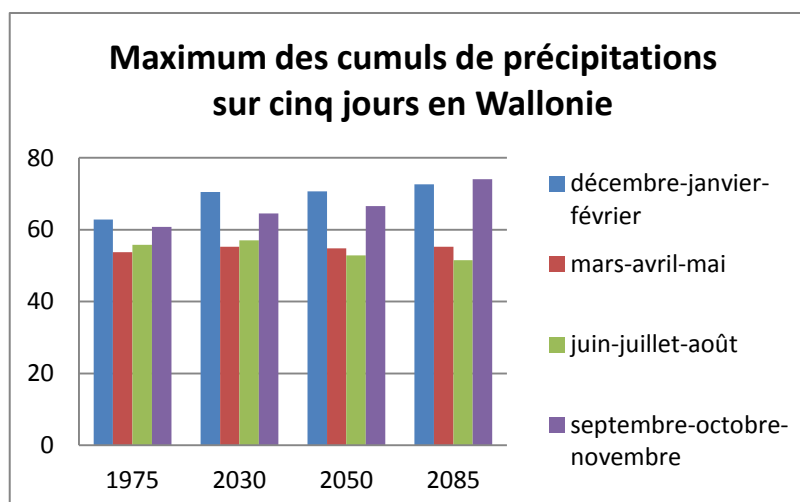


Figure 14 : Evolution du maximum des cumuls de précipitations sur cinq jours



5.2.2 Le risque de stress hydrique

Globalement, les trois modèles projettent donc une saisonnalité des précipitations plus marquée en raison de l'accroissement des volumes de précipitations durant les mois les plus froids et de leur diminution durant les mois les plus chauds. Les impacts de telles évolutions seraient variables selon les espèces, les variétés et les sols.

La diminution projetée du volume des précipitations estivales combinée à une demande en eau des organismes accrue en raison de l'élévation projetée des températures implique un **risque de stress hydrique accru**, et particulièrement si l'on considère les « projections sèches ». **L'augmentation projetée du volume des précipitations hivernales et automnales** sera au contraire **profitable du point de vue de la disponibilité en eau** pour les plantes.

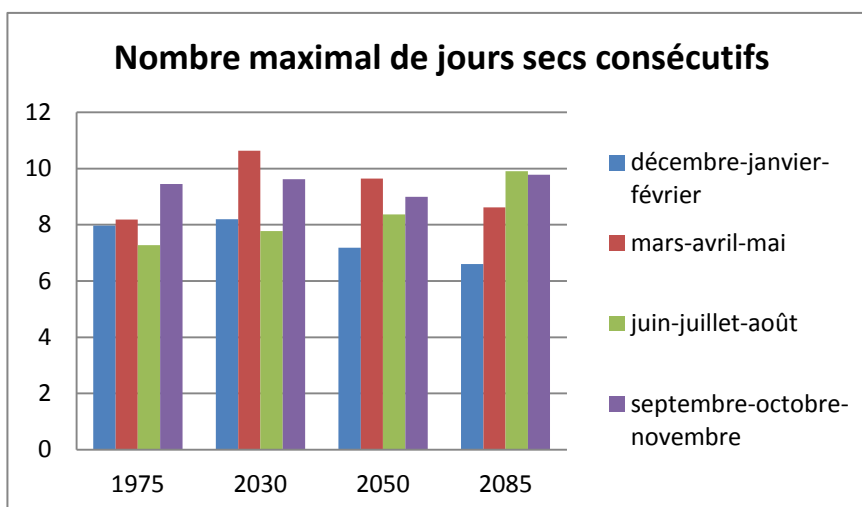
Les impacts de la sécheresse varient selon divers facteurs (voir section 2.3.1). Ils varient notamment **selon les types de sol**. Par exemple, le **problème de sécheresse déjà existant pour les sols de faible profondeur, comme en Famenne**, seront par exemple sensiblement **accru**.

Les impacts du stress hydrique (directs sur les cultures et indirects sur l'élevage) varient également selon les **espèces et les variétés, les stades phénologiques**. En effet, la sécheresse qui est un facteur limitant pour la plupart des cultures, est particulièrement dommageable durant les premières phases de développement de la plante. Selon les « projections moyennes », le **nombre de jours secs consécutifs va augmenter en Wallonie** durant les mois de mars, avril et mai aux trois horizons temporels avec un pic à l'horizon « 2030 ». Le nombre de jours secs projeté durant le trimestre suivant (juin-juillet-août) est pour sa part en augmentation continue jusqu'à l'horizon « 2080 » (voir figure 15).

Dans un tel cas de figure, ce sont les **cultures de printemps qui seront les plus affectées** même si les céréales d'hiver, lors de la floraison, de la pollinisation et du remplissage des grains sont particulièrement sensibles. Cela vaut particulièrement pour l'horizon « 2030 » étant donné que selon les « projections moyennes », le volume total des précipitations printanières va diminuer. Le **risque de sécheresse pour les prairies et toutes les cultures** sera **également accru pendant les mois chauds** étant donné la diminution constante des précipitations et l'augmentation constante du nombre de jours secs consécutifs projetés pour les trois horizons temporels.

Notons que l'augmentation des besoins et la réduction des ressources en **eau** pourrait mener à une **compétition pour son appropriation** entre l'agriculture et les autres utilisateurs (Iglesias et al, 2007).

Figure 15 : Evolution du nombre maximal de jours secs consécutifs



5.2.3 Erosion

Les **augmentations projetées de la fréquence et de l'intensité des précipitations accentueront le phénomène de l'érosion hydrique** (Olesen et al, 2010) et ce, particulièrement durant les **mois d'automne et d'hiver**. Il s'agit d'un risque important étant donné que le sol est une « ressource non-renouvelable », **un sol érodé étant perdu pour toujours** (ou quasiment).

De plus, l'**augmentation de la durée des sécheresses** projetée **va exacerber l'érosion éolienne et hydrique du sol en réduisant la couverture végétale** (Iglesias et al, 2007). Les cultures sarclées et les sols nus (en hiver) seront particulièrement vulnérables.

Enfin, les épisodes de très fortes précipitations dépassant la capacité d'infiltration du sol engendrent un risque de pollution accru des parcelles situées plus en bas du bassin versant.

5.2.4 Inondations

L'augmentation projetée de la fréquence et de l'intensité des précipitations augmentera le **risque d'inondations de tout type et particulièrement le risque de coulée de boue**. Les **pertes dues aux inondations devraient donc s'alourdir**. Par ailleurs, l'augmentation projetée du volume des précipitations en automne et en hiver implique un risque accru d'inondations par débordement.

5.3 Augmentation de la pression des maladies, parasites et adventices

Les plus hautes températures et la diminution considérable du nombre de jours de gel projetée (voir figure 15), ainsi qu'une éventuelle pluviosité accrue **favoriseront les cycles de reproduction des maladies, des parasites et des adventices**. Cela affectera les **productions végétales et animales**. Par exemple, l'Oïdium (parasite fongique dont fait partie le mildiou) et la rouille brune (maladies du blé) seront favorisés par des hivers plus doux. Des étés chauds et secs favoriseront certains organismes mais pourraient également diminuer l'impact de certaines maladies (Furher, 2003). Les **conséquences** sur la production des plantes et de l'élevage peuvent donc être **négatives ou positives**.

A côté de cela, cette élévation de température devrait mener à une **amplification des invasions et à des invasions d'organismes adaptés à ces conditions plus chaudes**. A titre d'exemple, le doryphore, la pyrale européenne, la mouche des fruits méditerranéenne et la carie de karnal devraient considérablement migrer vers le nord. **La vitesse à laquelle ces épisodes d'invasion se produiront dépend notamment de l'ampleur du réchauffement** (Olesen et al, 2010). Ainsi, dans le cas du scénario le plus chaud, les températures moyennes annuelles en Wallonie s'élèvent à 10.97 en 2030, 11.82 en 2050 et 12.95 en 2080 contre respectivement 9.44, 10.13 et 11.29 selon les « projections moyennes ». Si un tel scénario se confirmait, les épisodes d'invasion surviendraient plus précocement.

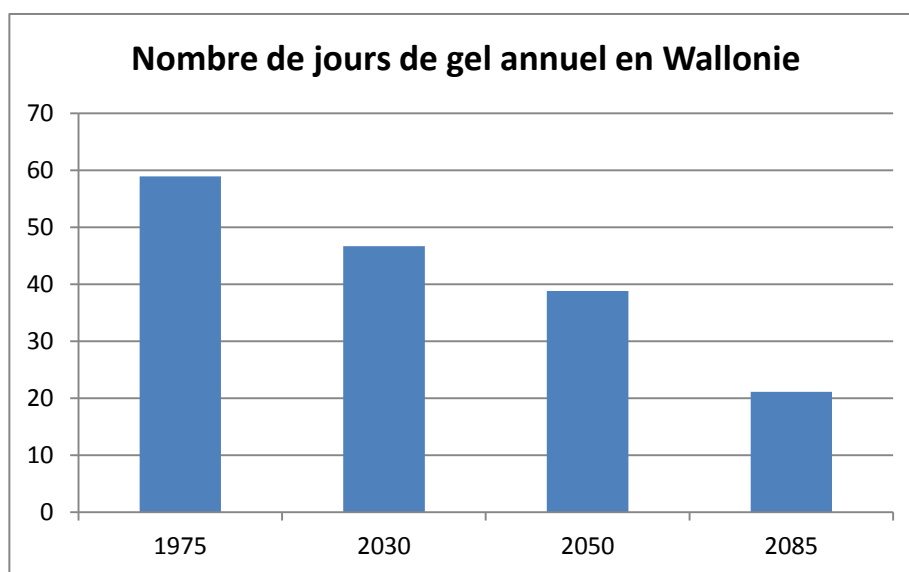
Cependant, il existe des **facteurs limitants** (température, humidité, rayonnement, CO₂) et tous les **organismes ne réagissent pas de la même manière** à l'augmentation de la température et de la pluviométrie (Furher, 2003). Nous ne savons pas non plus comment les prédateurs naturels vont de leur côté évoluer (une désynchronisation entre ces organismes et leurs prédateurs naturels pourrait apparaître). Précisons enfin que ce type de risque est globalement maîtrisé dans les régions d'agriculture intensive mais que les pressions sur l'environnement pourraient s'accroître.

Le projet ADAGIO a quant à lui révélé qu'**en Europe, les dommages liés aux maladies des plantes, aux mauvaises herbes et aux parasites ont significativement augmenté ces dernières années**. Parmi les cultures les plus concernées, on retrouve le blé, l'orge, la betterave sucrière, la pomme de terre, le maïs ou encore différents fruits ; autant de cultures courantes en Wallonie. Si nous observons déjà une certaine migration des parasites et des organismes hôtes et donc des pathogènes qui y sont associés, celle-ci devrait prendre une **toute autre**

ampleur avec un réel déplacement des zones agroclimatiques en Europe. (Eitzinger et Kubu, 2009)

Par ailleurs, les travaux de Maurice Hullé, chercheur de l'Inra à Rennes, révèlent, concernant les populations de pucerons, que le nombre d'espèces a augmenté en France de 20 % en trente ans, sans toutefois compter plus d'individus au total. Si la population totale reste stable, c'est qu'un équilibre s'est installé avec leurs ennemis naturels qui subissent eux aussi le réchauffement global. Cependant, les chercheurs soupçonnent que **« tôt ou tard la désynchronisation de leurs développements respectifs pourrait le modifier »**

Figure 15 : Evolution du nombre de jours de gel



5.4 L'influence des changements climatiques sur les teneurs en matière organique du sol

Comme expliqué précédemment, les sols cultivés, et particulièrement les **régions de grande culture**, ont connu au cours des dernières décennies une diminution de la teneur en MO (16 % de puis 1960) amenant certains sols à posséder une teneur en MO inférieures au seuil de carence (2%). Or la MO du sol joue un rôle essentiel dans la durabilité d'un système de production agricole (éléments nutritifs, capacité de rétention d'eau, structure du sol...).

Les teneurs en MO sont en général positivement corrélées avec l'humidité des sols et négativement avec la température. L'activité biologique et la minéralisation de la MO augmentent avec la température et la diminution du nombre de jours de gel (Cellule Etat de l'Environnement wallon, 2007). **L'augmentation de la température projetée et l'augmentation du risque de sécheresse seront donc préjudiciables à la teneur en MO des sols.**

Les travaux de Van Wesemael et de Brahy ont indiqué qu'à court terme (10 ans), les stocks de MO seraient peu sensibles à l'évolution du climat et des pratiques agricoles. Les auteurs concluent cependant qu'il « conviendra d'évaluer les effets des changements climatiques sur l'humification et la minéralisation de la matière organique du sol » (Cellule Etat de l'Environnement wallon, 2007, p. 474), et ceux particulièrement pour les sols des régions de grandes cultures.

5.5 Quel avenir ?

Les simulations des rendements du **projet PESETA** prévoient que la **moyenne des rendements dans la région Atlantique centrale (dont fait partie la Wallonie) augmente selon les scénarii de 5% à 19% pour la période 20701-2100**. Cet accroissement des rendements est **plus marqué**

pour la période 2011-2040. Ces augmentations potentielles projetées par PESETA résultent de l'allongement de la période de croissance végétative, de températures plus hautes et d'une plus grande concentration de CO₂ dans l'atmosphère (Iglesias et al, 2007). Nous avons vu qu'il fallait tenir **compte des facteurs limitants tels que la photopériode, la disponibilité en eau ou encore en nutriments.**

L'élevage devrait également être favorisé. Les prairies devraient être les moins affectées par le changement climatique. Les sécheresses estivales et la pression d'adventices augmenteront leur vulnérabilité mais la diminution des dommages liés au gel et l'allongement de la période de croissance végétative leur seront profitables. La productivité des prairies augmentera là où la disponibilité en eau est suffisante (Olesen et al, 2010). Des températures plus chaudes favoriseront également la croissance des cultures de fourrages. L'allongement des périodes de croissance végétative devrait également diminuer les coûts liés à la stabulation.

Le secteur horticole devrait lui aussi bénéficier d'une **réduction des coûts de la production en intérieure** et d'une **plus large gamme de cultures horticoles pouvant être cultivées à l'extérieur** (Iglesias et al, 2007). La possible diminution du risque de gel précoce serait également profitable.

Des risques planent cependant. Les **teneurs en MO** risquent être affectées par les changements climatiques. L'augmentation des précipitations hivernales et des précipitations intenses impliqueront un **risque accru d'inondations et d'érosion**. Les événements extrêmes (inondations et sécheresse) engendreront une **plus grande variabilité des rendements, des productions et donc des revenus des agriculteurs.**

Des étés plus chauds et plus secs auront un **impact différent selon les cultures**. Ainsi, les pommes de terre et les betteraves sucrières, qui sont des **cultures de printemps seront plus sensibles à la sécheresse**. Les rendements **des cultures plantées en automne devraient augmenter**, les rendements des cultures plantées au printemps devraient diminuer. Notons que la **nature du sol** influence la sensibilité des cultures au stress hydrique.

De **nouvelles maladies et de nouveaux parasites** sont attendus, impliquant une plus grande utilisation de pesticides et donc un **risque de pollution de l'eau**. Nous devons nous attendre à des **changements dans les zones agro-climatiques.**

Notons qu'en plus des **incertitudes** liées aux projections climatiques, il existe des incertitudes liées à la modélisation des effets fertilisants du CO₂, des impacts des événements extrêmes, des options d'adaptation humaines ou encore des coûts de l'adaptation. Notons également que l'agriculture s'adapte déjà de manière autonome et permanente via l'amélioration génétique, des techniques et de la gestion.

Une autre incertitude réside dans **l'évolution de la Politique Agricole Commune**. Les négociations relatives à la prochaine réforme sont en cours et ne déboucheront pas avant juin 2011 sur des décisions. Il est donc difficile à ce jour de décrire de manière sûre le futur contexte et les évolutions à plus long terme (au-delà de 2020) sont impossibles à prévoir. Un des objectifs de la réforme est la poursuite de l'atténuation et de l'adaptation au changement climatique. Il importe pour y parvenir selon la Commission Européenne que la future PAC soit constituée d'un premier pilier plus axé sur l'écologie et plus équitable et d'un second pilier davantage orienté vers la compétitivité et l'innovation, les changements climatiques et l'environnement.

Pour conclure, étant donné l'influence des facteurs non-climatiques, comme les conditions pédologiques, les pratiques agricoles ou la variété de réponses aux changements des différents organismes, et les nombreuses incertitudes mentionnées plus haut, il apparaît qu'il est **difficile d'établir un bilan net des effets positifs et négatifs des changements climatiques**. Une approche « écosystème » est nécessaire pour prendre en compte les impacts dans leur ensemble et ainsi prédire avec un peu plus de précision les changements qui vont survenir.

6 Pistes d'adaptation

L'examen des vulnérabilités de l'agriculture wallonne effectué, il convient de formuler quelques grands axes d'adaptation prioritaires, qui se déclineront en plusieurs actions plus concrètes. Ces grands axes sont les suivants :

- poursuivre les efforts de lutte contre la dégradation des sols ;
- améliorer la résilience des systèmes d'exploitation aux changements climatiques
- adapter à des variations accrues des rendements ;
- optimiser l'utilisation de l'eau ;
- assurer le suivi et la gestion de l'émergence des organismes nuisibles et des espèces envahissantes.

6.1 Lutte contre l'amplification annoncée de l'érosion des sols agricoles

La question de la lutte contre la dégradation des sols est prise en compte dans la conditionnalité via le code de bonnes pratiques. Il convient donc tout d'abord de mesurer les résultats des mesures obligatoires figurant dans le Code de Bonnes Pratiques et de renforcer ce cadre pour atteindre les effets escomptés.

Le caractère obligatoire de ces mesures se justifie par le fait qu'elles contribuent à l'intégrité d'un facteur de production essentiel, le sol.

Proposition de recommandation 1 : Renforcer les obligations en matière de pratiques agricoles dans la conditionnalité des aides.

Les mesures agro-environnementales jouent également un rôle important dans la lutte contre l'érosion. Il convient donc d'intégrer la perspective des changements climatiques dans les évaluations effectuées par le GIREA, et de définir un cadre d'orientation stratégique tenant davantage compte des changements climatiques.

Proposition de recommandation 2 : Renforcer la place des changements climatiques dans la définition du cadre et de l'évaluation des MAE

L'utilité des MAE dans la lutte contre l'érosion est avérée et la lutte contre la dégradation des sols doit être envisagée à l'échelle du bassin versant (cf. projet GISER). Dans l'optique des effets des changements climatiques, il convient donc de continuer le développement des bonnes pratiques de gestion du couvert végétal, de travail du sol et les mesures hydraulique douces et de donner la possibilité de développer des MAE propres au bassin versant. Le dispositif de mesures ciblées mis en place à mi-parcours de la programmation 2000-2006 a pour vocation d'amplifier l'impact des MAE en accompagnant l'agriculteur dans le choix des mesures et de leurs emplacements. A ce titre, il convient d'associer la cellule GISER dans le ciblage et la création des mesures spécifiques "érosion des sols", les MAE étant actuellement fortement axées sur la biodiversité. Si la lutte contre l'érosion des sols est considérée comme une priorité, il conviendrait de lever certaines contraintes liées à la biodiversité afin d'augmenter le nombre de participants.

Proposition de recommandation 3 : Poursuivre le ciblage des MAE et proposer de nouvelles mesures spécifiques "érosion des sols"

Concernant la possible diminution de la teneur en MO des sols cultivés, il convient également d'effectuer des recherches sur l'impact des changements climatiques sur la MO et donc sur la qualité des sols. Ceci est d'autant plus important que la présence de MO en quantité suffisante permet d'atténuer les impacts. Le sol représente un élément clé de la résilience. Il faut donc inclure des mesures permettant de préserver une quantité d'humus suffisante.

Proposition de recommandation 4 : Inclure dans les MAE permettant de préserver la MO du sol

6.2 Améliorer la résilience des systèmes d'exploitation au changement climatique

L'adaptation spéculations annuelles, les itinéraires techniques, par exemple, est spontanée. Il existe des outils de guidance comme par exemple le Livre blanc « des céréales ». Dans le secteur de l'élevage, la sélection génétique des bovins devrait être assez spontanée de même que l'adaptation des bâtiments qui constitue une réponse à l'augmentation des coûts énergétiques et aux contraintes liées au bien-être animal. En revanche, l'adaptation des prairies permanentes et des cultures fourragères apparaît plus prioritaire, car l'impact des changements climatiques sur les stress thermique des prairies et le stress hydrique du maïs semblent importants et l'adaptation ne peut pas se faire annuellement. Dans cette optique, il convient d'améliorer la recherche d'alternatives aux cultures intensives en eau (maïs) ou sensibles à la température (Ray-grass). Le résultat des ces recherches constitueront une aide à la sélection de variétés résistantes aux stress hydrique et thermique. Ceci devra se réaliser dans le cadre d'une collaboration entre les organismes de recherche et les semenciers qui disposent des ressources.

Proposition de recommandation 5 : Soutenir des programmes de recherche d'alternatives aux cultures intensives en eau (maïs) ou sensibles à la température (Raygrass)

Concernant l'élevage laitier, la place de la sélection génétique comme mesure d'adaptation doit être envisagée. En effet, il ne suffit pas d'utiliser les gènes du « Sud » car partout dans le monde, les animaux ont été sélectionnés pour la production et les gènes s'expriment différemment en fonction des systèmes d'élevage et des conditions environnementales.

L'adaptation des variétés est dictée par le marché et fait partie de l'adaptation spontanée. Cependant, une veille scientifique serait nécessaire par rapport aux opportunités des nouvelles cultures.

Proposition de recommandation 6 : Intégrer la résistance au stress thermique dans la sélection génétique des vaches laitières

Les besoins des fermes en eau sont bien couverts et la récupération des eaux de pluie à l'échelle de l'exploitation se fait déjà. Seulement, le développement de l'irrigation comme moyen d'adaptation aux changements climatiques rendrait la situation plus problématique. Mieux vaut mettre en place une aide à la sélection de variétés résistantes au stress hydrique comme mentionnée précédemment. Toutefois, il convient d'anticiper un développement prévisible de l'irrigation et d'approfondir la question de la faisabilité environnementale et quantitative d'un tel développement. La gestion de l'eau doit s'opérer au niveau du bassin versant et il est imaginable de faire collaborer les agriculteurs pour l'utilisation des eaux collectées pendant les périodes pluvieuses (contribuant de la sorte à la lutte contre les inondations). Il faudrait mener des études sur la faisabilité en zones d'élevage au maïs par exemple et aller jusqu'à étudier les possibilités d'irrigation au niveau opérationnel.

Recommandations 7 : Anticiper un développement prévisible de l'irrigation, en étudiant les impacts possibles

6.3 Prévenir et gérer les risques naturels et évaluer les impacts économiques

Les agriculteurs risquent d'être confrontés à des événements extrêmes plus fréquents impliquant des variations de rendements et donc de revenus. Par ailleurs, si les événements extrêmes plus fréquents feront varier les rendements agricoles localement, ils impacteront également les prix agricoles au niveau mondial impliquant une plus grande variabilité d'une année à l'autre.

Il est donc nécessaire d'effectuer des recherches sur les évolutions des fluctuations économiques des exploitations engendrées par les changements climatiques sur les réponses possibles à ces fluctuations a priori croissantes comme les assurances ou encore la mise en place d'outils de régulation des prix (compétence de l'Union Européenne).

Proposition de recommandation 8 : Soutenir des programmes de recherche sur les évolutions des fluctuations économiques des exploitations engendrées par les changements climatiques et envisager les réponses possibles à ces fluctuations à priori croissantes

Les organismes de suivi des parasites et d'alerte existent. Ceux-ci peuvent être amenés à mutualiser leurs efforts comme c'est déjà le cas pour les 3 organismes en charge du suivi du mildiou. Nul doute que les changements climatiques et leurs effets sur les nuisibles et invasives augmenteront ce besoin de d'amélioration de la coordination. Au-delà de ces efforts de coordination, il conviendra de développer la détection précoce, ce qui permettra d'agir avant la phase d'expansion de l'espèce. Un effort de recherche sur l'évolution des cycles des organismes nuisibles doit par ailleurs être consenti.

Enfin, il est important de garantir l'efficacité de ces organismes de suivi en assurant leur pérennité financière. Une partie de leur fonctionnement est déjà financée publiquement d'une part et par les agriculteurs membres d'autre part (seuls les membres accèdent au système de suivi et d'alerte). Cependant, des moyens de financement innovants sont à mettre en place. Par exemple, il semble cohérent que le fonds des matières premières redistribue une partie des taxes pesticides prélevées pour financer les systèmes d'alerte.

Proposition de recommandation 9 : Appuyer, soutenir, et pérenniser le financement des réseaux de suivi et d'alertes sur les nuisibles et invasives pouvant être favorisées par les changements climatiques

Concernant le dédommagement des agriculteurs une question se pose : si des événements qualifiés d'extrêmes aujourd'hui ne le sont plus dans le futur, les agriculteurs seront-ils toujours être assurés ? Il apparaît évident que les fonds que les fonds des calamités naturelles, les fonds de dédommagement des agriculteurs et les fonds d'assurance devront être adaptés. Les résultats du projet ADACIS, projet de recherche sur l'aide à la décision sur les événements climatiques extrêmes se termine prochainement seront utiles en vue d'adapter

Proposition de recommandation 10 : Adapter les fonds des calamités naturelles, les fonds de dédommagement des agriculteurs et les fonds d'assurances

7 Glossaire

Croûte de battance se réfère à la tendance d'un sol à former une croûte sous l'action de la pluie

Cultures sarclées : Cultures disposées en lignes, pour faciliter la destruction des mauvaises herbes par le sarclage ou le binage.

Découplage des aides : Les aides du premier pilier de la PAC ne sont plus liées à la production. Il ne faut donc plus justifier des cultures (par exemple, cultiver des céréales pour obtenir les aides aux cultures arables) et/ou des animaux (par exemple les taureaux pour les primes bovins mâles).

Développement phénologique : le développement des organes végétaux de la plantes (par opposition aux organes reproducteurs)

Echaudage : Accident climatique de végétation auquel sont exposées les céréales et la vigne et qui abîme la fructification. Exposés à des températures trop fortes lors de stades physiologiques sensibles (comme le remplissage pour les céréales), les tissus des grains soumis à un stress hydrique trop importants peuvent être endommagés ou nécrosés ; les grains apparaissent ridés et de faible poids spécifique pour les céréales, ou bien flétris et desséchés pour la vigne.

Exploitations spécialisées : exploitations pour lesquelles plus des deux tiers de la marge brute est fournie par un même type de production

Formation agricole pratique uniquement : Expérience acquise par un travail pratique dans une exploitation agricole.

Formation agricole de base : Tout cycle de formation terminé dans une école d'enseignement agricole de base et/ou dans un centre de formation limité à certaines disciplines (y compris horticulture, sylviculture, pisciculture, science vétérinaire, technologie agricole et disciplines associées). Est également considéré comme formation élémentaire un apprentissage agricole mené à son terme.

Formation agricole complète : Tout cycle de formation à temps complet d'une durée d'au moins deux ans après la fin de la scolarité obligatoire, terminé dans une école d'enseignement agricole, école supérieure ou université dans une des disciplines suivantes : agriculture, horticulture, sylviculture, pisciculture, science vétérinaire, technologie agricole ou une autre discipline associée.

Marge brute standard : La marge brute standard (MBS) d'une spéculation correspond à une situation moyenne et s'obtient en déduisant de la valeur de la production brute (y compris subsides) les principaux coûts spécifiques (semences, engrais, etc.) qui s'y rapportent ; elle s'exprime par hectare pour les productions végétales et par tête pour les animaux et porte sur une période de production de 12 mois.

Orientation technico-économique : La classification des exploitations selon l'orientation technico-économique (OTE) est basée sur la notion de marge brute standard, L'OTE étant déterminée par la contribution relative des différentes spéculations de l'exploitation à la marge brute standard totale de celle-ci.

Pédoclimatique : Température et humidité d'un sol, d'un terroir.

Propriétés physiques des sols : réduction de la macroporosité, glaçage des horizons de surface, mise à nu de couches inférieures de sol plus compactes et moins drainantes, plus pierreuses, moins riches en matière organique...

Surface agricole utile (SAU) est une notion normalisée dans les statistiques européennes qui vise à évaluer le territoire consacré à la production agricole. La SAU est composée de : terres arables, surfaces toujours en herbe, cultures pérennes.

8 Bibliographie

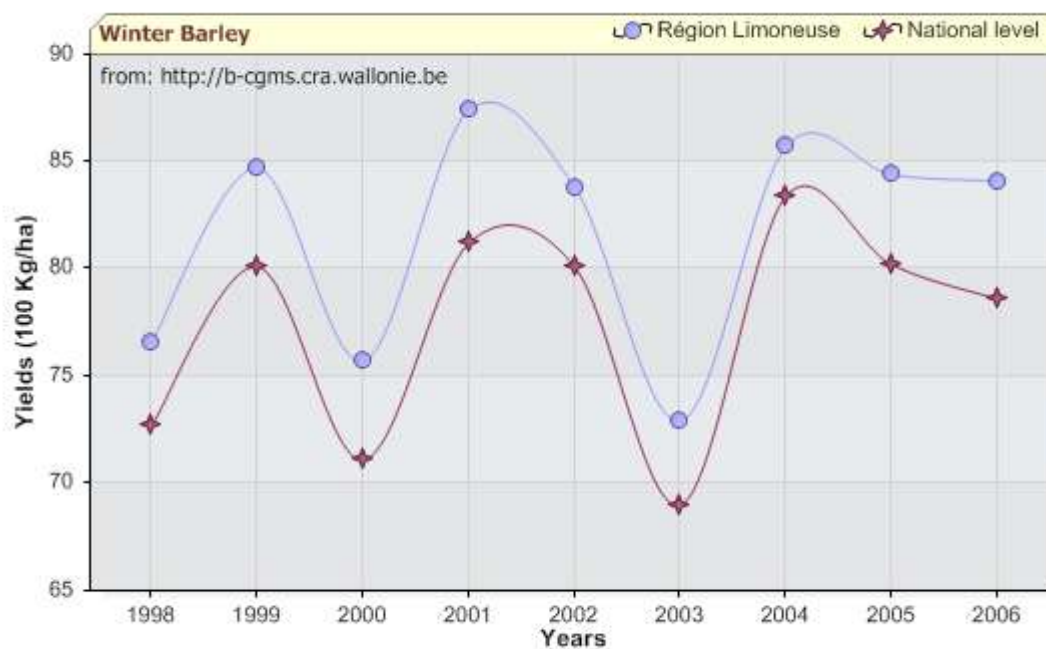
- ALLAN, R. P., (2011), « Climate change : Human influence on rainfall », *Nature*, 470, 344-345.
- BATES, B. C., KUNDZEWICZ, Z.W., WU, S., et PALUTIKOF, J.P., éditeurs, (2008), *Le changement climatique et l'eau*, document technique publié par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Secrétariat du GIEC, Genève, 236 p.
- CELLULE AMÉNAGEMENT – ENVIRONNEMENT, (2006), *Les risques majeurs en Région wallonne. Prévenir en aménageant*, MRW - DGATLP, Namur, 317 p.
- CRA-W Gembloux – ULG et VITO, (2003), Bulletin Agro-météorologique, avril, mai, juin, juillet, août, septembre 2003, <http://b-cgms.cra.wallonie.be/>.
- CRA-W Gembloux – ULG et VITO, (2006), Bulletin Agro-météorologique, avril, mai, juin, juillet, août, septembre 2006, <http://b-cgms.cra.wallonie.be/>.
- DEPROFT, M., (2007), « Implantation des cultures », *Livre Blanc « céréales »*, F.U.S.A et C.R.A-W Gembloux, février 2007.
- DUCHAUFOR, P., (1995), *Pédologie : sol, végétation, environnement*, Abrégé, Masson, Paris, 324 p.
- COMMISSION EUROPEENNE ET GOUVERNEMENT WALLON (2007), *Programme wallon de développement rural 2007-2013*, 396 pp.
- DIRECTION GÉNÉRALE DE L'AGRICULTURE, (2005), Dossier. « Connexions entre l'agriculture et la société », *Les nouvelles de l'automne*, SPW, 4^e trimestre 2005.
- DIRECTION GÉNÉRALE STATISTIQUE ET INFORMATION ÉCONOMIQUE (DGSIE), (2010), *L'agriculture en Belgique en chiffres. Chiffres clés de l'agriculture 2010*, SPF Economie, Bruxelles.
- GIRON, E., JOACHAIN, H., DEGROOF, A., HECQ, W., CONINX, I., BACHUS, K., DEWAELS, B., ERNST, J., PIROTON, M., STAES, J., MEIRE, P., DE SMET, L., et DE SUTTER, R., (2010), *Towards an integrated decision tool for adaptation measures – case study : floods*, ADAPT Project – Final report, Science for a sustainable development.
- HARMIGNIE, O., HENRY DE FRAHAN, B., POLOME P. et GASPART, F., (2004), *Gestion des risques – Perspectives pour l'agriculture wallonne*, Louvain-la Neuve.
- MINISTERE DE L'ECOLOGIE, DE L'ENERGIE, DU DEVELOPPEMENT DURABLE ET DE LA MER (2010), *Plan Adaptation Climat – Rapport des groups de travail de la concertation nationale*, 30 juin 2010, www.developpement-durable.gouv.fr.
- ORGANE CONSULTATIF SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (OcCC), (2003), *Evénements extrêmes et changements climatiques*, Berne.
- PARRY, M., CANZIANI, O., PALUTIKOF, J., VAN DER LINDEN, P. et HANSON, C., éditeurs, (2007), *Climate Change 2007 : Impacts, Adaptation and Vulnerability*, Summary for Policymakers and Technical Summary, Part of the Working Group II contribution to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- VERJUS, L., éditeurs, (2006), *Les calamités agricoles*, SPF Economie, P.M.E, Classes moyennes et Energie, Bruxelles.

Site web

- DEPARTEMENT DU SOL ET DES DÉCHETS, (2001), SPW
http://environnement.wallonie.be/owd/dps/cadastre_des_sols/index.htm, dernière visite le 08 janvier 2011.
- SPF ECONOMIE - STATISTICS BELGIUM, <http://www.statbel.fgov.be>, dernière visite le 15 mars 2011
- CENTRE WALLONE DE RECHERCHES AGRONOMIQUES (CRA), <http://b-cgms.cra.wallonie.be>

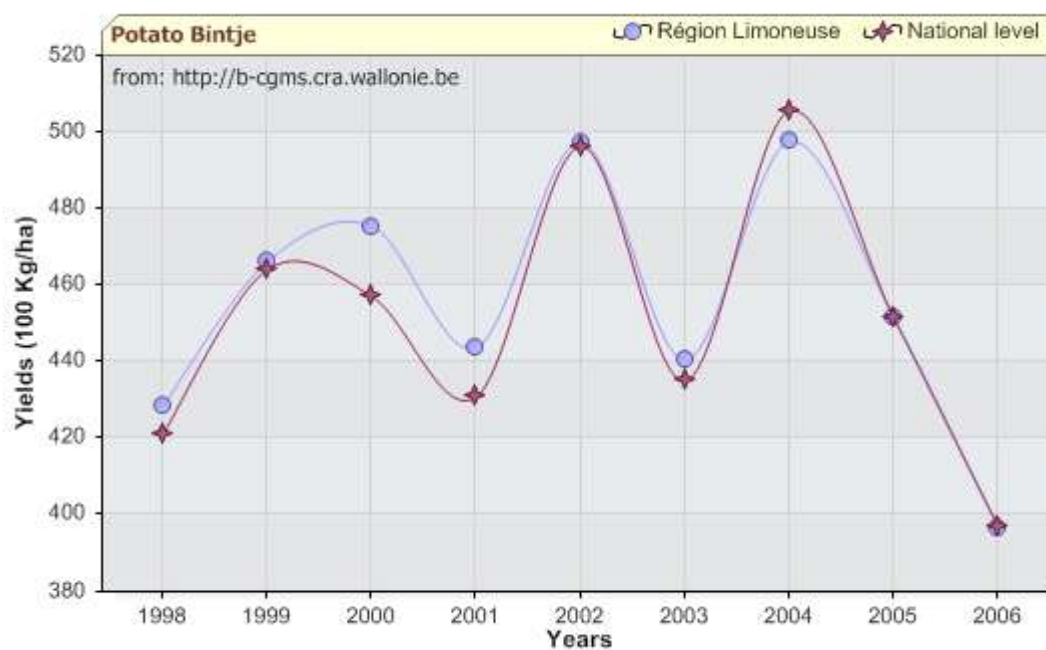
9 Annexes

Figure 8 : Evolution des rendements de l'orge d'hiver dans la Région limoneuse et en Belgique (100 kg/ha)



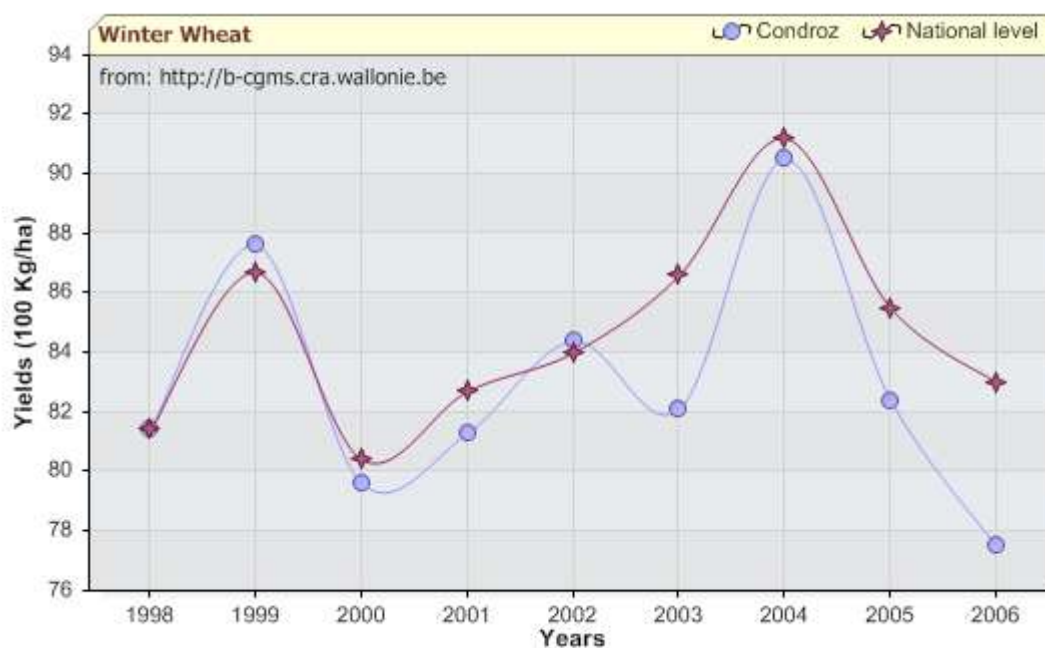
Sources : <http://b-cgms.cra.wallonie.be> (Institut National de Statistique - SPF Economie -)

Figure 9 : Evolution des rendements de la pomme de terre Bintje dans la Région limoneuse et en Belgique (100 kg/ha)



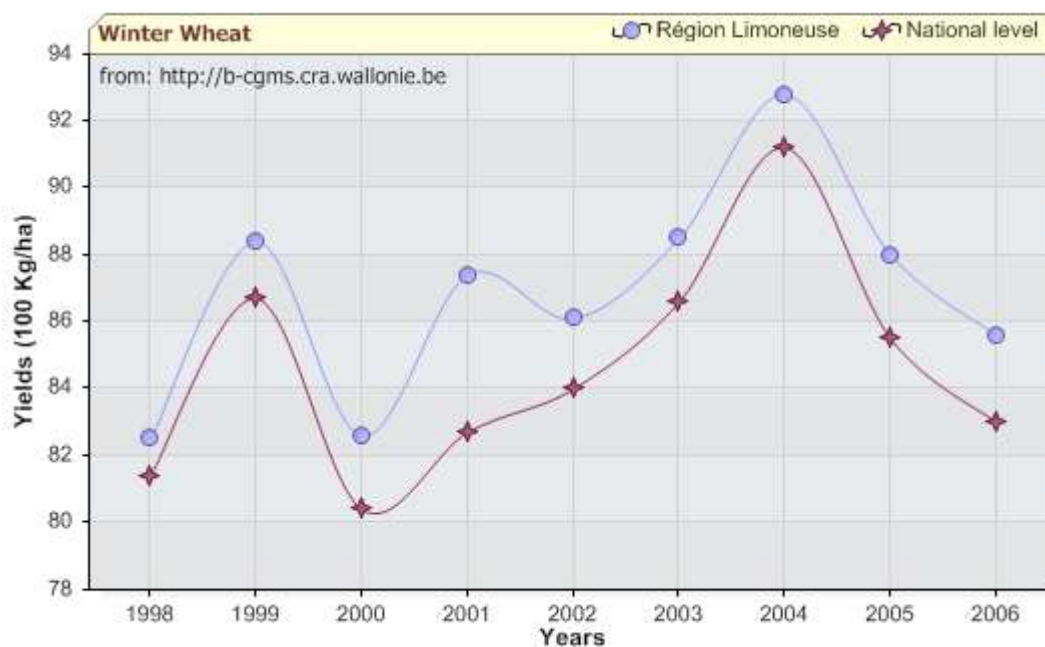
Sources : <http://b-cgms.cra.wallonie.be> (Institut National de Statistique - SPF Economie -)

Figure 10 : Evolution des rendements du blé d'hiver dans le Condroz et en Belgique (100 kg/ha)



Sources : <http://b-cgms.cra.wallonie.be> (Institut National de Statistique - SPF Economie -)

Figure 11 : Evolution des rendements du blé d'hiver dans la Région limoneuse et en Belgique (100 kg/ha)



Sources : <http://b-cgms.cra.wallonie.be> (Institut National de Statistique - SPF Economie -)