

Indices climatiques associés aux risques de dommages hivernaux aux plantes agricoles pérennes



Auteurs : Gilles Bélanger, D.Sc. et Yves Castonguay, Ph.D., chercheurs scientifiques
Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures
Agriculture et Agroalimentaire Canada, Québec

LA TOLÉRANCE AU FROID DES PLANTES AGRICOLES PÉRENNES

Les conditions climatiques hivernales sont une contrainte majeure pour les plantes agricoles pérennes, lesquelles couvrent plus d'un million d'hectares au Québec. Les plantes pérennes regroupent plusieurs espèces agricoles, dont les plantes fourragères et les arbres fruitiers. La partie pérenne des plantes fourragères est située sous ou près de la surface du sol, alors que celle des arbres fruitiers, à l'exception du système racinaire, est située au-dessus du sol. La croissance des plantes fourragères s'arrête à l'automne avec la diminution de la température alors que celle des arbres fruitiers s'arrête avec la diminution de la photopériode.

Les plantes fourragères et les arbres fruitiers diffèrent également par leurs mécanismes de tolérance au froid. Les plantes fourragères survivent aux basses températures en limitant la formation de glace aux espaces extracellulaires. Cette formation de glace dans les espaces extracellulaires engendre un gradient de pression de vapeur entre les compartiments intra et extracellulaires, ce qui a pour effet d'entraîner la migration de l'eau vers l'extérieur de la cellule et ainsi de diminuer la probabilité de gel à l'intérieur de la cellule. L'amplitude et la durée de la congélation peuvent entraîner le dessèchement de la cellule. Les arbres fruitiers utilisent également ce processus de gel extracellulaire. Cependant, ils ont également la possibilité de surfusion dans certains de leurs tissus, ce qui leur permet de tolérer des températures beaucoup plus basses.

Tout comme pour la saison de croissance, des indices climatiques ont été développés pour exprimer les risques de dommages hivernaux associés à différentes causes (Rochette et Dubé, 1993a, b). Les indices utilisés pour les plantes fourragères ont été développés en utilisant principalement la luzerne comme plante modèle (Bélanger *et al.*, 2002) alors que le pommier a servi de plante modèle pour les arbres fruitiers (Rochette *et al.*, 2004)

PLANTES FOURRAGÈRES

Les indices automnaux expriment l'influence de la température et des précipitations sur l'endurcissement au froid. Les indices hivernaux évaluent 1) l'effet net de la durée et de l'intensité du froid et du rôle protecteur de la couverture de neige 2) la perte d'endurcissement au froid due aux températures chaudes ($T > 0^{\circ}\text{C}$) et 3) le dommage potentiel au système racinaire par le soulèvement du sol et la glace. Des conditions optimales d'endurcissement et une bonne couverture de neige sont des conditions idéales pour assurer une bonne survie hivernale (Fig. 1a).

Indices associés à l'endurcissement au froid à l'automne

Les conditions favorables pour la croissance des plantes fourragères retardent le développement de l'endurcissement au froid (Fig. 1b). Ainsi, la somme des degrés-froid ($T < 5\text{ °C}$) au cours de la période d'endurcissement exprime le potentiel d'endurcissement des plantes fourragères. Les travaux de recherche réalisés au Québec ont démontré qu'une accumulation d'environ 100 degrés-froid offrait des conditions optimales pour l'endurcissement. Le Bas-Saint-Laurent et la Gaspésie sont les régions au Québec qui ont la plus grande accumulation de degrés-froid au cours de la période d'endurcissement.

Les plantes pérennes s'endurcissent moins bien sous des conditions excessives d'humidité du sol. Puisque l'évapotranspiration est faible à l'automne, l'humidité du sol est étroitement reliée aux précipitations sous forme de pluie. Les précipitations journalières durant la phase d'endurcissement sont utilisées pour évaluer les conditions excessives d'humidité du sol au cours de la période d'endurcissement.

Indices associés à la période de froid

Les plantes fourragères pérennes, même si elles ont développé une tolérance maximale au froid, peuvent être affectées si les températures descendent sous leur limite de tolérance. Les recherches effectuées sur la luzerne ont démontré qu'elle pouvait tolérer des températures jusqu'à -15 °C pour plusieurs jours. Toutefois, la température de l'air au Québec peut descendre jusqu'à -44 °C . La survie à l'hiver des plantes fourragères dépend donc de la protection des racines et du collet par une couverture de neige adéquate (Fig. 1d). Le risque associé avec la présence de températures létales ($< -15\text{ °C}$) en absence d'une couverture de neige a été évalué par la différence entre le nombre de jours avec une couverture de neige d'au moins 10 cm et la longueur de la période froide (période entre le premier et dernier événement d'une température $< -15\text{ °C}$).

L'exposition à des températures au-dessus de 0 °C au cours de l'hiver entraîne une perte graduelle de l'endurcissement et augmente la susceptibilité des plantes aux températures froides subséquentes (Fig. 1c). L'accumulation journalière de degrés-jours ($T > 0\text{ °C}$) au cours de la période froide a été utilisée pour exprimer la perte potentielle d'endurcissement. Les pluies hivernales peuvent causer la formation de couches de glace en surface, lesquelles peuvent entraîner l'anoxie et des dommages physiques au système racinaire. De plus, la glace peut occasionner une plus grande pénétration du gel. Les précipitations journalières sous forme de pluie au cours de la période froide sont donc utilisées pour évaluer les risques de formation de couches de glace.

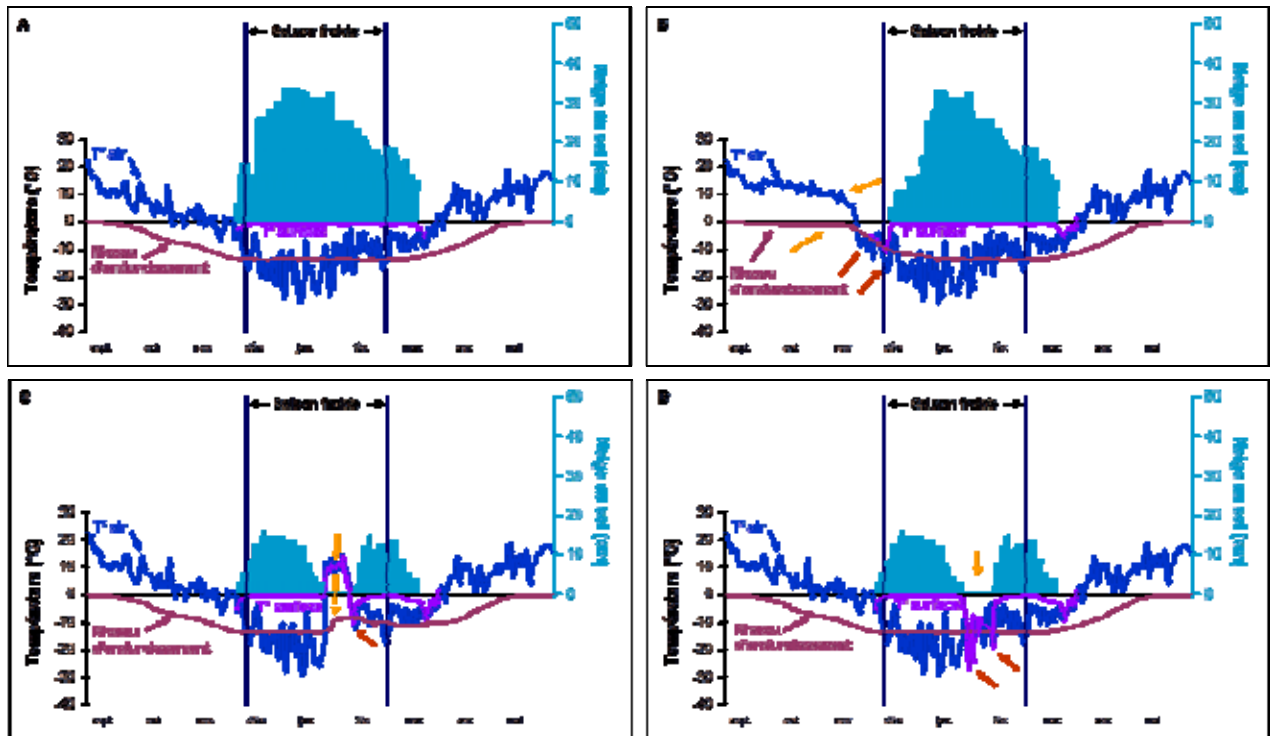


Figure 1. Différents scénarios illustrant : A) des conditions idéales; B) des températures élevées à l’automne empêchant l’endurcissement; C) des températures au-dessus du point de congélation pendant l’hiver entraînant une perte d’endurcissement; D) un manque d’isolation par la neige.

ARBRES FRUITIERS

Indices associés à l’endurcissement au froid à l’automne

La diminution de la photopériode au cours de l’automne initie l’entrée en dormance des arbres fruitiers et la diminution de la température permet de compléter le processus d’endurcissement aux basses températures. L’endurcissement peut être inadéquat si une première gelée mortelle intervient trop rapidement après la cessation de la croissance. La photopériode au jour de la première gelée automnale est utilisée pour décrire la sévérité des conditions; une photopériode courte au jour du premier gel indique une longue période entre la cessation de croissance et le premier gel et donc, des conditions favorables d’endurcissement.

Indices associés à la période de froid

L’accumulation de degrés-froid ($T < -15\text{ °C}$) est utilisée pour exprimer la menace associée à l’intensité et la durée de températures létales; cette accumulation réfère au processus de tolérance au froid par gel extracellulaire présent chez les plantes fourragères et les arbres fruitiers. La distribution nordique des arbres fruitiers est limitée par la température minimale annuelle; cette température minimale est un indice de la capacité de la plante à tolérer le froid par surfusion profonde.

La possibilité de perte d'endurcissement au cours de l'hiver existe également chez les arbres fruitiers. Comme pour les plantes fourragères, nous avons calculé un indice décrivant ce phénomène. Pour les arbres fruitiers, ce risque de perte d'endurcissement est calculé en cumulant les degrés-jours ($T > 0\text{ °C}$) du 1^{er} janvier au dernier évènement de -15 °C .

Risques associés au dernier gel printanier

Le développement des bourgeons au printemps est associé à une vulnérabilité croissante aux gelées tardives. Pour exprimer le risque de dommages aux bourgeons par une gelée tardive, un indice du cumul des degrés-jours ($T > 5\text{ °C}$) du 1^{er} janvier au dernier évènement d'une température inférieure à 0 °C a été calculé. Les risques de dommages aux bourgeons par une gelée tardive diminuent avec une diminution du cumul de degré-jours.

UTILISATION DES INDICES

Ces indices climatiques permettent de mieux estimer les risques de mortalité hivernale et d'aider à la prise de décision quant à l'implantation de cultures pérennes en lien avec leur potentiel de survie hivernale dans une région donnée. Plus récemment, ces indices ont été utilisés pour prédire l'impact des changements climatiques prévus sur les risques de dommages hivernaux aux plantes fourragères pérennes (Bélangier *et al.*, 2002) et aux arbres fruitiers (Rochette *et al.*, 2004).

RÉFÉRENCES

- Bélangier, G., P. Rochette, Y. Castonguay, A. Bootsma, D. Mongrain, et A.J. Ryan. 2002. *Climate change and winter survival of perennial crops in eastern Canada*. Agron. J. 94: 1120-1130.
- Rochette, P., G. Bélangier, Y. Castonguay, A. Bootsma et D. Mongrain. 2004. *Climate change and winter damage to fruit trees in eastern Canada*. Can. J. Plant Sci. 84: 1113-1125.
- Rochette, P. et P.-A. Dubé. 1993a. *Zonage du risque agroclimatique durant la saison froide au Québec méridional : I – Froid hivernal*. Clim. Bull. 27(2) :45-62.
- Rochette, P. et P.-A. Dubé. 1993b. *Zonage du risque agroclimatique durant la saison froide au Québec méridional : II – Endurcissement, déchaussement et prise des racines dans la glace*. Clim. Bull. 27(3) :96-116.



Agriculture et
Agroalimentaire Canada

Agriculture and
Agri-Food Canada



Indices climatiques associés aux risques de dommages hivernaux aux plantes agricoles pérennes

Gilles Bélanger et Yves Castonguay

Centre de recherche et développement sur les sols et les grandes cultures
Agriculture et Agroalimentaire Canada

Canada

Plan

- Plantes pérennes et leurs mécanismes de survie hivernale
- Plantes fourragères pérennes
 - Description des indices et exemples
- Arbres fruitiers
 - Description des indices et exemples



Plantes agricoles pérennes

- 1 million ha au Québec
- Plusieurs espèces
 - Plantes fourragères
 - Arbres fruitiers
 - Petits fruits
- Survie hivernale dépend de conditions climatiques favorables



Plantes fourragères

- Parties pérennes de la plante (collet, racines) situées sous ou près de la surface du sol
- Croissance s'arrête à l'automne avec la diminution de la température



Plantes fourragères



- Tolérance au froid
 - Formation de glace dans les espaces extracellulaires
 - Migration de l'eau vers l'extérieur de la cellule
 - Diminution des risques de gel à l'intérieur de la cellule
 - Risque de dessèchement de la cellule

Arbres fruitiers



- Parties pérennes de la plante, sauf racines, situées au-dessus de la surface du sol
- Croissance s'arrête à l'automne avec la diminution de la photopériode

Arbres fruitiers



- Tolérance au froid
 - Processus de gel extracellulaire
 - Surfusion
 - Tolérance à des températures beaucoup plus basses

Indices climatiques

Risques de dommages hivernaux

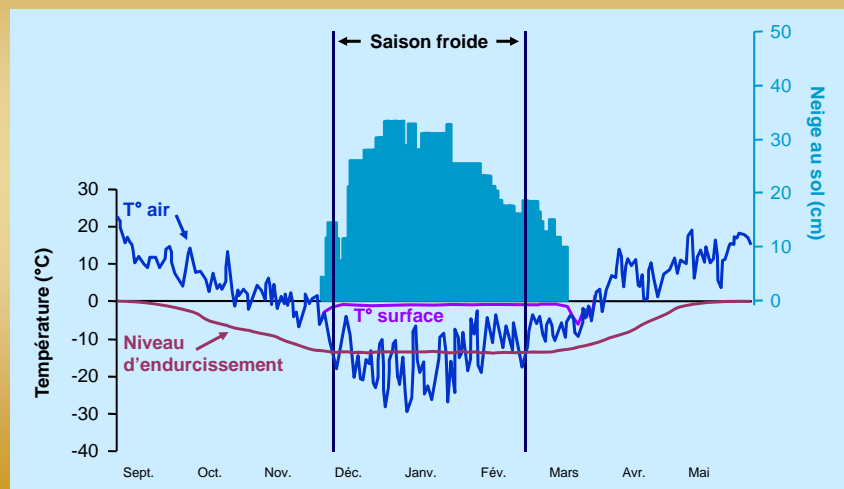
- Premiers indices en 1993 (Rochette et Dubé)
- Révision des indices dans le cadre d'une étude sur l'impact des changements climatiques
- Plantes fourragères (Bélanger et coll., 2002)
 - Luzerne comme plante modèle
- Arbres fruitiers (Rochette et coll., 2004)
 - Pommier comme plante modèle

Hiver - Plantes fourragères

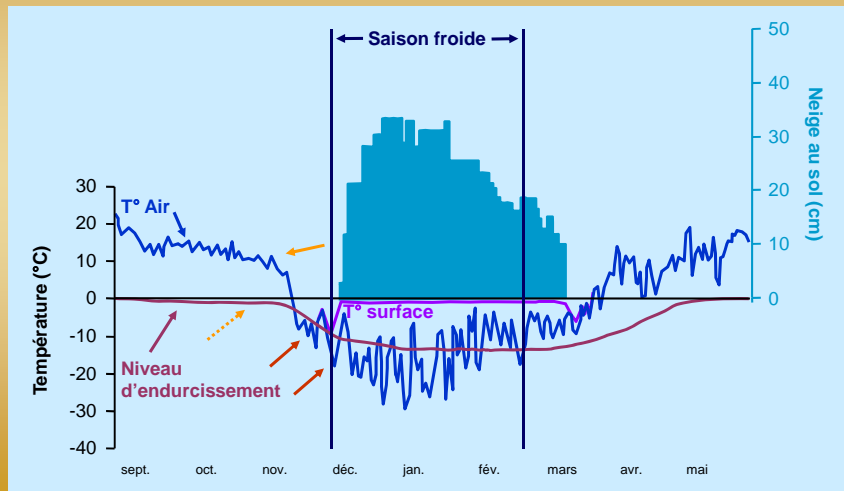
- Période d'endurcissement
- Période de froid



Scénario idéal : plantes fourragères



Mauvais endurcissement automnal



Indices climatiques : plantes fourragères

- **Endurcissement** : acquisition à l'automne
 - Des températures fraîches (< 5 °C) favorisent le stockage d'assimilats dans les racines => *meilleur endurcissement*

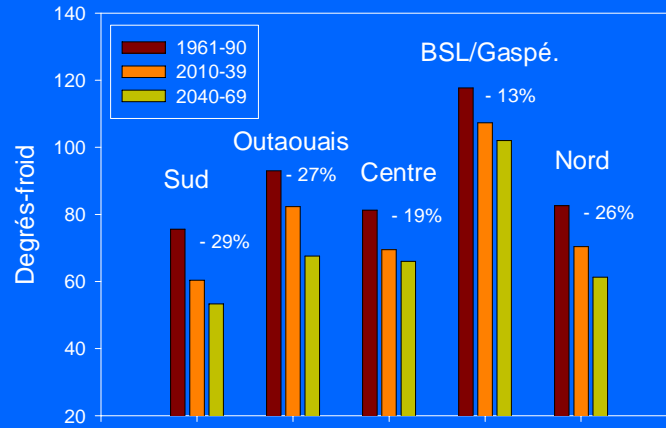
Indice = degrés-froids < 5 °C

- Des sols gorgés d'eau ont un effet négatif sur l'endurcissement => *endurcissement inadéquat*

Indice = pluies

Automne - Plantes fourragères

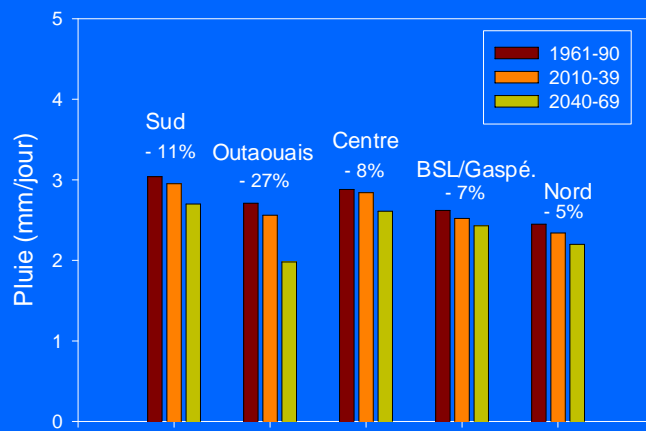
Moins de degrés-froid - endurcissement moins favorable



Bélanger *et al.*, 2002

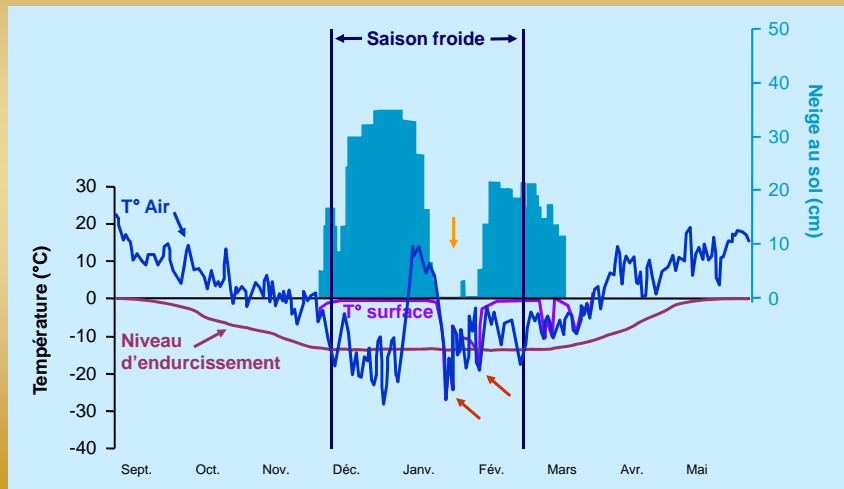
Automne - Plantes fourragères

Moins de pluie - meilleur endurcissement



Bélanger *et al.*, 2002

Couverture de neige insuffisante

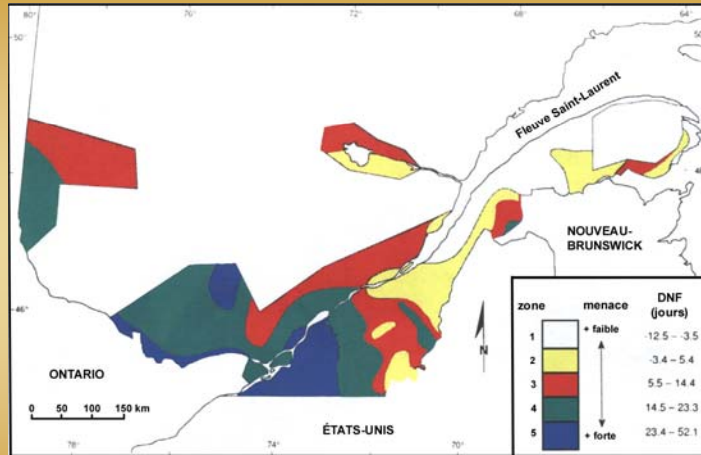


Indices climatiques : plantes fourragères

- L'exposition à des températures $< -15\text{ °C}$ tue les tissus végétaux
- Un couvert de neige $> 10\text{ cm}$ protège les racines et le collet

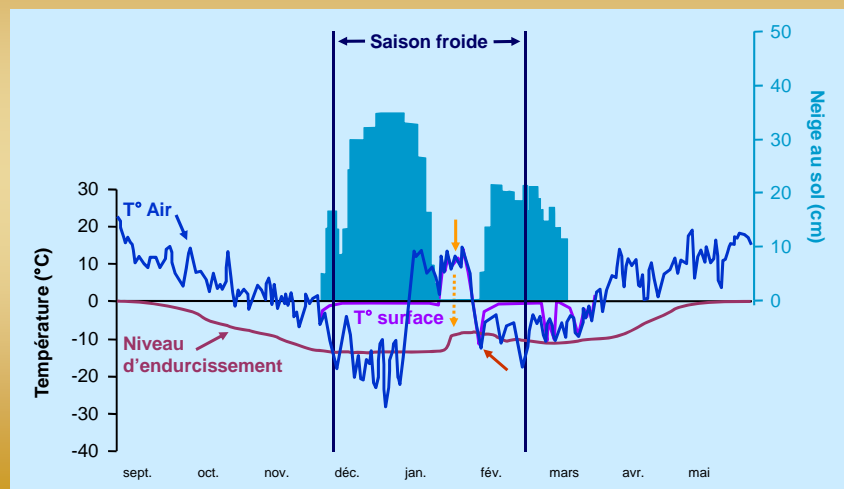
Indice = Différence entre période froide et jours d'enneigement

Carte de risques pour les herbacées vivaces



Plus de dommages observés dans les régions à faible accumulation de neige... même si les températures hivernales y sont plus élevées (Rochette et Dubé, 1993).

Perte d'endurcissement



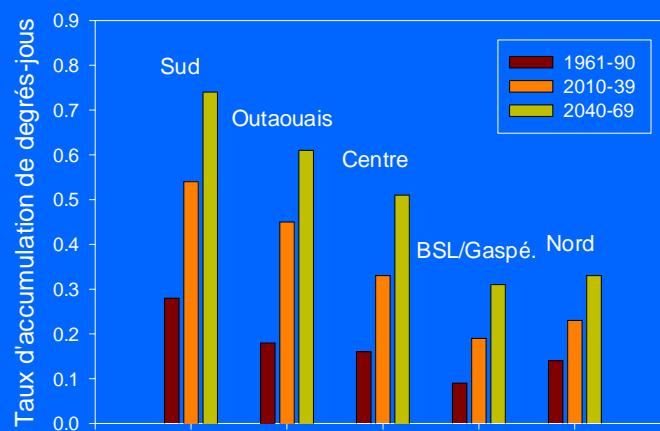
Indices climatiques : plantes fourragères

- **Endurcissement** : maintien en hiver
 - Les plantes herbacées perdent leur tolérance au froid à des températures $> 0\text{ }^{\circ}\text{C}$

Indice = degrés-jours $> 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ durant la saison froide

Hiver - Plantes fourragères

Hivers plus doux et perte d'endurcissement



Bélanger *et al.*, 2002

Indices climatiques : plantes fourragères

- L'eau à la surface du sol peut endommager les racines

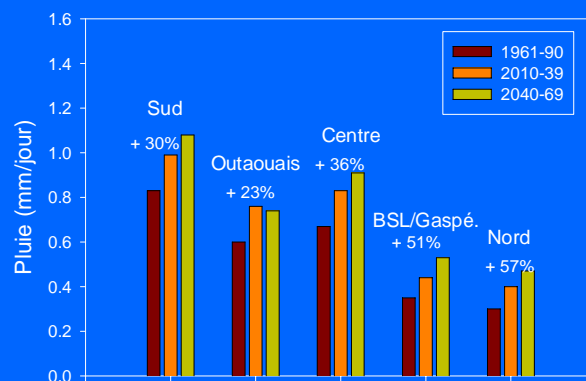
- Englacement
- Déchaussement
- Étouffement
- Conduction du froid



Indice = pluie durant la saison froide

Hiver - Plantes fourragères

Hivers plus doux et plus de pluie



Bélanger *et al.*, 2002

Hiver – Plantes fourragères

♣ Automne : endurcissement

- ♣ degrés-froid d'endurcissement ($T < 5\text{ °C}$)
- ♣ pluie

♣ Hiver

- ♣ protection par la neige
- ♣ perte d'endurcissement ($T > 0\text{ °C}$)
- ♣ pluie

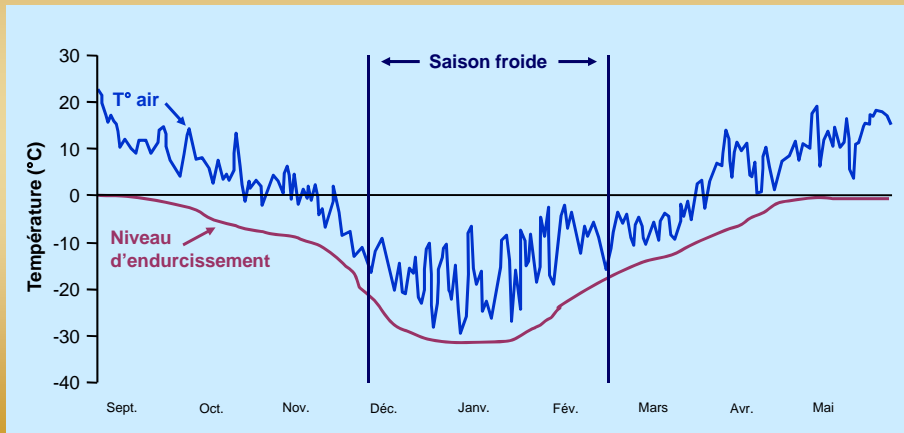


Arbres fruitiers

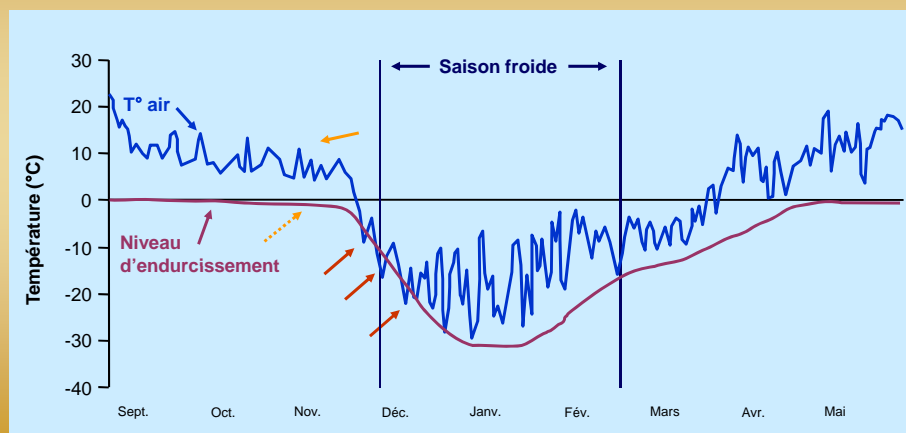
- Période d'endurcissement
- Période de froid
- Période de débourrement



Scénario idéal : arbres

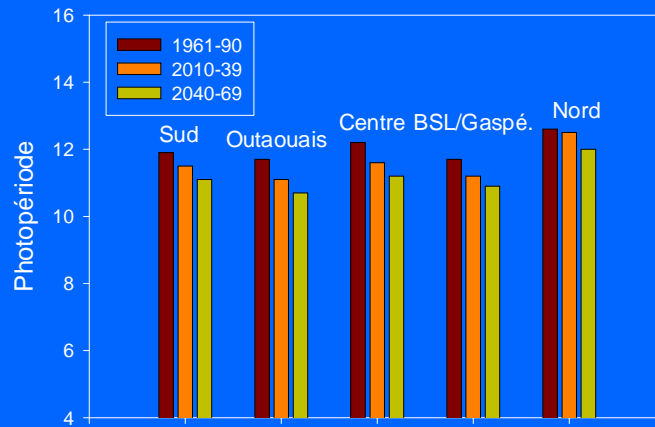


Mauvais endurcissement automnal



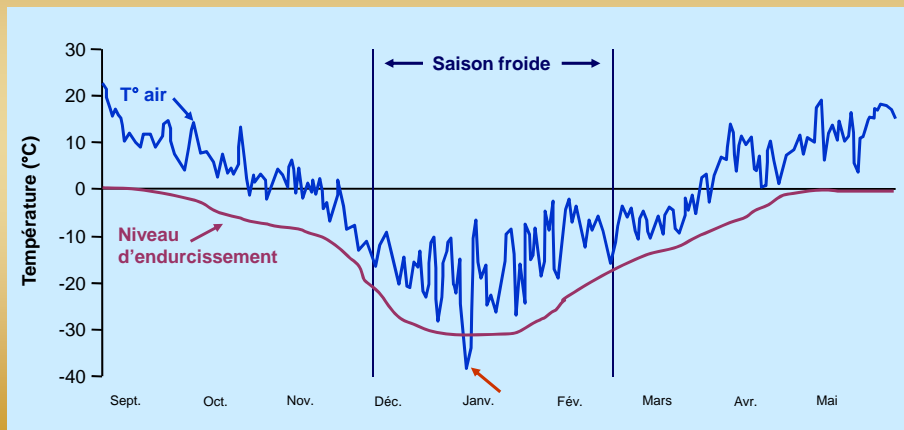
Automne - Arbres fruitiers

Plus courte photopériode au jour du premier gel = meilleur endurcissement



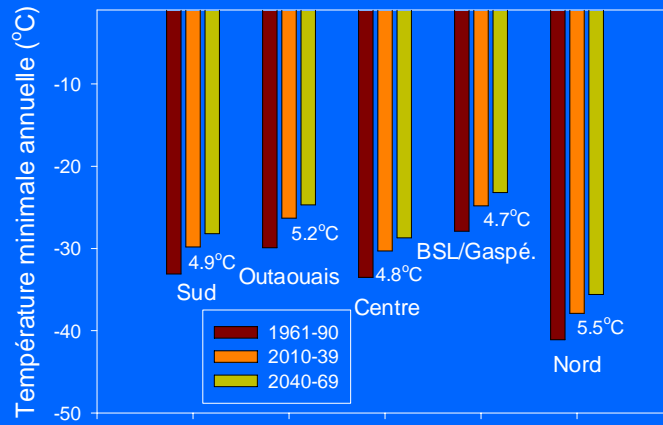
Rochette *et al.*, 2004

Froid extrême



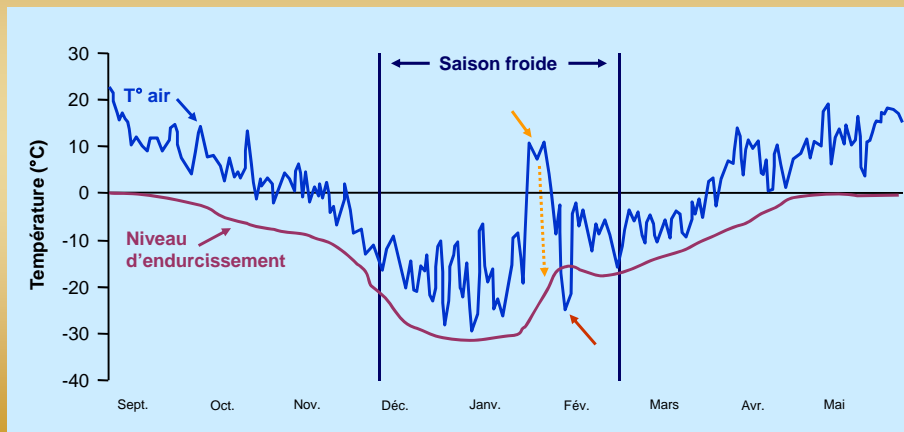
Hiver - Arbres fruitiers

Moins de froid intense

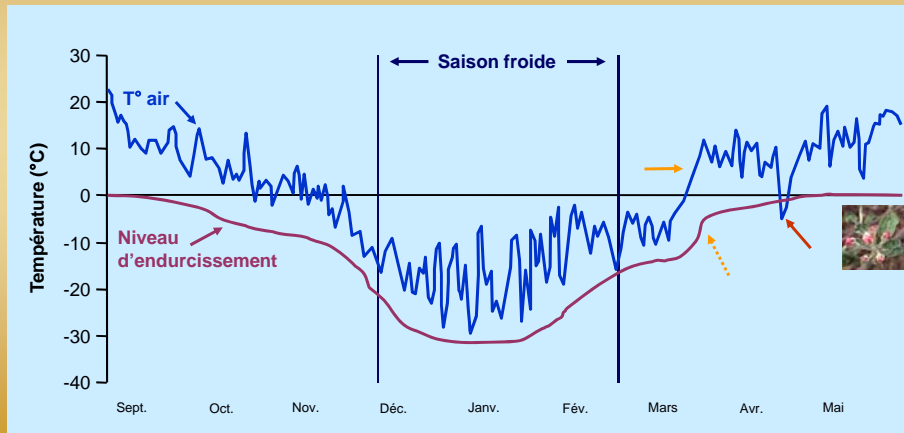


Rochette *et al.*, 2004

Perte d'endurcissement

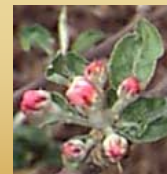


Gel printanier des bourgeons



Hiver – Arbres fruitiers

- ♣ Automne : endurcissement
 - ♣ photopériode au premier gel
- ♣ Hiver
 - ♣ température minimale annuelle
 - ♣ perte d'endurcissement ($T > 0\text{ °C}$)
- ♣ Printemps : débourrement
 - ♣ gel des bourgeons floraux



Conclusions

- Estimation des risques de dommages hivernaux
- Décisions sur le choix des cultures pérennes
- Impact des changements climatiques
- Atlas agroclimatique

