

LA CULTURE DU FRAMBOISIER REMONTANT *Rubus idaeus* L. SOUS GRANDS TUNNELS, UNE POSSIBILITÉ AU QUÉBEC ?



Présenté dans le cadre du cours
Séminaire en phytologie
PTT-15504

Par
Jonathan Roy

Conseiller : M. Yves Desjardins

Faculté des Sciences de l’Agriculture et de l’Alimentation
Université Laval

Le 18 avril 2008

LA CULTURE DU FRAMBOISIER REMONTANT *Rubus idaeus* L. SOUS GRANDS TUNNELS, UNE POSSIBILITÉ AU QUÉBEC ?

Par: Jonathan Roy

Sous la supervision de: Yves Desjardins

SOMMAIRE

La valeur des importations de framboises au Québec a considérablement augmenté au cours des dernières années. Les consommateurs désirent avoir accès à des framboises en toute saison en plus d'un désir croissant d'acheter localement. Le framboisier remontant peut offrir une production intéressante de fruits à l'automne sous conduite commerciale si la durée de la saison de végétation est suffisamment longue. Au Québec, la saison végétative est trop courte pour contribuer à un rendement intéressant. Les grands tunnels permettent d'allonger la période végétative. L'hypothèse à vérifier est la suivante : « La culture sous grands tunnels de framboisiers remontants permet de rencontrer les exigences physiologiques des plants ainsi que de surmonter les limitations environnementales du climat québécois ». Le framboisier remontant exige une longue saison de végétation pour produire abondamment des fruits matures; les grands tunnels permettent d'allonger la période végétative de plus de 50 jours. La date de la première récolte peut être hâtée avec une augmentation de la température (jusqu'à un maximum de 22°C); les grands tunnels permettent d'augmenter la température et de la contrôler par le déroulage et le relevage du recouvrement. Toutes les feuilles saines et pleinement déployées sur la tige de première année ont le même potentiel photosynthétique; le recouvrement des grands tunnels permet d'augmenter la proportion de lumière diffuse par rapport à la lumière directe donc contribue à une meilleure pénétration du rayonnement solaire à l'intérieur du couvert végétal. La forte exigence en eau du framboisier peut être facilement contrôlée à l'aide du système d'irrigation goutte-à-goutte présent sous les tunnels. De plus, les framboisiers sont très sensibles aux vents et le recouvrement des grands tunnels permet de diminuer la vitesse du vent. Il est donc possible théoriquement de répondre aux exigences du framboisier remontant à l'aide des grands tunnels. Cependant, plusieurs interrogations demeurent face à ce mode de production sous notre climat nordique.

TABLE DES MATIÈRES

SOMMAIRE	ii
TABLE DES MATIÈRES	iii
LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES	iv
REMERCIEMENTS	v
INTRODUCTION	1
DÉVELOPPEMENT	2
1. Les caractères généraux du framboisier remontant.	2
1.1 Historique et statistiques de la culture de la framboise.....	2
1.2 Botanique et morphologie.....	4
1.3 Stades phénologiques et cycle de croissance	8
1.4 Physiologie, composantes du rendement et limitations environnementales..	10
1.5 Variétés	14
2. Les caractéristiques des grands tunnels	15
2.1 Qu'est-ce qu'un grand tunnel ?.....	15
2.2 Types de grands tunnels.....	16
2.3 Climat sous les grands tunnels.....	18
2.4 Bénéfices et inconvénients des grands tunnels	19
3. La faisabilité de ce mode de production	20
3.1 Conditions favorisant la culture du framboisier sous grands tunnels	20
3.2 Aperçu des coûts et revenus.....	22
CONCLUSION	23
BIBLIOGRAPHIE	24

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

Tableau I	Description sommaire des variétés de framboisiers remontants disponibles au Québec.....	14
Tableau II	Comparatif entre grands tunnels et serres.....	15
Tableau III	Les exigences du framboisier remontant versus l'apport du grand tunnel.	21
Tableau IV	Aperçu des profits théoriques pour les trois premières années de production de framboisiers remontants sous grands tunnels de 1,3 hectares.....	22
Fig. 1	— Valeur des exportations et des importations de framboise fraîche et transformée au Québec de 2003 à 2006 en milliers de \$.....	3
Fig. 2	— Classification botanique de <i>Rubus idaeus</i> L.....	4
Fig. 3	— Morphologie du framboisier.....	5
Fig. 4	— Cycle de production du framboisier non remontant.....	6
Fig. 5	— Cycle de production du framboisier remontant.....	7
Fig. 6	— Taille pour « conduite commerciale ».....	7
Fig. 7	— Le cycle de croissance du framboisier remontant.....	8
Fig. 8	— Les stades phénologiques du framboisier.....	9
Fig. 9	— Effet de la température sur le taux de développement des framboisiers	11
Fig. 10	— Effet de la température sur le poids de matière sèche de la variété « Autumn Bliss ».....	12
Fig. 11	— Type Monorang.....	16
Fig. 12	— Type Casado.....	16
Fig. 13	— Type Barre.....	16
Fig. 14	— Type Filclair.....	16
Fig. 15	— Type Graffoulière.....	16
Fig. 16	— Type simple de forme en pic.....	17
Fig. 17	— Type en multi-chapelles de forme Quonset (arrondie).....	17

REMERCIEMENTS

Plusieurs personnes ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce séminaire qui marque l'aboutissement de mes études au baccalauréat en agronomie. Je tiens à les remercier tous sincèrement.

À mon superviseur, Yves Desjardins, pour les judicieux conseils et commentaires tout au long de la session.

À André Carrier et Luc Urbain, pour les photos et les pertinents commentaires et suggestions. On forme une belle équipe !

À Jean-Pierre Privé, pour avoir su répondre avec entrain à mes interrogations et pour les documents postés.

Au comité de direction de la Direction régionale de la Chaudière-Appalaches du MAPAQ, Angèle Bilodeau, Renée Caron, Étienne Pouliot et, depuis plus récemment, Pierre Lemay et Robert Beaulieu, pour leur appui dans mon projet un peu fou d'obtenir un baccalauréat tout en travaillant.

À Guy-Anne Landry, pour les échanges de documents. Une belle entraide!

À Sylvie Boily, pour la révision linguistique.

À Nancy Drolet, pour l'aide à la recherche des références bibliographiques.

À tous mes collègues pour avoir accepté de prendre le relais lorsque je devais m'absenter du bureau pour être présent à l'université.

À ma conjointe, Isabelle, pour l'aide à la transcription.

INTRODUCTION

La valeur des importations de framboises au Québec a augmenté de plus de 100 % entre 2003 et 2006. En 2006, le solde commercial négatif se chiffrait à près de 12 millions \$ (MAPAQ, 2008). La demande pour ce petit fruit est en augmentation constante, les consommateurs désirent avoir accès à des framboises en toute saison en plus d'un désir croissant d'acheter localement. Il y a donc un intérêt à produire hors de la saison normale de production qui se situe de juillet à la mi-août. Le framboisier remontant pourrait être une avenue intéressante. Il possède la faculté de produire des fruits sur la tige de première année, en septembre et octobre, si la longueur de la saison de végétation est suffisante. De plus, la qualité de ses fruits, les rendements probables et la régie facilitée notamment par une fauche au ras du sol, suite à la saison de production, sont d'autres facteurs intéressants.

Les grands tunnels, quant à eux, nous permettent d'allonger la période de végétation avec des coûts moindres à ceux des serres. Le microclimat, sous grands tunnels, nous permet d'envisager une diminution de l'incidence des maladies fongiques, une récolte facilitée ainsi qu'une augmentation des rendements et de la qualité des fruits. Les grands tunnels offrent aussi une protection contre la pluie et le vent ainsi que contre les extrêmes climatiques, un environnement propice à la lutte biologique et une possibilité pour la production hors saison.

L'hypothèse proposée est la suivante : « La culture sous grands tunnels de framboisiers remontants permet de rencontrer les exigences physiologiques des plants ainsi que de surmonter les limitations environnementales du climat québécois ». Afin de confirmer cette hypothèse, ou du moins en confirmer une partie, j'élaborerai sur les caractères généraux du framboisier pour ensuite approfondir ceux du framboisier remontant. En deuxième lieu, j'aborderai les caractéristiques des grands tunnels et du microclimat qu'on y retrouve pour finalement terminer en vérifiant la faisabilité théorique de ce mode de production.

Afin de valider cette hypothèse, j'ai procédé à une cueillette d'information basée principalement sur une recherche bibliographique d'articles scientifiques parus dans des publications reconnues, de thèses de doctorat, de rapports du cours « sujets spéciaux » ainsi que de documents de vulgarisation tels que cahiers de conférences, notes de cours, livres, revues et journaux spécialisés. De plus, puisque ce mode de production est à l'essai depuis peu sous les conditions climatiques québécoises, j'ai communiqué avec des professeurs, chercheurs, conseillers et étudiants afin de valider les informations et recueillir leurs points de vue.

DÉVELOPPEMENT

1. Les caractères généraux du framboisier remontant.

1.1 Historique et statistiques de la culture de la framboise

Selon Edin et *al.* (1999), le framboisier est une plante des régions tempérées et froides. Cette espèce relativement homogène a été nommée *Rubus idaeus* par Carl von Linné, botaniste suédois du XVIII^e siècle en souvenir de Pline l’Ancien.

Le sang de la nymphe légendaire (tiré de Edin et *al.*, 1999)

Selon la légende, la framboise des origines était blanche. La nymphe Ida, fille du roi de Crète, nourrice de Zeus, voulut un jour cueillir des framboises pour apaiser la faim de son protégé olympien. Mais elle s'égratigna le sein aux épines de l'arbuste, et depuis ce jour, les framboises prirent la couleur du sang. Pline, dans son histoire naturelle, affirme que cette ronce ne pousse que sur le mont Ida en Crète, ce qui amena les botanistes à baptiser la framboise *Rubus idaeus*...

La présence de graines dans des fouilles du néolithique prouve que la framboise était consommée dès la plus haute Antiquité. Les Grecs et les Romains ne la cultivaient pas mais en cueillaient les fruits pour un usage médicinal. Au Moyen-âge, les moines en ont développé la culture et celle-ci prit de l'importance aux XVII^e et XVIII^e siècles. À cette époque, la framboise semblait surtout destinée à la fabrication de boissons et de médicaments et à l'extraction des parfums.

Sur le continent américain, on trouve la trace des premières framboises cultivées en 1771 où quatre variétés étaient proposées à la vente dans un catalogue de l'État de New-York.

Actuellement, la framboise est cultivée principalement en Europe et en Amérique, mais on la retrouve aussi en Australie, en Nouvelle-Zélande ainsi qu'au Japon. En 2002, la Russie occupait le premier rang des pays producteurs avec un volume de près de 100 000 tonnes soit 24% de la production mondiale. L'Ex-Yougoslavie et les États-Unis occupaient respectivement le 2^e et le 3^e rang. Le Canada occupait, quant à lui, le 8^e rang avec 13 000 tonnes de production totale. Depuis 1980, la production canadienne a doublé et la production étatsunienne a triplé (Caron et Laverdière, 2003).

La framboise est produite commercialement dans toutes les provinces canadiennes. Les principales provinces productives sont la Colombie-Britannique (83%), le Québec (10%) et l'Ontario (5%) (AAC, 2007).

En 2006, on retrouvait au Québec 593 entreprises productrices de framboises. La superficie en culture représentait 567 hectares dont 425 hectares en récolte en soustrayant les superficies non productives. La quantité commercialisée était de 828 tonnes de framboises fraîches et 23 tonnes pour le marché de la transformation pour des recettes totales en provenance du marché de 4,1 millions de dollars. Pour cette même année, la valeur des exportations de framboises au Québec était de 194 000 \$ tandis que la valeur des importations se situait autour de 12 millions \$. Le solde commercial est donc grandement négatif (MAPAQ, 2008).

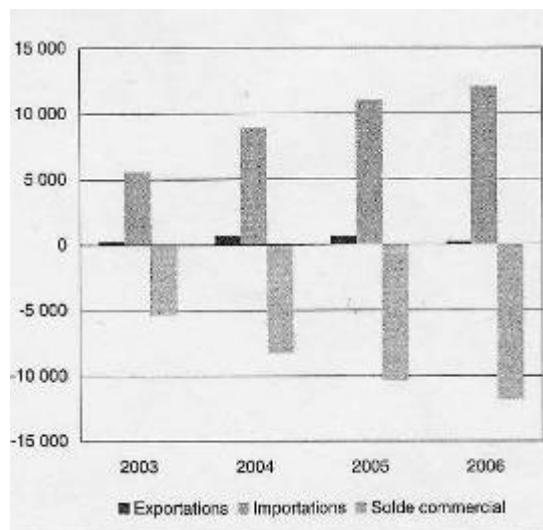


Fig. 1 — Valeur des exportations et des importations de framboise fraîche et transformée au Québec de 2003 à 2006 en milliers de \$ (MAPAQ, 2008).

1.2 Botanique et morphologie

L'ordre des Rosiflores est constitué par la famille des Rosacées, d'où on retrouve le genre *Rubus*, et par la famille des Saxifragacées, d'où on retrouve le genre *Ribes* qui comprend toutes les espèces de groseilliers. Sous le genre *Rubus*, on retrouve le sous-genre *Rubus ideobatus* qui comprend notre framboisier, *Rubus idaeus*. Le framboisier est une espèce diploïde ($2n = 14$).

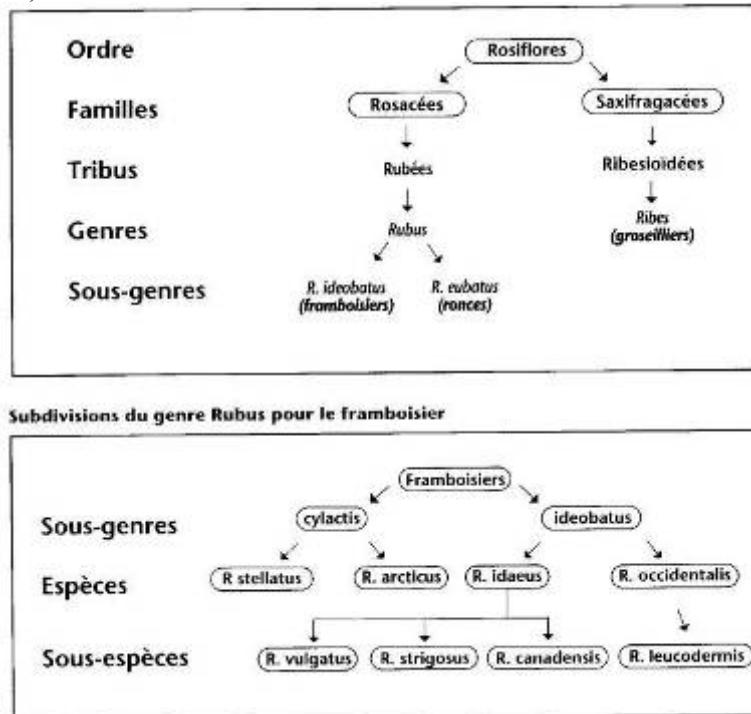
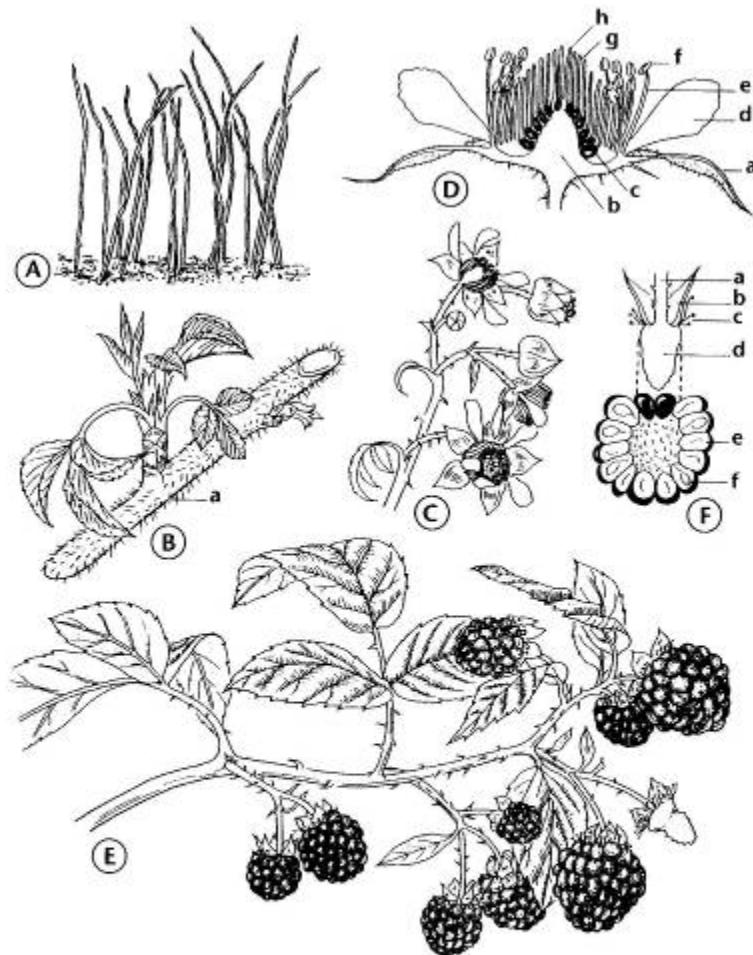


Fig. 2 — Classification botanique de *Rubus idaeus* L. (Edin et al., 1999).

Au sens strict, un framboisier est caractérisé par (Desjardins, 2007) :

- une végétation pérenne;
- une croissance déterminée;
- un système aérien biennal sans cesse renouvelé;
- une multiplication naturelle par drageonnement à partir de bourgeons nouvellement formés sur la partie superficielle du système racinaire;
- une floraison abondante, sur rameaux axillaires appelés latérales fruitières, en cymes lâches, et très échelonnée dans le temps, ce caractère se répercute sur la maturité des fruits;
- un fruit blanc, jaune, orange, rouge, pourpre ou noir, composé de nombreuses drupéoles charnues, monospermes, portées sur un réceptacle fibreux, allongé ou arrondi, adhérant au calice et au pédoncule;
- une graine entourée d'un endocarpe très dur, c'est pourquoi la germination des graines est très difficile. Cet obstacle peut être levé naturellement par zoothorie ou artificiellement par scarification mécanique ou chimique. Le framboisier est une plante dont les racines et les couronnes sont vivaces mais les tiges sont bisannuelles.



- (A) Plant à l'état dormant
- (B) Latérale fruitière en début de croissance
 - (a) canne et épine
- (C) Inflorescence
- (D) Coupe longitudinale de la fleur
 - (a) sépale - (b) réceptacle - (c) ovaire - (d) pétales -
 - (e) filet - (f) anthère - (g) style - (h) stigmate
- (E) Latérale fruitière
- (F) Coupe longitudinale du fruit
 - (a) pédoncule - (b) calice - (c) anthère desséchées -
 - (d) réceptacle - (e) drupéoles - (f) graine

Fig. 3 — Morphologie du framboisier (tiré de Edin et al., 1999).

On classe les framboisiers en deux groupes en fonction de leur type de fructification : le framboisier non remontant aussi appelé framboisier conventionnel ou traditionnel et le framboisier remontant aussi appelé framboisier d'automne ou à deux saisons. En anglais, on appelle ce dernier « primocane fruiting raspberry ».

Chez le framboisier non remontant, le cycle aérien et productif est biennal. La première année, on assiste à la croissance des pousses herbacées aussi appelées drageons, turions, cannes ou « primocanes » en anglais. L'initiation florale s'effectue pendant les jours courts de la fin de l'été et de l'automne. Les bourgeons demeurent dormants durant

l'hiver. Au printemps suivant, les bourgeons se développent pour donner des rameaux florifères horizontaux constitués d'une dizaine d'entre-nœuds. Les fleurs apparaissent d'abord à l'extrémité des rameaux puis se différencient progressivement jusqu'à la base. Les fruits mûrissent du début juillet à la mi-août. Puis, les cannes se dessèchent et meurent afin d'être remplacées par une nouvelle série de drageons.

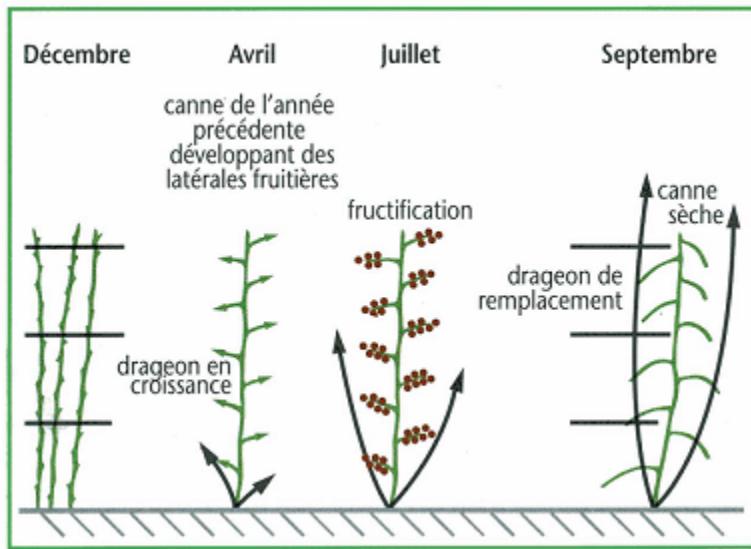


Fig. 4 — Cycle de production du framboisier non remontant (tiré de Edin et *al.*, 1999).

Le framboisier remontant est également bisannuel, mais la principale différence concerne sa capacité à produire des fruits dès la première année de sa croissance. Au printemps, un turion sort de terre et produit des rameaux florifères horizontaux qui fleuriront à partir de la fin de l'été, de haut en bas, tant que la température sera favorable. Les fruits mûrissent du début de l'automne jusqu'aux premières gelées. La plante donne une première récolte en juillet sur le turion de l'année précédente et une seconde récolte en septembre-octobre sur le turion de l'année en cours (Desjardins, 2007 et Edin et *al.*, 1999).

En production commerciale, la récolte de deuxième saison en juillet est peu intéressante puisque, même si les bourgeons restants réussissaient à survivre à la rigueur de nos hivers, les fruits de la partie inférieure des tiges sont très difficiles à récolter. De plus, la nouvelle génération de drageons rend la tâche encore plus ardue. La totalité de la végétation est coupée au ras du sol et seule la production d'automne sur les drageons de l'année est valorisée (Lareau, 2004). Dans les sections suivantes, nous traiterons de la production automnale du framboisier remontant.

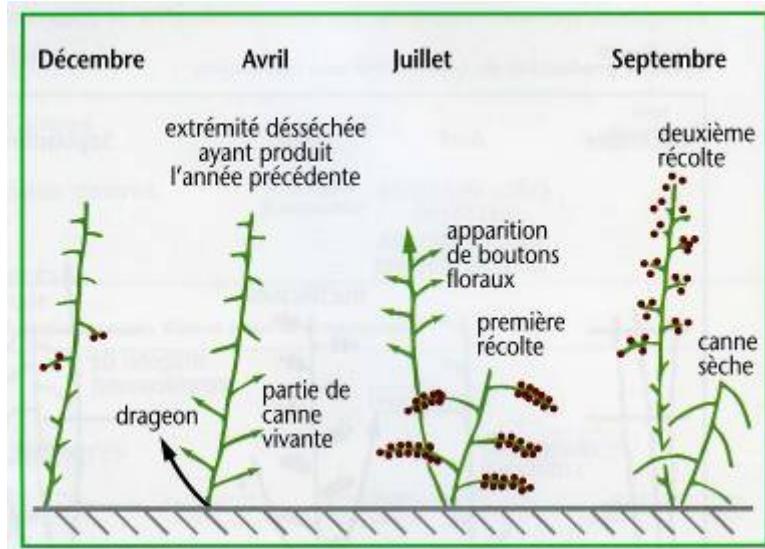


Fig. 5 — Cycle de production du framboisier remontant (tiré de Edin et al., 1999).

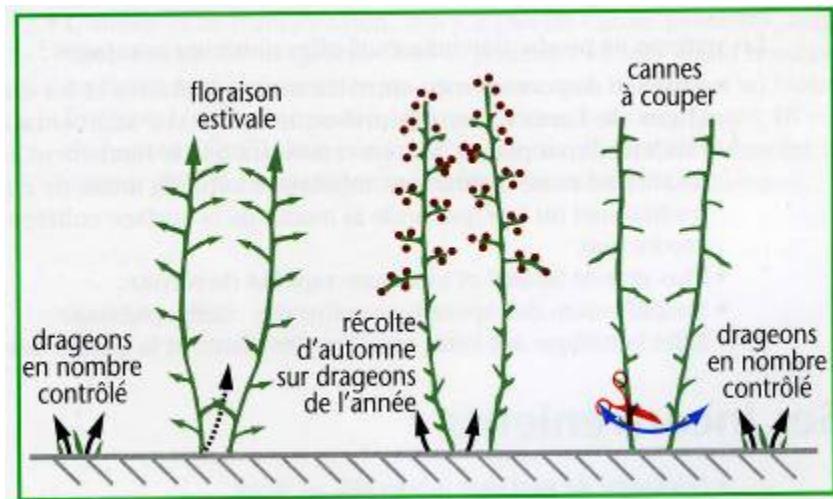


Fig. 6 — Taille pour « conduite commerciale » (tiré de Edin et al., 1999).

1.3 Stades phénologiques et cycle de croissance

Les drageons peuvent provenir de bourgeons adventifs situés sur les racines, de bourgeons basaux situés sur des cannes existantes ou de bourgeons axillaires disposés sur les cannes existantes sous le niveau du sol.

Les phases de croissance des cannes sont les suivants :

- initiation de bourgeons racinaires;
- croissance souterraine des drageons;
- émergence des drageons;
- élongation des pousses (l'initiation des feuilles, l'élongation des entre-nœuds et le développement des feuilles sont alors concurrentiels);
- arrêt de la croissance végétative et initiation florale;
- floraison;
- fructification;
- dessiccation et mort de la section de la canne.

La croissance des cannes du framboisier est sigmoïdale, c'est-à-dire que la croissance est lente en début de saison, elle s'accélère au milieu de l'été et ralentit en fin de saison (Carew et al., 2000).

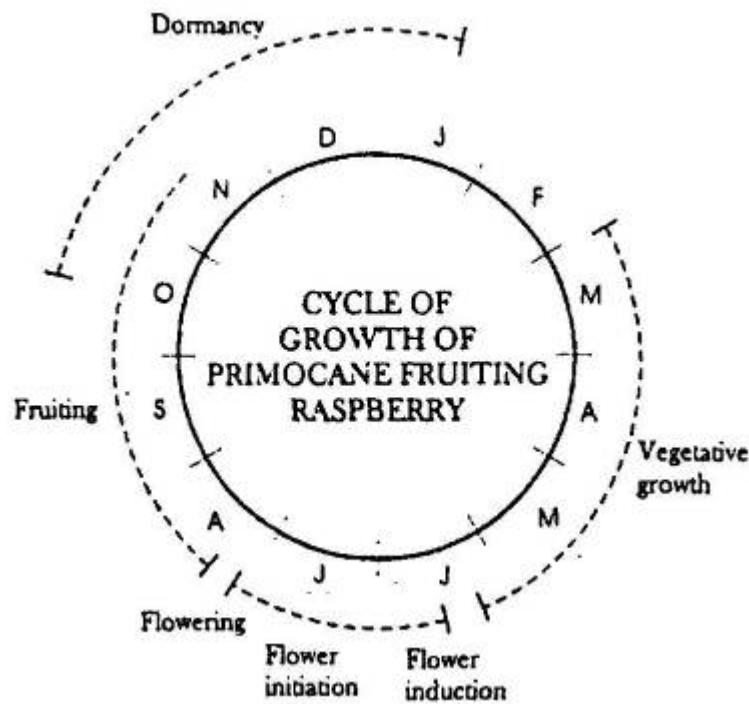


Fig. 7 — Le cycle de croissance du framboisier remontant (tiré de Carew et al., 2000).

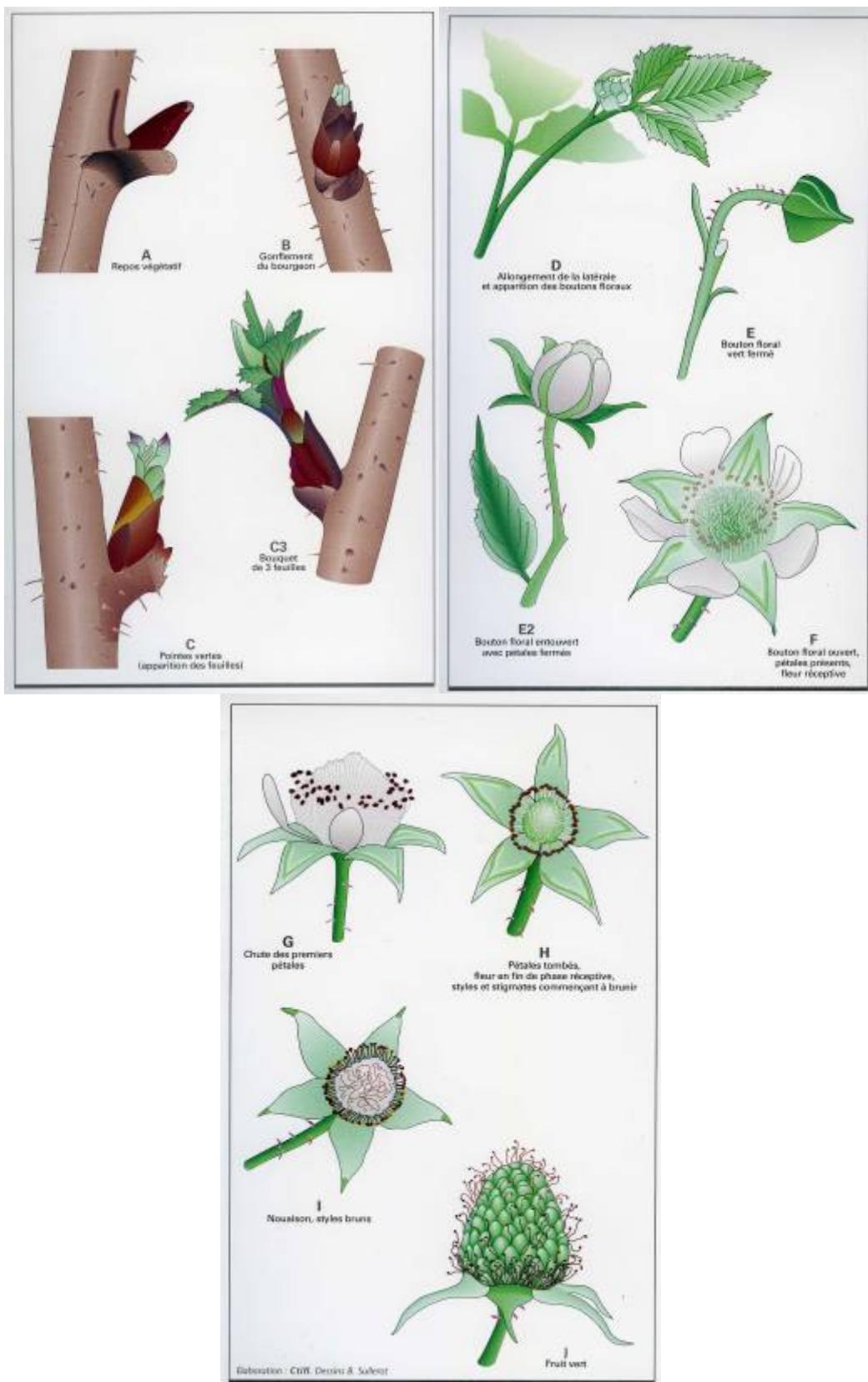


Fig. 8 — Les stades phénologiques du framboisier (tiré de Edin et al., 1999).

1.4 Physiologie, composantes du rendement et limitations environnementales

Au Québec, le framboisier remontant est peu cultivé en plein champ de manière commerciale puisque la saison de végétation est trop courte et plusieurs fruits n'atteignent pas leur maturité avant les gels automnaux (Duval, 2003). De plus, selon Jean-Pierre Privé, chercheur pour Agriculture et Agroalimentaire Canada (communication personnelle), cette production est quasi impossible en plein champ sans abris sous les climats nordiques de l'est du Canada.

Effectivement, les variables climatiques ont une grande influence sur les composantes du rendement végétatif et reproductif du framboisier remontant. La température du sol et la disponibilité de l'eau ont une très grande influence tandis que la photopériode, la radiation solaire et la température hors sol ont aussi une influence, mais moindre. La température du sol exerce sa plus grande influence au printemps en avril et en mai tandis que la disponibilité de l'eau exerce son influence tout au long de la saison de végétation. La température de l'air et le niveau de radiation solaire exercent la majeure partie de leur influence pendant la période de l'initiation florale et du développement, c'est-à-dire en juin et juillet tandis que la photopériode exerce sa plus grande influence entre juin et octobre. Le nombre de fruits, la grosseur et le rendement sont grandement influencés par les conditions climatiques (Privé et *al.*, 1993). De plus, la longueur de la saison de croissance est très importante (Hoover et *al.*, 1989).

Il a été démontré que la croissance des tiges de la variété « Autumn Bliss » est grandement influencée par la température de l'air; ainsi la température optimale serait de 22°C. Williams (1959) a démontré qu'à des températures élevées (24°C), la variété bisannuelle « Malling Promise » avait une croissance végétative vigoureuse. Cependant, à de basses températures (11°C), l'élongation des tiges est arrêtée à 1-2 cm de hauteur, suggérant une induction de la dormance. Il a également été démontré qu'aux températures de 11°C et 24°C, la photopériode n'avait aucune influence. Par contre, à des températures intermédiaires (17°C), la photopériode détermine la courbe de croissance des tiges. À une photopériode de 9 heures, les tiges cessaient leur croissance à 1-2 cm de hauteur de la même manière que les plants exposés à de basses températures (11°C) telles que mentionnées précédemment. Si la photopériode est augmentée à 14 heures, la croissance est alors similaire aux tiges exposées à de hautes températures (24°C).

Concernant la floraison, la température a un impact important sur celle-ci. Des essais effectués par Hoover et *al.* (1989) avec la variété « Autumn Bliss » ont démontré que la floraison est plus précoce à une température de 22°C qu'à une température de 13°C (110 jours comparativement à 160 jours). Au-dessus de 22°C, la floraison est retardée due à la sensibilité du framboisier à des températures élevées. L'initiation florale joue un rôle important dans la qualité des récoltes. La densité des bourgeons n'est que le reflet de la longueur des entre-nœuds. Elle est corrélée négativement avec la vigueur ou le diamètre de la canne. Le nombre de bourgeons floraux arrive à 2 mm de diamètre et la majorité des bourgeons floraux qui atteignent ce diamètre donnent un fruit. Seulement les tiges matures (plus de 20 nœuds) initient leur floraison à l'automne (Caron et Laverdière, 2003).

L'environnement influence la date de la récolte ainsi que le rendement en fruits. Dale (1986) a démontré que la quantité de fruits, de fleurs et de bourgeons produite en serre était supérieure à celle produite en plein champ. De plus, la température en début de saison influence le nombre et le poids des drupéoles par fruit (Dale et Danberry, 1985).

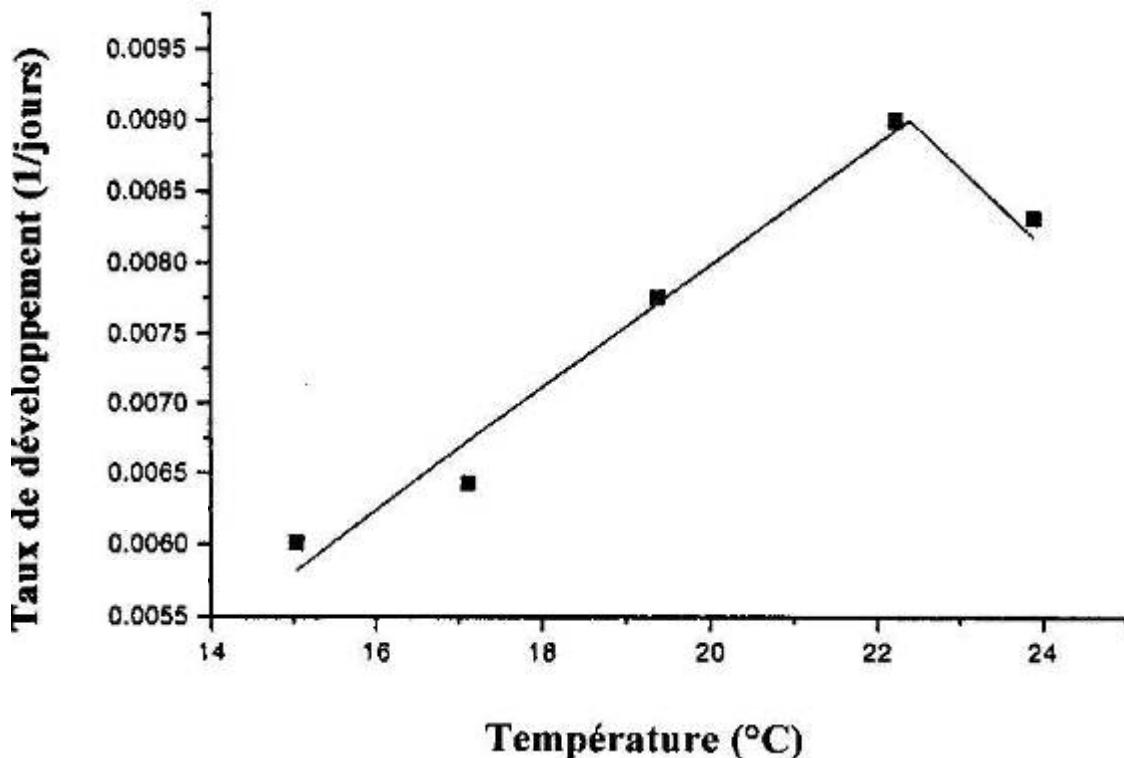


Fig. 9 — Effet de la température sur le taux de développement des framboisiers (tiré de Bélanger, 2007).

La température a donc un rôle important à jouer dans le développement du framboisier remontant. La date de la première récolte est de plus en plus hâtive à mesure que la température augmente et ce, jusqu'à un maximum de 22°C; au-delà de cette température, l'effet est négatif.

Il a été démontré que la première récolte de la variété « Autumn Bliss » exigeait une accumulation de 2300 degrés jour à une température de base de 1,7°C (Carew et al., 1999 cité dans Bélanger, 2007).

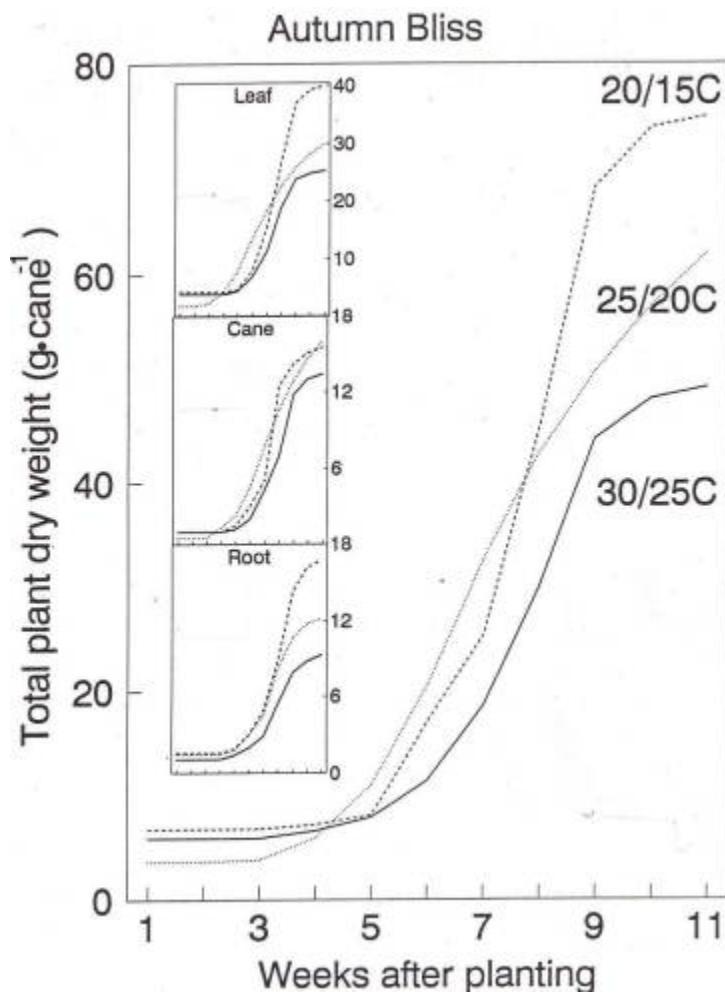


Fig. 10 — Effet de la température sur le poids de matière sèche de la variété « Autumn Bliss » (tiré de Privé, 1991).

Le niveau de radiation solaire a aussi son importance. Puisque toutes les feuilles saines pleinement déployées le long des tiges de première année ont le même potentiel photosynthétique, il est donc important d'obtenir une bonne interception de la lumière, de haut en bas du couvert végétal, afin d'optimiser la production de matière sèche chez le framboisier rouge remontant (Privé et al., 1997). La production de fruits s'effectue à partir du sommet des tiges où la majeure partie du rayonnement solaire est interceptée; les assimilas produits par la photosynthèse sont plus facilement et rapidement dirigés vers les fructifications (Palmer et al., 1987).

Les besoins en eau varient selon le stade végétatif de la plante, la surface foliaire, l'environnement et les variétés. En raison de son système radiculaire superficiel et de sa forte évapotranspiration, le framboisier a besoin d'un apport d'eau élevé régulier (Edin et al., 1999).

Le vent a également un effet sur la croissance végétative et reproductive ainsi que sur le rendement photosynthétique foliaire des framboisiers remontants. Privé et Allain (2000) ont démontré que les plants cultivés dans des endroits abrités portent une biomasse verte plus importante et des entrenœuds plus longs. De plus, deux années sur trois, leur surface foliaire et leur rendement étaient plus élevés. Les plantes abritées conservent une surface foliaire plus abondante et sont donc en mesure de fixer une plus grande quantité de carbone que les plantes poussant en plein vent. Les framboisiers abrités ont une charpente fructificatrice plus développée, accroissant d'autant les possibilités de rendement.

La disponibilité des éléments nutritifs tels que l'azote, le phosphore, le potassium, le magnésium, le bore, le fer, le manganèse et le zinc est aussi essentielle à l'obtention de rendements intéressants. L'aspect fertilisation ne sera pas abordé dans ce document.

Concernant la résistance au froid, cet aspect ne devrait pas être limitatif étant donné la fauche complète des tiges au ras du sol avant la saison de végétation. Il est par contre primordial d'implanter des variétés rustiques adaptées à notre climat nordique. Nous verrons les principales variétés disponibles au Québec à la section suivante.

Les plants de framboisiers ont une aptitude remarquable à compenser les changements des différentes composantes du rendement. Si une ou plusieurs de ces composantes sont affectées, d'autres augmenteront afin de minimiser l'impact global sur le rendement. Par exemple, si le nombre de bourgeons par canne diminue, les nœuds restants seront plus fructifères. Une baisse dans la densité du nombre de cannes entraînera la production de latérales plus longues, plus fructifères ainsi qu'une augmentation de la taille des fruits. Afin d'augmenter la production, le choix du site et du cultivar, l'espacement entre les rangs, la gestion du sol, l'irrigation, les systèmes d'occupation de l'espace, la taille, la phytoprotection, la fertilisation et les techniques de récolte sont parmi les plus importantes décisions d'exploitation (Edin et al., 1999).

1.5 Variétés

Ils existent de nombreuses variétés de framboisiers remontants cultivées dans le monde. Quelques variétés disponibles au Québec semblent plus prometteuses pour la production sous grands tunnels sous notre climat dont Autumn Bliss, Autumn Britten, Polana et Caroline.

Tableau I Description sommaire des variétés de framboisiers remontants disponibles au Québec (adapté de Edin et *al.*, 1999, Lareau, 2004, Urbain, 2004 et www.lareault.com).

VARIÉTÉ	ORIGINE	DÉBUT RÉCOLTE ¹	RENDEMENT POTENTIEL	CALIBRE DU FRUIT	SAVEUR DU FRUIT	POINTS FORTS	POINTS FAIBLES
Pathfinder	---	25 juillet	Très élevé	Moyen	Bonne	Production hâtive. Bonne fermeté du fruit.	Tiges courtes. Sensible au tétranyque à deux points et à la rouille jaune.
Autumn Bliss	Angleterre	25 août	Élevé	Gros	Très bonne	Hâtivité. Gros fruit avec de larges drupes.	Fruit mou avec faible cohésion. Sensible au virus du nanisme buissonnant.
Autumn Britten	Angleterre	25 août	Moyen-Élevé	Gros	Moyen	Hâtivité. Belle qualité de fruit.	Fruit difficile à récolter.
Polana	Pologne	25 août	Moyen-Élevé	Moyen	Bonne	Hâtivité. Bon rendement. Fruit de bonne qualité.	Fruit difficile à récolter.
Caroline	États-Unis	5 septembre	Moyen	Gros	Excellent	Excellent qualité du fruit.	Hauteur des cannes sous grand tunnel.
Heritage	États-Unis	15 septembre	Faible	Moyen	Très bonne	Bonne vigueur et productivité. Fruit de bonne qualité.	Production trop tardive. Sensible au pourridié phytophthoréen.

¹ La date de récolte peut être hâtée d'environ 2 semaines sous grands tunnels.

2. Les caractéristiques des grands tunnels

2.1 Qu'est-ce qu'un grand tunnel ?

Un grand tunnel est formé d'une structure légère en acier de forme ovale ou en pic recouverte d'un film de polyéthylène clair. Le film de polyéthylène peut être relevé, retiré ou installé selon les saisons. La structure est composée d'arcs en acier fixés à des poteaux vissés dans le sol et espacés de 2,5 à 3,5 mètres. Normalement les grands tunnels ne possèdent pas de système d'éclairage d'appoint, ni de système de ventilation automatique ou de chauffage. Le seul raccordement extérieur demeure le système d'irrigation pour l'approvisionnement en eau. La ventilation est naturelle et se fait par les extrémités lorsque celles-ci sont ouvertes manuellement ainsi que par l'enroulement du recouvrement sur les côtés de la structure. Afin d'obtenir un meilleur contrôle sur la température, le recouvrement sur le côtés et les extrémités peut être descendu la nuit et relevé le jour. D'un point de vue législatif cette structure est considérée comme non permanente donc elle possède un avantage en ce qui a trait aux taxations et règlements de zonage. Les grands tunnels permettent d'atteindre un environnement intermédiaire entre la serre et le plein champ. Les plants sont habituellement plantés en pleine terre mais la production peut aussi se faire en pot.

Tableau II Comparatif entre grands tunnels et serres.

GRANDS TUNNELS	SERRES
Forme ovale ou en pic, structure légère.	Forme ovale, en pic ou gothique, structure rigide et permanente.
Espacement entre les arcs de 2,5 à 3,5 mètres.	Espacement entre les arcs de 1,2 à 1,8 mètre.
Recouvrement en saison de végétation.	Recouvrement permanent.
Absence de système d'éclairage d'appoint, de ventilation mécanique et de chauffage.	Éclairage d'appoint, ventilation mécanique, chauffage.
Ventilation naturelle et manuelle.	Ventilation automatique.
Possibilité d'ouverture des extrémités et côtés.	Extrémités fermées. Possibilité d'ouverture des côtés.
Coûts moyens (1\$ / pied carré).	Coûts élevés (15 à 30 \$ / pied carré).
Recouvrement de polyéthylène simple.	Recouvrement de verre ou polyéthylène double.
Passage de petits tracteurs possible.	Passage de petits tracteurs difficiles.
Législation : installation temporaire.	Législation : installation permanente.

2.2 Types de grands tunnels

Ils existent plusieurs types de grands tunnels adaptés aux différentes cultures et divers climats. Edin et *al.* (1999) ont effectué un classement en 6 types selon les caractéristiques suivantes: largeur au sol, type de fixation au sol, diamètre et longueur des tubes, hauteur, espacement entre les mailles et largeur des plastiques (voir Figures 11 à 15).



Fig. 11 — Type Monorang.



Fig. 12 — Type Casado.



Fig. 13 — Type Barre.



Fig. 14 — Type Filclair.



Fig. 15 — Type Graffoulière.

Le système de classement de Heidenreich et *al.* (2008) identifie deux grands types : les simples et les multi-chapelles. Ce système de classement, plus simple, semble mieux adapté à ce que l'on retrouve en Amérique du Nord. Les modèles simples peuvent être de forme en pic ou Quonset (de forme arrondie) tandis que les multi-chapelles sont normalement de forme Quonset (voir Figures 16 et 17).



Fig. 16 — Type simple de forme en pic.



Fig. 17 — Type en multi-chapelles de forme Quonset (arrondie).

Au Québec, on retrouve le modèle en multi-chapelles de forme arrondie de 3 tunnels et plus. C'est le modèle qui semble le mieux adapté à notre marché et notre climat. Les trois fournisseurs sont Récoltech (Tunnel Tech), Plastitech Inc. et Industries Harnois Inc. Le modèle en multi-chapelles permet de diminuer les coûts d'exploitation et l'effet de bordure tout en favorisant un climat plus homogène (Jenni et Dorais, 2007).

2.3 Climat sous les grands tunnels

Il est possible de recréer un microclimat très favorable à plusieurs productions horticoles sous grands tunnels et d'allonger la période végétative de plus de 50 jours. Ce microclimat plus favorable et cette extension de la période sans gel avantagent plusieurs productions horticoles qui étaient jusqu'alors limitées par notre climat nordique.

Les grands tunnels peuvent modifier le microclimat suffisamment pour allonger la saison de croissance de une à quatre semaines au printemps et de deux à huit semaines à l'automne (Wells, 1996).

Une étude réalisé au Québec par Jenni et Dorais (2007) sur la modification du climat sous des grands tunnels en multi-chapelles avec les extrémités ouvertes a fait ressortir les points suivants :

- Avec un polyéthylène de 0,153 mm d'épaisseur, le rayonnement solaire quotidien reçu fut réduit de 20% en moyenne. Par contre le recouvrement accroît la proportion de la lumière diffuse par rapport à la lumière directe favorisant ainsi une meilleure pénétration de la lumière à l'intérieur du couvert végétal et, par conséquent, un meilleur taux de photosynthèse des feuilles inférieures.
- Les températures hebdomadaires moyennes de l'air à 15 cm du sol à l'intérieur des grands tunnels étaient entre 0,4 et 1,2°C plus élevées (moyenne de 0,8°C) que la température extérieure. De plus, les tunnels augmentaient les températures minimums du sol de 1,2°C et les températures moyennes du sol de 0,8°C.
- L'humidité relative de l'air, dans les grands tunnels, était plus faible de 3,2% en moyenne par rapport à l'extérieur. Par contre, afin de contrer l'effet de l'air plus chaud dans les tunnels, il vaut mieux comparer le déficit de pression de vapeur (Dpv). Le Dpv était supérieur dans les grands tunnels avec des valeurs moyennes de 0,64 kPa comparativement à 0,54 kPa pour le plein champ.
- La durée de mouillure du feuillage a été mesurée durant neuf nuits sans pluie entre le 11 août et le 12 septembre. En moyenne, les feuilles restaient mouillées 14,2 heures sous grands tunnels contre 10,7 heures en plein champ. En contrepartie, les plants sous les grands tunnels ne sont pas mouillés durant les jours de pluie.
- La vitesse du vent a été mesurée à l'intérieur des tunnels avec les extrémités ouvertes lors d'une période de neuf jours avec des vents variant de 0 à 29 km/h. La vitesse du vent était réduite en moyenne de 53% (allant de 17 à 100% de réduction).
- Et bien sûr, lorsque le recouvrement est en place, il n'y a aucune précipitation sous les tunnels.

2.4 Bénéfices et inconvénients des grands tunnels

Les grands tunnels apportent plusieurs bénéfices aux cultures. Voici les principaux :

- augmentation de la température de l'air et du sol donc extension de la saison de production;
- protection contre le vent;
- protection contre la pluie donc diminution de l'incidence des maladies fongiques et récolte facilitée;
- introduction facilitée de contrôle biologique (prédateurs, parasites et parasitoïdes);
- rendements plus élevés;
- production de meilleure qualité;
- protection contre les extrêmes climatiques : température froide, rayonnement solaire excessif, vent violent, pluie et grêle;
- propice aux cultures intercalaires donc favorise la production intensive;
- possibilité de production hors saison donc meilleur prix obtenu pour la récolte.

Cependant il existe aussi certains inconvénients à la culture sous grand tunnel tel que :

- possibilité de création de microclimat favorable à certains insectes et acariens indésirables;
- les coûts des infrastructures et de leur entretien;
- augmentation des besoins en main-d'œuvre nécessaire pour relever, enlever et installer le recouvrement;
- requiert une attention particulière pour l'irrigation et le contrôle de la température et de la condensation;
- plusieurs mises aux points techniques sont nécessaires puisque c'est un mode de production récent.

3. La faisabilité de ce mode de production

3.1 Conditions favorisant la culture du framboisier remontant sous grands tunnels

Tel que vu précédemment, le framboisier remontant a certaines exigences concernant son environnement de croissance. Le microclimat retrouvé sous les grands tunnels est favorable à plusieurs cultures. Est-ce que les conditions retrouvées sous les grands tunnels favorisent la culture du framboisier remontant ? Bien sûr, plusieurs interrogations demeurent et plusieurs essais et recherches devront être effectués sous notre climat afin d'être assuré de la régie de culture à adopter. Analysons maintenant les données présentées dans les sections précédentes.

Afin de produire des fruits matures abondamment sur les tiges de l'année, le framboisier remontant a besoin d'une longue saison de végétation. Sous notre climat, en plein champ sans abris, le framboisier remontant est très peu productif à l'automne. Les grands tunnels permettent d'allonger la période végétative de plus de 50 jours, en hâtant les conditions propices au printemps de une à quatre semaines et en les allongeant à l'automne de deux à huit semaines. Pendant les périodes froides, le recouvrement peut être déroulé et relevé lors des périodes chaudes. Il est possible d'utiliser des bâches réfléchissantes de type « Extenday » afin de maximiser la réflexion de la lumière. Les grands tunnels favorisent donc une meilleure pénétration du rayonnement solaire à l'intérieur du couvert végétal.

En raison de son système radiculaire superficiel et de sa forte évapotranspiration, le framboisier a besoin d'un apport d'eau élevé et régulier. L'utilisation d'un système d'irrigation goutte-à-goutte permet de contrôler les apports en eau selon le stade et les besoins de la plante et conserve le feuillage sec en tout temps donc, diminue les risques de maladie fongique. Les grands tunnels permettent donc un meilleur contrôle de l'irrigation.

Le vent a aussi un effet négatif sur la croissance végétative et reproductive ainsi que sur le rendement photosynthétique des framboisiers remontants. Des essais réalisés au Québec (voir section 2.3) ont démontré une diminution moyenne de 53% de la vitesse du vent sous des grands tunnels dont les extrémités étaient ouvertes. Les grands tunnels diminuent donc l'incidence du vent sur le développement des framboisiers.

Il est important de contrôler l'humidité dans les grands tunnels afin d'éviter les excès attribuables à la condensation, les feuilles demeurent mouillées plus longtemps sous grand tunnel qu'en plein champ. Il est donc important d'assurer une bonne ventilation le matin afin de limiter la condensation. En contrepartie, le feuillage n'est jamais mouillé par la pluie.

Malgré une diminution marquée de l'incidence des maladies fongiques sur le feuillage et les fruits, l'environnement des tunnels est considéré comme un lieu propice à d'autres problèmes. Par exemple, l'oïdium (blanc) est une maladie qui peut être favorisé sous les tunnels (Orzolek et *al.*, 2004). De plus, plusieurs insectes et acariens s'adaptent bien au

microclimat créé par les tunnels. En contrepartie, les grands tunnels sont des milieux favorables à la lutte biologique.

Les conditions retrouvées sous les grands tunnels nous permettent d'envisager la production d'un fruit de meilleure qualité et de meilleure conservation. Puisque les fruits ne sont jamais en contact avec la pluie, il est possible de les récolter à tout moment et le risque de moisissure est diminué; cependant, il faut faire attention à la condensation. Les fruits peuvent aussi être récoltés plus gros, donc un meilleur rendement possible et plus mûrs, donc théoriquement plus savoureux. Les fruits sont donc globalement de meilleure qualité et arrivent sur le marché du frais hors de la saison normale de production donc, le prix obtenu peut être supérieur.

Les grands tunnels, a priori, semblent donc créer un milieu favorable au développement du framboisier remontant. La preuve a déjà été faite pour plusieurs productions horticoles dans de nombreuses régions du monde.

Tableau III Les exigences du framboisier remontant versus l'apport du grand tunnel.

Exigences du framboisier	Apports du grand tunnel
Longue saison de végétation pour production abondante de fruits mûrs.	Allongement de la période végétative de plus de 50 jours.
Hâtivité de la première récolte avec \uparrow de la $T^{\circ}\text{C}$ (jusqu'à 22 $^{\circ}\text{C}$).	\uparrow de la $T^{\circ}\text{C}$ et contrôle possible avec déroulage et relevage du recouvrement.
Même potentiel photosynthétique de toutes les feuilles saines pleinement déployées sur tige de 1ère année.	\uparrow proportion lumière diffuse p/r lumière directe = meilleure pénétration du rayonnement solaire à l'intérieur du couvert végétal. À l'essai : bâches réfléchissantes de type « Extenday ».
Forte exigence en eau	Utilisation d'un système d'irrigation goutte-à-goutte.
Grande sensibilité aux vents	\downarrow de la vitesse du vent

3.2 Aperçu des coûts et revenus

Le prolongement des récoltes à l'automne et la protection de celles-ci peuvent donner accès à de nouveaux marchés. De plus, une récolte, une qualité et un taux de rejet des fruits améliorés permettent d'augmenter les revenus. Le contrôle de l'apport en eau et de la température aide à régulariser les récoltes. Il faut donc évaluer les coûts de la structure, de l'entretien, du système d'irrigation, de la plantation, du palissage et de la main-d'œuvre. Cependant, le prix obtenu pour les fruits est supérieur puisque les fruits sont d'excellente qualité et sont produits hors saison; de plus, le rendement est augmenté. On peut aussi considérer la diminution des coûts reliés à la baisse de l'utilisation de fongicides. Sans entrer dans les détails d'une étude économique voici quelques chiffres. L'investissement est évalué à environ 1 \$/pied carré, soit 40 000 \$/acre ou près de 100 000 \$/ha. Ces coûts reliés à la construction de tunnels ne sont pas à négliger. À grande échelle, la production de framboises sous grands tunnels exige un investissement important dès la première année; cependant les profits réalisés à partir de la troisième année permettent, théoriquement, de rentabiliser l'investissement.

Tableau IV Aperçu des profits théoriques pour les trois premières années de production de framboisiers remontants sous grands tunnels de 1,3 hectare (adapté de Bélanger, 2007).

Année	Rendement (kg)	Revenu (\$)	Coût production (\$)	Coût transport & contenants (\$)	Amortissement ¹ (\$)	Profit (\$)
1	1875	15 000	56 812	2812	13 000	(52 000)
2	10 000	80 000	26 500	22 500	13 000	18 000
3	15 000	120 000	26 500	30 000	13 000	50 500
Totaux	31 875	215 000	109 812	55 312	39 000	16 500

¹ L'amortissement est basé sur une durée de vie de 10 ans.

La production, à plus petite échelle, avec vente au kiosque à la ferme ou au marché public pourrait théoriquement dégager de meilleurs profits étant donné la diminution des coûts au niveau du transport. Il peut donc être avantageux financièrement de produire la framboise sous grands tunnels, il est par contre important de bien calculer avant de se lancer dans un tel projet puisque les investissements sont importants.

CONCLUSION

Il est donc possible théoriquement de répondre aux exigences physiologiques du framboisier remontant à l'aide des grands tunnels. Nous avons vu que le framboisier remontant exige une longue saison de végétation pour produire abondamment des fruits matures et que les grands tunnels permettent d'allonger la période végétative de plus de 50 jours. La date de la première récolte peut être hâtée avec une augmentation de la température (jusqu'à un maximum de 22°C); les grands tunnels permettent d'augmenter la température et de la contrôler par le déroulage et le relevage du recouvrement. Toutes les feuilles saines et pleinement déployées sur la tige de première année ont le même potentiel photosynthétique; le recouvrement des grands tunnels permet d'augmenter la proportion de lumière diffuse par rapport à la lumière directe donc, contribue à une meilleure pénétration du rayonnement solaire à l'intérieur du couvert végétal. La forte exigence en eau du framboisier peut être facilement contrôlée à l'aide du système d'irrigation goutte-à-goutte présent sous les tunnels. De plus, les framboisiers sont très sensibles aux vents et le recouvrement des grands tunnels permet de diminuer la vitesse du vent.

Ce mode de production est très récent au Québec; par contre, il est déjà utilisé sur de très grandes surfaces pour diverses productions horticoles ailleurs dans le monde. La Chine, à elle seule, compterait 750 000 hectares sous tunnels et la région du bassin méditerranéen produirait sous tunnels sur une superficie de 300 000 hectares.

Cependant plusieurs questions demeurent. Quelles sont les techniques les mieux adaptées à notre climat ? Est-ce que le recouvrement permettra un bon aûtement des framboisiers ? Quels seront les ravageurs et les maladies ? Quelle sera la longévité des plants sous notre climat ? Quelles sont les variétés les mieux adaptées ? Est-ce rentable ?

Les essais d'innovation technologique et les recherches à ce sujet ainsi que la mise en commun des informations recueillies seront donc d'une importance majeure au cours des prochaines années afin de développer ce mode de production qui semble promis à un bel avenir.

BIBLIOGRAPHIE

- Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC). 2007. Crop Profile for Raspberry in Canada. Ontario. 63 p.
- Bélanger, J. 2007. La culture de la framboise sous tunnel. Présenté dans le cadre du cours Sujets spéciaux (BVG-62185). Université Laval. 29 p.
- Carew, J.G., Gillespie, T., White, J., Wainwright, H., Brennan, R. et Battey, N.H. 2000. The control of the annual growth cycle in raspberry. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 75. 495-503.
- Caron, J., Laverdière, L. 2003. Physiologie du framboisier. Québec. 12 p.
- Dale, A. et Danberry, H.A. 1985. Genotype-environment interactions involving British and Pacific Northwest red raspberry cultivars. *HortScience*, 20. 68-9.
- Dale, A. 1986. Some effects of the environment on red raspberry cultivars. *Actae Horticulturae*, 183. 155-61.
- Desjardins, Y. 2007. Horticulture. Notes de cours. Université Laval. 3.29-3.39.
- Duval, J. 2003. Production de framboises biologiques. CRAAQ et MAPAQ. Québec. 27 p.
- Edin, M., Gaillard, P., Massardier, P. 1999. Le framboisier. Ctifl. 208 p.
- Heidenreich, C., Pritts, M., Kelly, M.-J., et Demchak, K. 2008. High Tunnel Raspberries and Blackberries. Department of Horticulture, Cornell University. 31 p.
- Hoover, E., Luby, J.J., Bedford, D., Pritts, M., Hanson, E., Dale, A. et Danberry, H.A. 1989. Temperature influence on harvest date and cane development in primocane fruiting red raspberries. *Actae Horticulturae*, 262. 297-303.
- Jenni, S., Dorais, M. 2007. Modification du climat sous les grands tunnels. Les journées horticoles, Légumes et petits fruits sous grands tunnels, St-Rémi, décembre 2007.
- Lareau, M. 2004. Framboisiers remontants. Les journées horticoles, st-Rémi, décembre 2004.
- Ministère de l'agriculture, de l'alimentation et des Pêcheries du Québec. 2008. Profil sectoriel de l'industrie horticole au Québec, Édition 2007. Québec. 106p.
- Palmer, J.W., Jackson, J.E. et Ferree, D.C. 1987. Light interception and distribution in horizontal and vertical canopies of red raspberries. *Journal of Horticultural Science*, 62. 493-9.

- Privé, J.-P., 1991. Climatic effects on vegetative and reproductive development and photo-assimilate partitioning of three primocane-fruited red raspberries. Thèse (Ph. D.), Faculty of Graduate Studies, University of Guelph, Ontario. 144 p.
- Privé, J.-P., Sullivan, J.A., Proctor, J.T.A. et Allen, O.B. 1983. Climate influences vegetative and reproductive components of primocane-fruited red raspberry cultivars. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 118 (3). 393-399.
- Privé, J.-P., Sullivan, J.A., Proctor, J.T.A. 1997. Seasonal changes in net carbon dioxide exchange rates of Autumn Bliss, a primocane-fruited red raspberry (*Rubus idaeus* L.). *Canadian Journal of Plant Science.* 427-431.
- Privé, J.-P., Allain, N. 2000. Wind reduces growth and yield but not net leaf photosynthesis of primocane-fruited red raspberries (*Rubus idaeus* L.) in the establishment years. *Canadian Journal of Plant Science.* 841-847.
- Urbain, L. 2004. Caractéristiques des principaux cultivars de framboisier au Québec et nouveautés. Tiré du bulletin du RAP no. 02, 19 février 2004. 2 p.
- Wells, O.S. 1996. Rowcover and high tunnel growing systems in the United States. *HortTechnology*, 6 (3). 172-176.
- Williams, I.H. 1959. Effects of environment on *Rubus idaeus* L. III. Growth and dormancy of young shoots. *Journal of Horticultural Science*, 34. 210-8.