

TABLE DES MATIÈRES

1.0	Introduction	1
2.0	Pertes de chaleur.....	3
2.1	Phénomènes physiques responsables de la perte de chaleur dans une serre.....	3
2.1.1	Conduction.....	4
2.1.2	Convection.....	7
2.1.3	Radiation (ou rayonnement)	9
3.0	Le chauffage de la serre	11
3.1	Calcul de la capacité du système de chauffage.....	11
3.1.1	Efficacité calorifique des combustibles	13
3.1.2	Choix de la capacité de chacune des fournaies	16
3.1.3	Autre méthode de calcul	17
3.2	Type de combustibles et caractéristiques.....	18
3.2.1	Huile	19
3.2.2	Gaz naturel.....	19
3.2.3	Bois	20
3.2.4	Huile usée	20
3.2.5	Électricité.....	21
3.3	Types d'équipements de chauffage et de distribution	21
3.3.1	Système à eau chaude (hydronique)	22
3.3.2	Système à air chaud	25
3.3.3	Chauffage par radiation infrarouge.....	27
3.4	Systèmes de contrôle de chauffage.....	28
3.4.1	Mécanismes de détection (capteurs).....	30
3.4.2	Régulateurs	30
3.5	Sources alternatives d'énergie	35
3.5.1	Stockage d'énergie.....	35
3.5.2	Cogénération.....	36
3.5.3	Géothermie	37

3.5.4	Pompe à chaleur air-eau au faîte de la serre	38
3.5.5	Autres sources alternatives d'énergie	39
4.0	Méthodes directes d'économie d'énergie.....	41
4.1	Aménagement et équipements permettant une diminution de la consommation énergétique pour le chauffage.....	41
4.1.1	Augmentation de la résistance de la serre au transfert thermique	41
4.1.2	Optimisation du gain solaire	57
4.1.3	Choix et entretien des systèmes de chauffage	63
4.2	Impact de la gestion de l'environnement sur la consommation énergétique.....	66
4.2.1	Diminution de la température journalière moyenne	66
4.2.2	Respect des points de consigne.....	68
4.2.3	Gestion de l'humidité	69
4.3	Optimisation de la consommation électrique.....	69
4.3.1	Ventilateurs.....	70
4.3.2	Éclairage	70
4.3.3	Pompe à eau.....	72
5.0	Méthodes indirectes d'économie d'énergie	75
5.1	Amélioration de l'occupation de l'espace	75
5.1.1	Tables mobiles.....	75
5.1.2	Culture suspendue.....	76
5.1.3	Culture étagée	77
5.1.4	Dimension des contenants et espacement.....	77
5.2	Diminution de l'espace occupé par unité produite dans le temps.....	77
5.2.1	Culture en multicellules.....	77
5.2.2	Planification des cultures et création de lots de production.....	78
5.2.3	Température optimale de croissance (facteur Q10).....	78
5.2.4	Utilisation d'éclairage d'appoint	79
5.2.5	Zonage de production et organisation des serres.....	79
6.0	Aspects technico-Économiques de l'énergie et des frais de chauffage.....	81
6.1	Méthode pour le calcul des frais de chauffage par unité produite	81
6.2	Collecte et utilisation des données pour le calcul des frais de chauffage.....	83

6.2.1	Enregistrement des données relatives à la quantité de combustible consommée et obtention du coût moyen d'un kWh de chauffage	84
6.2.2	Enregistrement des données relatives à l'utilisation des superficies dans le temps.....	88
6.2.4	Mesure de l'efficacité énergétique pour le chauffage.....	95
6.2.5	Frais de chauffage par pi ² -an, combustible utilisé par pi ² -an et prévision de consommation de combustible	100
6.3	Collecte et utilisation des données du nombre d'unités produites par unité de superficie-temps et établissement des frais de chauffage par unité vendue.....	101
6.3.1	Situation où une seule culture est réalisée	102
6.3.2	Situations où plusieurs cultures sont réalisées.....	102
6.4	Total des frais liés au chauffage	106
6.5	Grille technico-économique sur le chauffage	107
6.6	L'efficacité énergétique et l'électricité pour usage général.....	108
6.7	L'efficacité énergétique et l'éclairage artificiel.....	110
7.0	Auxiliaires d'analyse économique pour aider à la prise de décision	113
7.1	Analyse économique d'un investissement : toile thermique	113
7.2	Analyse économique de changements dans les méthodes d'opération : Format de contenant et programme de culture.....	117
7.2.1	Article : Maximisation de l'espace-temps en serre par la planification des cultures.....	117
8.0	Conclusion	127
9.0	Bibliographie.....	129
10.0	Annexes	