

OPTIMISATION DE LA RÉGIE DE FERTILISATION EN PÉPINIÈRE À L'AIDE D'ENGRAIS À LIBÉRATION CONTRÔLÉE

Numéro du projet : 2151

Association québécoise des producteurs en pépinière



RAPPORT FINAL

15 mai 2004 au 30 avril 2006

Rédigé par : Mario Comtois, agr., B.Sc. Biol., conseiller en pépinière, IQDHO
et Michel Clément, agr., M.Sc., spécialiste en R&D, IQDHO



Projet réalisé dans le cadre du programme
Environnement Volet Transfert et Innovation du CDAQ

25 septembre 2006

REMERCIEMENTS

L'Institut québécois du développement de l'horticulture ornementale (IQDHO) qui a reçu le mandat de réaliser ce projet remercie le Conseil pour le développement de l'agriculture du Québec (CDAQ) pour son appui financier dans le cadre du programme Environnement Volet Transfert et Innovation



Nos remerciements à :



Pour nous avoir permis de réaliser les essais dans leur entreprise :

- Plant Select Inc.
- Pépinière Dominique Savio Inc.

Pour avoir fourni des analyses et des intrants pour mener à bien ce projet :

- Fafard et Frères Ltée
- Plant-Prod Québec
- Nutrite
- Corbeil & Bigras Ltée

Et à nos collaborateurs à l'IQDHO :

- Marie-Claude Limoges, agr., Directrice générale
- Marie-Claude Lavoie, agr., Documentaliste
- Marie-Édith Tousignant, agr., Conseillère en serriculture
- Michel Clément, agr. Spécialiste en R&D
- Marc Légaré, d.t.a., Conseiller en pépinière
- Alexandre Dubé, Stagiaire

TABLE DES MATIÈRES

1. Résumé du projet	1
2. Description du projet.....	3
2.1 Problématique	3
2.2 Objectif général.....	4
2.3 Objectifs spécifiques.....	4
2.4 Méthodologie	5
2.5 Étapes et échéances.....	10
3. Résultats.....	13
3.1 Vivaces (<i>Chrysanthemum leucanthemum</i> ‘Becky’ et <i>Rudbeckia fulgida</i> ‘Goldsturm’)	13
3.1.1 Comparaison de quatre types d’enrobage d’engrais à libération contrôlée.....	13
3.1.1.1 <i>Chrysanthemum</i> ‘Becky’	13
a) Taux de croissance	13
b) Nombre de fleurs par plant.....	13
c) Concentration d’azote dans le substrat.....	14
d) Contenu foliaire en azote	14
e) Discussion	15
3.1.1.2 <i>Rudbeckia fulgida</i> ‘Goldsturm’	16
a) Taux de croissance	16
b) Nombre de fleurs par plant.....	16
c) Concentration d’azote dans le substrat.....	16
d) Contenu foliaire en azote	17
e) Discussion	18
3.1.2 Comparaison de quatre méthodes d’application différentes du Nutricote 140 jours	18
3.1.2.1 <i>Chrysanthemum</i> ‘Becky’	19
a) Taux de croissance	19
b) Nombre de fleurs par plant.....	19
c) Concentration d’azote dans le substrat.....	19
d) Contenu foliaire en azote	20
e) Discussion	20
3.1.2.2 <i>Rudbeckia fulgida</i> ‘Goldsturm’	21
a) Taux de croissance	21
b) Nombre de fleurs par plant.....	21
c) Concentration d’azote dans le substrat.....	21
d) Contenu foliaire en azote	22
e) Discussion	22
3.1.3 Comparaison de trois différents fractionnements d’engrais à libération contrôlée	24
3.1.3.1 <i>Chrysanthemum</i> ‘Becky’	24
a) Nutricote.....	24

	b) Osmocote	25
	c) Nutryon	26
3.1.3.2	Rudbeckia fulgida ‘Goldsturm’	28
	a) Nutricote.....	28
	b) Osmocote	29
	c) Nutryon	30
3.2	Arbres (<i>Malus</i> ‘MacIntosh’ et <i>Hydrangea paniculata</i>)	32
3.1.4	Comparaison de trois types d’enrobage d’engrais à libération contrôlée.....	32
3.1.4.1	Hydrangea paniculata	32
	a) Taux de croissance (hauteur x largeur)	32
	b) Concentration d’azote dans le substrat.....	32
	c) Contenu foliaire en azote	32
	d) Discussion	33
3.1.4.2	Malus	33
	a) Longueur des branches.....	33
	b) Diamètre du tronc.....	33
	c) Concentration d’azote dans le substrat.....	33
	d) Contenu foliaire en azote	34
	e) Discussion	34
3.1.5	Comparaison de trois différents fractionnements d’engrais à libération contrôlée	34
3.1.5.1	Hydrangea paniculata	34
	a) Nutricote.....	34
3.3	Vivaces (<i>Chrysanthemum leucanthemum</i> ‘Becky’ et <i>Rudbeckia fulgida</i> ‘Goldsturm’)	35
3.1.6	Comparaison de six types d’enrobage d’engrais à libération contrôlée	35
3.1.6.1	Chrysanthemum ‘Becky’	35
	a) Nombre de fleurs par plant.....	35
	b) Contenu foliaire en azote	35
	c) pH.....	36
	d) Salinité	36
	e) Discussion	36
3.1.6.2	Rudbeckia fulgida ‘Goldsturm’	37
	a) Nombre de fleurs par plant.....	37
	b) Concentration d’azote dans le substrat.....	37
	c) Contenu foliaire en azote	37
	d) pH.....	38
	e) Salinité	38
	f) Discussion	38
3.1.7	Comparaison de deux méthodes d’application de l’Osmocote 6-9 mois et de l’Acer nt ‘une saison’	39
3.1.7.1	Chrysanthemum ‘Becky’	39
	a) Nombre de fleurs par plant.....	39
3.1.7.2	Rudbeckia fulgida ‘Goldsturm’	39
	a) Nombre de fleurs par plant.....	39

b) Concentration d'azote dans le substrat.....	40
c) Contenu foliaire en azote	40
d) Discussion	40
3.4 Arbres (<i>Acer</i> 'Autumn Blaze' et <i>Malus</i> 'MacIntosh')	42
3.1.8 Comparaison de cinq types d'enrobage d'engrais à libération contrôlée.....	42
3.1.8.1 <i>Acer</i> 'Autumn Blaze'	42
a) Diamètre du tronc.....	42
b) Contenu foliaire en azote	42
3.1.8.2 <i>Malus</i> 'MacIntosh'	42
a) Concentration d'azote dans le substrat.....	42
b) Discussion	43
3.5 Impact	43
3.6 Diffusion des résultats.....	44
4. Plan de financement.....	46
5. Conclusion et recommandations.....	47

Annexe 1 : Figures en rapport des résultats obtenus

1. Résumé du projet

Les engrais à libération contrôlée (ELC) demeurent l'outil le plus efficace pour la culture en contenants en pépinière ornementale. Les technologies utilisées pour enrober l'engrais soluble d'une couche de polymère sont différentes d'un produit à un autre, mais tous libèrent l'engrais pour le rendre disponible dans la solution du sol en fonction de la température. Le choix du type d'enrobage, de la formulation et du temps de relâchement relève souvent du pire des casse-têtes pour les producteurs et les conseillers, tant leur choix est grand et leur efficacité est nébuleuse. Très peu de mesures de leur performance ont été réalisées sous nos conditions de culture.

L'IQDHO, mandaté par l'AQPP, a élaboré une série d'essais, échelonnée sur une période de deux ans (été 2004 et été 2005), pour faire la mise au point sur le rendement des principaux enrobages d'ELC disponibles en Amérique du Nord.

La première année, trois méthodes d'application (en surface, mélangé au terreau et en « Poquet ») et différents fractionnements de doses ont été évalués en plus des performances de quatre types d'enrobage soit Osmocote, Nutricote, Nutryon et Nutryon « hétérogène ». Durant l'été 2005, Acer, Acer « hétérogène », Multicote, Osmocote et Nutryon ont été testés.

Nous avons mesuré l'incidence qu'avaient les traitements sur divers paramètres de croissance des plantes à l'essai et suivi les courbes de libération des nutriments dans le sol (analyses SME) ainsi que les concentrations foliaires sur une base régulière en fonction de toutes les saisons de production 2004 et 2005.

Les résultats de 2004 ont démontré que Osmocote et Nutricote sont deux différents outils efficaces dans nos conditions environnementales s'ils sont appliqués de la bonne manière. Pour l'année 2005, Osmocote et Multicote ont été les engrais les plus performants. Les courbes de libération des différents ELC nous ont permis d'approfondir nos connaissances sur ces engrais et d'optimiser leur utilisation sous nos conditions.

2. Description du projet

2.1 Problématique

À l'heure actuelle, les producteurs en pépinière ont un choix à faire parmi 3 options quand vient le temps de choisir le type de fertilisation à utiliser pour la production en contenants des arbres, des arbustes, des conifères et des vivaces :

- a) Utiliser des engrais à libération contrôlée qui coûtent cher à l'achat et qui prennent du temps à appliquer puisqu'on doit les appliquer manuellement dans chacun des pots. Sous nos latitudes, certains engrais comme Nutryon et Nutricote commencent à libérer de façon efficace lorsque les moyennes de température dépassent les 20 °C. De plus, certains engrais à libération contrôlée moins cher, de type « Topdress », s'épuise au milieu de la saison de production.
- b) Utiliser des engrais solubles dans le système d'irrigation (fertirrigation). Dans ce dernier cas, on évalue entre 30 % à 70 % seulement la quantité d'engrais qui se rend au substrat selon l'espacement des pots. En effet, si les pots sont collés, 70 % des engrais contenus dans l'eau d'irrigation atteignent le substrat alors que ce pourcentage atteint 30 % lorsque les pots sont espacés, comme dans le cas de plants plus matures. La partie lessivée se retrouve dans les fossés, dans l'horizon du sol et dans la nappe phréatique. Cette méthode de fertilisation est de moins en moins utilisée parce qu'elle est peu efficace pour garder une salinité acceptable pour la production.
- c) Et finalement, l'option 3 est de faire une combinaison des 2 premières options pour compenser les lacunes de chaque méthode par rapport aux besoins des plantes dans le temps.

Les engrais granulaires de type agricole ne peuvent être utilisés pour une production en contenants à cause du substrat organique utilisé et du risque élevé de brûlure du feuillage.

On définit comme engrais à libération contrôlée (ELC) des engrais solubles qui sont recouverts d'un revêtement qui module leur libération en fonction de la température. On compte 5 compagnies (Acer, Osmocote, Nutricote, Nutryon et Multicote) qui offrent ce genre de produit au Québec. Chacune offre également des formulations différentes en termes de rapport N-P-K, avec ou sans éléments mineurs. On trouve aussi plusieurs durées de libération des éléments nutritifs, soit 40 jours à 2 saisons de culture. Chaque compagnie offre une ou des technologies de revêtement différentes brevetées qui réagissent différemment selon les températures du sol.

Dans le cadre d'un projet Horti-2002, l'IQDHO a fait une revue de littérature complète sur les plus récentes techniques de fertilisation utilisées en pépinière à travers le monde. Cette recherche d'informations a démontré qu'il est possible d'optimiser l'utilisation des engrais à libération contrôlée (ELC) pour une croissance optimale des plantes tout en limitant les pertes par lessivage des éléments nutritifs. Entre autres, il est possible de mélanger différents

temps de libération d'engrais à libération contrôlée (1/3 des besoins avec un engrais d'une durée de 3-4 mois et 2/3 des besoins avec un engrais d'une durée de 8-9 mois). Également, dans la littérature on mentionne que le positionnement de l'engrais dans le substrat peut avoir un impact sur l'uniformité de la libération dans le volume du pot et sur la disponibilité des éléments nutritifs aux racines. L'engrais peut être appliqué en surface, mélangé au substrat juste avant l'empotage des plants, ou placé dans le trou de plantation (poquet), directement sous les racines.

Nous avons estimé le coût d'achat et d'application des engrais à libération contrôlée versus la fertirrigation pour un hectare de production en pépinière : pour les engrais à libération contrôlée, il en coûte entre 10 000 \$ à 12 000 \$ par hectare selon le produit utilisé. Quant à la fertirrigation, le producteur doit dépenser environ 8 000 \$ par hectare avec une efficacité de 30 à 70 %. Une autre considération est que les producteurs sont de plus en plus concernés et conscients par la conservation des ressources et l'impact de la production sur l'environnement et sont de moins en moins enclins à recourir à la fertirrigation. Cependant, les demandes du marché pour un produit de grande qualité les obligent à trouver des alternatives aux méthodes actuelles.

Une meilleure utilisation des ELC réduirait le lessivage des nutriments dans l'environnement tout en favorisant une meilleure modulation entre la demande de la plante en éléments nutritifs et leur disponibilité dans le terreau. Il est donc important d'adapter la régie de fertilisation avec les besoins des plantes dans le temps, au meilleur coût possible. Les engrais à libération contrôlée (ELC) représentent un coût majeur dans la production. Il est donc impératif de les utiliser de façon optimale tout en réduisant les pertes dans l'environnement.

2.2 Objectif général

Déterminer la régie de fertilisation à l'aide d'engrais à libération contrôlée (ELC) qui fournit les éléments nutritifs de façon optimale à la croissance des vivaces et des arbres feuillus et qui possède le meilleur rapport qualité/prix tout en réduisant les pertes inutiles dans l'environnement. Pour chacun des objectifs spécifiques suivants, le taux de libération des éléments nutritifs dans le substrat et dans le feuillage sera vérifié en fonction de la croissance des plantes.

2.3 Objectifs spécifiques

Quant aux objectifs spécifiques du projet, ils s'agissaient des suivants pour l'année 2004 :

- a) Comparer l'effet des 5 types d'engrais à libération contrôlée les plus utilisés sur le marché de la production de la pépinière ornementale ayant des formulations et des durées de libération comparables;
- b) Comparer l'effet de combiner différentes durées de libération des engrais à libération contrôlée (durée de 3-4 mois mélangée avec durée de 8-9 mois);

- c) Comparer l'effet de 4 méthodes d'application : en surface, mélangé au substrat, appliqué en poquet sous les racines ou « deux saisons »;
- d) Mesurer le taux de libération des ELC dans le terreau et son absorption par les plantes à l'étude en fonction du temps;
- e) Mesurer l'impact sur la croissance des plantes à l'étude de la différente régie de fertilisation

L'année 2004 a servi à suivre l'effet sur la croissance, les courbes de libération des nutriments relâchés dans le sol et les concentrations foliaires de treize traitements en fonction de la saison de croissance. Les traitements étaient composés de trois enrobages différents, trois méthodes d'applications et trois fractionnements de doses. Nous avons suivi notre plan de travail de façon à répondre à tous les objectifs que nous nous étions fixés pour la saison 2004. Nous avons toutefois modifié les traitements pour la saison 2005 en fonction des résultats obtenus en 2004 (voir explications dans la section 2.4 Méthodologie). Nous avons évalué au total 8 différents enrobages en deux ans à partir des mêmes paramètres de mesures utilisés en 2004. Les objectifs spécifiques en 2005 étaient les suivants :

- f) Comparer l'effet de différents types d'engrais à libération contrôlée (6 types chez Plant Select, 5 types chez Dominique Savio) application en surface.
- g) Comparer l'effet de 2 méthodes d'application, soit en surface et mélangé au substrat, pour deux types d'engrais à libération contrôlée ayant des formulations et des durées de libération comparables (seulement chez Plant Select);
- h) Mesurer le taux de libération des ELC dans le terreau et son absorption par les plantes à l'étude en fonction du temps;
- i) Mesurer l'impact sur la croissance des plantes à l'étude de la différente régie de fertilisation

2.4 Méthodologie

Le but de cet essai était de trouver la régie de fertilisation qui procurait les éléments nutritifs de manière optimale pour la plante, en utilisant des ELC avec le meilleur rapport qualité/prix et qui nécessitait le moins de manipulation possible.

Deux sites d'expérimentation ont été ciblés pour les essais, soit un producteur d'arbres feuillus et un producteur de vivaces. En 2004, deux espèces de plantes ont été à l'essai chez le producteur d'arbres (*Hydrangeae paniculata*, *Malus* 'McIntosh') et deux plantes vivaces chez le producteur de vivaces (*Chrysanthemum leucanthemum* 'Becky', *Rudbeckia fulgida* 'Goldsturm'). En 2005, dans le dispositif expérimental des arbres nous avons remplacé *Hydrangeae paniculata* par *Acer*

rubrum 'Autumn Blaze' à cause de la non-disponibilité du premier. Les deux espèces sont très vigoureuses.

En 2004, différents types ou revêtements d'ELC (Nutricote, Osmocote, Nutryon) ont été mélangés, fractionnés dans le temps, appliqués en surface ou mélangés au substrat. Au total, treize traitements ont été mis à l'essai pour trouver la combinaison optimale.

Liste des traitements effectués sur chacune des espèces à l'étude en 2004 :

Chrysanthemum et *Rudbeckia*

T1 - Nutricote (18-6-8 total) 140 jours (témoin)

T2 - 2/3 Nutricote (18-6-8 total) 140 jours + 1/3 Nutricote (18-6-8 total) 70 jours

T3 - 2/3 Nutricote (18-6-8 total) 140 jours + 1/3 Nutricote (18-6-8 total) 70 jours ajouté trois semaines plus tard (lorsque les racines ont suffisamment colonisé le terreau).

T4 - Osmocote (15-9-12 +) 8-9 mois

T5 - 2/3 Osmocote (15-9-12 +) 8-9 mois + 1/3 Osmocote (15-9-12 +) 3-4 mois

T6 - 2/3 Osmocote (15-9-12 +) 8-9 mois + 1/3 Osmocote (15-9-12 +) 3-4 mois ajouté trois semaines plus tard (lorsque les racines ont suffisamment colonisé le terreau).

T7 - Nutryon (18-6-12) 8-9 mois

T8 - 2/3 Nutryon (18-6-12) 8-9 mois + 1/3 Nutryon (18-5-12) 3-4 mois

T9 - 2/3 Nutryon (18-6-12) 8-9 mois + 1/3 Nutryon (18-5-12) 3-4 mois ajouté trois semaines plus tard (lorsque les racines ont suffisamment colonisé le terreau).

T10 - Nutricote (18-6-8 total) 140 jours mélangé au substrat

T11 - Nutricote (18-6-8 total) 140 jours mélangé en 'poquet'

T12 - Nutricote (18-6-8 total) 270 jours

T13 - Nutryon (18-5-10) 5-6 mois

Malus empotés en 2004

T1 - Nutricote (18-6-8 total) 140 jours (témoin)

T2 - 2/3 Nutricote (18-6-8 total) 140 jours + 1/3 Nutricote (18-6-8 total) 70 jours

T3 - 2/3 Nutricote (18-6-8 total) 140 jours + 1/3 Nutricote (18-6-8 total) 70 jours ajouté trois semaines plus tard (lorsque les racines ont suffisamment colonisé le terreau).

T4 - Osmocote (15-9-12 +) 8-9 mois

T5 - 2/3 Osmocote (15-9-12 +) 8-9 mois + 1/3 Osmocote (15-9-12 +) 3-4 mois

T6 - 2/3 Osmocote (15-9-12 +) 8-9 mois + 1/3 Osmocote (15-9-12 +) 3-4 mois ajouté trois semaines plus tard (lorsque les racines ont suffisamment colonisé le terreau).

T7 - Nutryon (18-6-12) 8-9 mois

T8 - 2/3 Nutryon (18-6-12) 8-9 mois + 1/3 Nutryon (18-5-12) 3-4 mois

T9 - 2/3 Nutryon (18-6-12) 8-9 mois + 1/3 Nutryon (18-5-12) 3-4 mois ajouté trois semaines plus tard (lorsque les racines ont suffisamment colonisé le terreau).

T10 – Nutricote (18-6-8 total) 140 jours mélangé au substrat

T11 - Nutricote (18-6-8 total 140) jours mélangé en poquet

T12 - Nutricote (18-6-8 total) 270 jours

Hydrangeae empotés en 2003

T1 - Nutricote (18-6-8 total)140 jours (témoin)

T2 - 2/3 Nutricote (18-6-8 total) 140 jours + 1/3 Nutricote (18-6-8 total) 70 jours

T3 - 2/3 Nutricote (18-6-8 total) 140 jours + 1/3 Nutricote (18-6-8 total) 70 jours ajouté trois semaines plus tard (lorsque les racines ont suffisamment colonisé le terreau).

T4 - Osmocote (15-9-12 +) 8-9 mois

T5 - 2/3 Osmocote (15-9-12 +) 8-9 mois + 1/3 Osmocote (15-9-12 +) 3-4 mois

T6 - 2/3 Osmocote (15-9-12 +) 8-9 mois + 1/3 Osmocote (15-9-12 +) 3-4 mois ajouté trois semaines plus tard (lorsque les racines ont suffisamment colonisé le terreau).

T7 - Nutryon (18-6-12) 8-9 mois

T8 - 2/3 Nutryon (18-6-12) 8-9 mois + 1/3 Nutryon (18-5-12) 3-4 mois

T9 - 2/3 Nutryon (18-6-12) 8-9 mois + 1/3 Nutryon (18-5-12) 3-4 mois ajouté trois semaines plus tard (lorsque les racines ont suffisamment colonisé le terreau).

T10 - Nutricote (18-6-8 total) 270 jours

T11 - 2/3 Nutryon (18-6-12) 8-9 mois + 1/3 Nutryon (18-5-10 Top dress) 3-4 mois ajouté trois semaines plus tard (lorsque les racines ont suffisamment colonisé le terreau).

Il était prévu à l'origine que, des treize traitements de la saison 2004, deux resteraient à l'essai pour la saison 2005 soit l'enrobage deux saisons de Nutricote et le témoin (Nutricote 140 jours). Nous avons décidé de les éliminer puisque l'application deux saisons a donné des résultats très décevants la première année. Il est devenu évident que ce traitement ne devait pas faire l'objet

d'une deuxième année de mesure. Nous avons donc décidé d'ajouter d'autres types d'enrobage et faire un total de 8 traitements chez Plant Sélect Inc. (vivaces) et de 5 traitements chez pépinière Dominique Savio Inc. (arbres). Nous avons aussi choisi le traitement Osmocote (15-9-12 +) 8-9 mois de l'année 2004 pour qu'il serve de témoin dans les essais 2005.

Liste des traitements effectués sur chacune des espèces à l'étude en 2005 :

Chrysanthemum et Rudbeckia

- T1 - Osmocote Plus (15-9-12), 8-9 mois, en surface
- T2 - Acer *nt* (17-7-10), une saison, en surface
- T3 - Multicote (18-6-12), 6 mois, en surface
- T4 - Nutryon (19-6-12), 5-6 mois, en surface
- T5 - Acer mélange hétérogène (21-5-10), 5-7 mois, en surface
- T6 - Nutryon mélange hétérogène (18-5-10), 5-6 mois, en surface
- T7 – Acer *nt* (17-7-10), une saison, mélangé au terreau
- T8 - Osmocote Plus (15-9-12), 8-9 mois, mélangé au terreau

Malus et Acer

- T1 - Osmocote Plus (15-9-12), 8-9 mois, en surface
- T2 - Acer *nt* (17-7-10), une saison, en surface
- T3 - Multicote (18-6-12), 6 mois, en surface
- T4 - Nutryon (19-6-12), 5-6 mois, en surface
- T5 - Acer mélange hétérogène (21-5-10), 5-7 mois, en surface

Tous les traitements des deux années ont été appliqués aux doses de 4,5 g N dans les contenants de 2 gallons (vivaces) et de 25 g N dans les 10 gallons (Arbres).

Les Acer et Nutryon mélange hétérogènes sont dit de type 'Topdress' parce qu'ils ne peuvent être mélangé au terreau. Ceux-ci sont composés d'un mélange d'engrais à libération contrôlée et d'engrais à libération lente. Ils libèrent par conséquent une grande quantité d'élément dès leur

application et ne peuvent être mis directement en contact avec les racines. Ils sont en général environ deux fois moins chers que les ELC standard ou tous les éléments sont enrobés.

Des données de base liées à l'environnement (t° de l'air et du sol, humidité, etc.) ont été prises à chaque jour. Des analyses foliaires et de sols complètes ont été effectuées régulièrement (1 fois / 2 semaines) dans le but de suivre le plus exactement possible l'évolution et le cheminement des éléments nutritifs prélevés par la plante et ceux qui sont disponibles dans le terreau. Les analyses foliaires ont été comparées avec les normes respectives des plantes à l'essai. Le taux de croissance, le port ainsi que la qualité générale des plants ont été mesurés. Les carences, toxicités et autres problèmes liés à la phytoprotection ont été surveillés de près. On souhaitait optimiser les prélèvements faits par les plantes tout en diminuant les relâchements (lessivages) d'éléments nutritifs dans l'environnement.

Pour chacune des deux années d'essais, les données de croissance et de floraison ont été soumises à l'analyse de variance (logiciel Statgraphics) et testées pour l'homogénéité de la variance. Les données du contenu en azote du substrat ont été analysées statistiquement (ANOVA) que pour l'année 2004 et pour trois dates de prélèvement (31 mai, 28 juin et 26 juillet). Les moyennes des différents traitements ont été comparées à l'aide du test de comparaison multiple de Duncan ($p < 0,05$).

2.5 Étapes et échéances

Le projet a duré 2 ans. Les essais ont débuté le 1er mai 2004 et se sont terminés le 30 octobre 2005.

Les principales étapes de réalisation du projet, les échéanciers ainsi que toutes les personnes impliquées sont présentés ci-dessous à l'intérieur d'un tableau récapitulatif.

Étape	Échéancier	Personne impliquée
Mise en place des dispositifs et application des traitements	début mai 2004 début mai 2005	Mario Comtois, IQDHO Alain Baril et autres, Plant Select Inc. Johanne Denis et autres, Pépinière Dominique Savio Inc. Jean-Pierre Fortin, Fafard et frères Ltée Marie-Claude Dozois, Plant-Prod Québec
Suivi des essais	mai à fin octobre 2004 avril à fin octobre 2005	Mario Comtois, IQDHO Alain Baril et autres, Plant Select Inc. Johanne Denis et autres, Pépinière Dominique Savio Inc.
Prise de données	octobre 2004, mai 2005 et octobre 2005	Alexandre Dubé, IQDHO Marie-Édith tousignant, IQDHO Marie-Claude Lavoie, IQDHO Alain Baril et autres, Plant Select Inc. Johanne Denis et autres, Pépinière Dominique Savio Inc.
Compilation et analyse des données	hiver 2004 et hiver 2005	Mario Comtois, IQDHO Michel Clément, IQDHO Secrétaire, IQDHO
Rédaction de rapports	hiver 2005 et été 2006	Mario Comtois, IQDHO Michel Clément, IQDHO
Diffusion des résultats	automne 2004 et automne 2005	Mario Comtois, IQDHO

Les activités réalisées au cours de la première année du projet et certaines précisions reliées à celles-ci apparaissent dans le tableau ci-dessous.

Activités	Date prévue	Date réelle	Finalités	Notes
Présentation du projet aux producteurs et collaborateurs	Avril 2004	Avril 2004	Présentation Power-Point, implication, grandes lignes	Revue des tâches et de l'échéancier
Embauche d'un étudiant	Mai 2004	Mai 2004		Mise en place des dispositifs et prise des échantillons
Cueillette des données	Mai à octobre 2005	Mai 2004 à octobre 2005	Échantillonnage et collecte des données pour toute la saison	Octobre 2004 : fin de la prise de données
Résumé du projet et des résultats de mi-projet	Printemps 2005	31 août 2005	Résumé du projet et présentation très succincte aux membres de l'IQDHO.	
Analyse des données recueillies mi-projet	Octobre 2004 à janvier 2005	Octobre 2004 à août 2005	Compilation des données mi-projet et analyses statistiques	
Déjeuner des membres de l'AQPP : Présentation du projet et diffusion des résultats de mi-projet:	Novembre 2004	Novembre 2004	Présentation Power-Point : résultats préliminaires de mi-projet. Un résumé a été fourni aux participants	Présentation des résultats sommaires par l'IQDHO dans le cadre de l'Exposition horticole commerciale de Saint-Hyacinthe de novembre 2004
Journée des producteurs : Présentation du projet et diffusion des résultats de mi-projet aux intervenants de l'industrie	Février 2005	3 février 2005	Présentation Power-Point : résultats de mi-projet. Un résumé a été fourni aux participants	Journée spéciale organisée par l'IQDHO à l'intention de tout le secteur de la pépinière à Drummondville (110 participants)
Article dans Québec Vert	Mai 2005	Mai 2005	Résultats de mi-projet.	

Dans le prochain tableau, on retrouve les activités qui ont été réalisées en 2005 et certains détails associés.

Activités	Date prévue	Finalités	Notes
Embauche d'un étudiant	Mai 2005	2 mai 2005	Mise en place des dispositifs
Cueillette des données	Mai à octobre 2005	Mai à octobre 2005	Fin de la collecte des données sur le terrain pour le projet
Analyse des données recueillies	Octobre 2005 à janvier 2006		Compilation et réalisation des analyses statistiques
Présentation des résultats au déjeuner des membres de l'AQPP	Automne 2005	Novembre 2005	Présentation des résultats finaux dans le cadre de l'Exposition horticole commerciale de Saint-Hyacinthe en novembre 2005
Article dans Québec Vert	Hiver 2006	Mars 2006	Article publié.
Poster et/ou présentation des résultats à un congrès des propagateurs en pépinière			Présentation des résultats à la rencontre annuelle de l'IPPS qui se tiendra à Montréal en septembre 2006
Journée des producteurs organisé par l'IQDHO:	Février 2006	1 ^{er} Février 2006	Présentation du projet et diffusion des résultats finaux aux intervenants de l'industrie
Rédaction du rapport final	Été 2006	28 septembre 2006	Remise du rapport au CDAQ et aux participants

3. Résultats

Résultats 2004

Les objectifs prévus pour l'année 2004 ont tous été réalisés. Plusieurs résultats ont été très révélateurs et ont servi à élaborer une nouvelle approche conseil auprès des producteurs dès l'année 2004.

Prendre note que toutes les figures en rapport avec les résultats 2004 apparaissent à l'annexe 1 (figures 1 à 70).

3.1 Vivaces (*Chrysanthemum leucanthemum* 'Becky' et *Rudbeckia fulgida* 'Goldsturm')

3.1.1 Comparaison de quatre types d'enrobage d'engrais à libération contrôlée

Nous avons comparé quatre types (trois compagnies) d'enrobage d'engrais à libération contrôlée couramment utilisés en pépinière, soit le Nutricote 140 jours, l'Osmocote 8-9 mois, le Nutryon 8-9 mois et le Nutryon 'hétérogène' 5-6 mois.

3.1.1.1 *Chrysanthemum* 'Becky'

a) Taux de croissance

Les traitements ont eu un effet significatif ($p = 0,05$) sur le taux de croissance mesuré le 9 juillet (figure 1). Les traitements Osmocote 8-9 mois et Nutryon 'hétérogène' ont obtenu les taux de croissance les plus élevés suivi du Nutricote 140 jours et du Nutryon 8-9 mois.

Pour la prise de données du 13 août, les traitements ont aussi eu un effet significatif ($p = 0,05$) sur le taux de croissance (figure 2). Les différences entre les moyennes des différents traitements se sont toutefois atténuées avec le temps. Il n'y a aucune différence significative entre les traitements Osmocote 8-9 mois, Nutryon 'hétérogène' et le Nutricote 140 jours. Le taux de croissance du traitement Nutryon 8-9 mois est toutefois significativement moins élevé que les trois autres traitements.

b) Nombre de fleurs par plant

Le nombre de fleurs par plant a été influencé significativement ($p = 0,05$) par les traitements (figure 3). En effet, le traitement Osmocote 8-9 mois a obtenu le plus grand nombre de fleurs par plant (53,8 fleurs), suivi du Nutryon 'hétérogène' (36,2 fleurs), du Nutricote 140 jours (28,9 fleurs) et du Nutryon 8-9 mois (19,3

fleurs). Toutes les moyennes des traitements se sont avérées significativement différentes ($p = 0,05$).

c) Concentration d'azote dans le substrat

Les traitements ont eu un effet significatif ($p = 0,05$) sur la concentration en azote dans le substrat pour trois dates de prélèvement (figure 4). Le 31 mai, le Nutryon 'hétérogène' et l'Osmocote 8-9 mois ont donné les concentrations les plus élevées suivies du Nutricote 140 jours et du Nutryon 8-9 mois. Seul le Nutryon 'hétérogène' était à l'intérieur de la norme soit entre 100 et 199 ppm, tandis que les trois autres traitements étaient en dessous de la norme. Pour le prélèvement du 28 juin, on observe la même tendance que le 31 mai, avec les concentrations les plus élevées avec le Nutryon 'hétérogène' et l'Osmocote 8-9 mois et sans qu'il y ait de différence significative entre ces deux traitements. Cependant, tous les traitements étaient en dessous de la norme. Le 26 juillet, l'Osmocote 8-9 mois a maintenu la plus forte concentration en azote ainsi que le Nutryon 8-9 mois. Ces deux traitements étaient à l'intérieur de la norme et leurs moyennes n'étaient pas significativement différentes. Les concentrations mesurées pour les deux autres traitements, le Nutricote 140 jours et le Nutryon 'hétérogène', étaient significativement plus basses que l'Osmocote 8-9 mois et le Nutryon 8-9 mois et ils étaient tous deux très en dessous des normes.

La courbe de libération en fonction du temps est présentée à la figure 5. On remarque pour les traitements Osmocote 8-9 mois et Nutryon 'hétérogène' une rapide libération de l'azote entre le 17 mai et le 14 juin, dépassant même, le 14 juin, la norme maximale recommandée pour l'azote. Cela est suivi d'une diminution graduelle dans le temps pour le Nutryon 'hétérogène'. La concentration en azote du traitement Osmocote 8-9 mois diminue aussi après le 14 juin, mais garde une bonne libération durant le reste de la saison allant jusqu'à une seconde hausse majeure de la concentration d'azote vers le mois de septembre.

On observe la même tendance, mais avec une plus faible augmentation dans la concentration en azote, pour le traitement Nutricote 140 jours entre le 17 mai et le 14 juin. La concentration en azote pour ce traitement est toutefois en dessous des normes pour toute la période de prélèvements.

Pour le traitement Nutryon 8-9 mois, on n'observe une libération de l'azote qu'à partir du 14 juin et qui augmente graduellement jusqu'au 26 juillet. À l'exception de cette dernière date, les concentrations en azote mesurées pour le traitement Nutryon 8-9 mois sont en dessous de la norme.

d) Contenu foliaire en azote

Les plus hauts contenus foliaires en azote ont été mesurés le 31 mai pour l'Osmocote 8-9 mois et le Nutryon 'hétérogène' (figure 6). Les contenus

foliaires en azote de ces deux engrais ont doublé entre la période du 17 mai au 31 mai, pour ensuite redescendre jusqu'au niveau initial le 12 juillet. Le contenu foliaire en azote pour le Nutricote 140 jours a aussi augmenté durant la même période, mais de façon moins importante que l'Osmocote 8-9 mois et le Nutryon 'hétérogène'. Le contenu foliaire en azote du Nutryon 8-9 mois était le plus bas en début de culture, le contenu mesuré le 31 mai étant même inférieur à celui du 17 mai. On note ensuite pour ce traitement une augmentation graduelle du contenu en azote à partir du 31 mai et celui-ci dépassera les autres niveaux le 12 juillet pour ensuite redescendre en fin de saison et rejoindre les trois autres traitements.

On remarque aussi que le contenu foliaire en azote des plants de *Chrysanthemum* 'Becky' a tendance à varier avec le contenu de cet élément dans le substrat en cours de culture. Cette tendance est particulièrement bien marquée entre le 17 mai et le 12 juillet.

e) Discussion

Les résultats ont démontré que le taux de croissance, surtout en début de saison, est corrélé avec la floraison. En effet, le traitement Osmocote 8-9 mois s'est avéré le plus performant pour les taux de croissance et cela s'est traduit par le plus grand nombre de fleurs par plant en fin de saison. Le traitement Nutryon 'hétérogène' a aussi très bien performé en donnant des taux de croissance similaires à l'Osmocote 8-9 mois, mais a toutefois été moins florifère. Ces deux traitements ont aussi connu les plus fortes augmentations de la concentration en azote dans le substrat en début de saison et cela expliquerait en grande partie leur très bonne performance. L'Osmocote 8-9 mois a montré une concentration d'azote supérieure aux autres traitements dans la majorité des prélèvements. Le Nutryon 'hétérogène' n'a pu maintenir des niveaux aussi élevés en azote que l'Osmocote après le 28 juin et cela pourrait expliquer le nombre moins élevé de fleurs par plant. Le Nutryon 'hétérogène' contient d'autres types d'engrais à libération lente, comme l'urée formaldéhyde, qui se solubilisent en quelques semaines seulement (2 à 4 semaines). Cet engrais a tendance à libérer fortement ses nutriments en début de saison et ainsi à s'épuiser rapidement.

Les deux traitements les moins performants, le Nutryon 8-9 mois et le Nutricote 140 jours, ont obtenu les taux de croissance les plus bas. Ils ont aussi peu libéré d'azote en début de saison, ce qui explique leur piètre performance.

On remarque en fin de saison une hausse substantielle de la concentration d'azote dans le substrat pour presque tous les traitements. Cela s'explique par une canicule qui a sévi à partir du 23 août. De plus, à partir de cette période, on assiste à un ralentissement du métabolisme de *Chrysanthemum*. L'irrigation est donc moins fréquente, entraînant moins de lessivage, provoquant ainsi une

hausse de la salinité dans le substrat sans que les nutriments en surplus ne soient prélevés par la plante.

On observe aussi que le contenu foliaire en azote du Nutryon 'hétérogène' a beaucoup diminué en fin de saison et cela s'est traduit par des carences en azote chez les plants.

3.1.1.2 *Rudbeckia fulgida* 'Goldsturm'

a) Taux de croissance

Les traitements ont eu un effet significatif ($p = 0,05$) sur le taux de croissance mesuré le 9 juillet (figure 7). Les traitements Osmocote 8-9 mois et Nutryon 'hétérogène' ont obtenu les taux de croissance les plus élevés suivi du Nutricote 140 jours et du Nutryon 8-9 mois.

Les traitements n'ont eu aucun effet significatif ($p = 0,05$) sur le taux de croissance du 13 août (figure 8). On note cependant une tendance similaire au 9 juillet entre les taux des différents traitements.

b) Nombre de fleurs par plant

Le nombre de fleurs par plant a été influencé significativement ($p = 0,05$) par les traitements (figure 9). En effet, les traitements Osmocote 8-9 mois et Nutryon 'hétérogène' ont obtenu, et cela de façon significative, le plus grand nombre de fleurs par plant, avec des moyennes de 69,5 et 54,9 fleurs par plant respectivement. Le nombre de fleurs par plant pour les deux autres traitements, le Nutricote 140 jours et le Nutryon 8-9 mois ont été beaucoup moins élevés avec 15,1 et 10,8 fleurs par plant respectivement.

c) Concentration d'azote dans le substrat

Les traitements n'ont eu aucun effet significatif ($p = 0,05$) sur la concentration en azote pour le prélèvement du 31 mai (figure 10). On note cependant une tendance pour des concentrations plus élevées en azote pour le Nutryon hétérogène et l'Osmocote 8-9 mois. Les traitements ont eu un effet significatif ($p = 0,05$) sur la concentration en azote dans le substrat pour les deux autres dates de prélèvement. Pour le prélèvement du 28 juin, on observe des concentrations significativement plus élevées avec l'Osmocote 8-9 mois et le Nutryon 'hétérogène' suivi du Nutricote 140 jours et le Nutryon 8-9 mois. Ce dernier était très en dessous de la norme, tandis que l'Osmocote se situait à l'intérieur de la norme. Les deux traitements les plus élevés étaient très au-dessus de la norme.

Pour le prélèvement du 26 juillet, l'Osmocote 8-9 mois a maintenu la plus forte concentration en azote par rapport aux autres traitements et celle-ci se situait à l'intérieur de la norme. Les concentrations mesurées pour les trois autres traitements étaient toutes en dessous de la norme.

La courbe de libération de l'azote en fonction du temps est présentée à la figure 11. On remarque pour les traitements Osmocote 8-9 mois et Nutryon 'hétérogène' une rapide libération de l'azote entre le 17 mai et 26 juillet, dépassant même la norme en azote le 14 juin. Cela est suivi d'une diminution graduelle dans le temps pour le Nutryon 'hétérogène'. La concentration en azote du traitement Osmocote 8-9 mois diminue aussi après le 14 juin, mais connaît une légère hausse de la concentration d'azote le 26 juillet pour ensuite se stabiliser aux environs de 80 ppm.

On observe la même tendance mais avec une plus faible augmentation dans la concentration en azote pour le traitement Nutricote 140 jours entre le 17 mai et le 14 juin. Par la suite, on note une seconde augmentation le 12 juillet. La concentration en azote pour ce traitement est à l'intérieur de la norme entre le 14 juin et le 12 juillet seulement.

Pour le traitement Nutryon 8-9 mois, on n'observe une libération notable de l'azote qu'à partir du 28 juin et une libération encore moins importante que le traitement Nutricote 140 jours. À l'exception du 6 septembre, les concentrations en azote mesurées pour le traitement Nutryon 8-9 mois sont très en dessous de la norme.

d) Contenu foliaire en azote

Le contenu foliaire en azote était, pour tous les traitements, égal ou supérieur à la norme rapportée par Mills and Jones (1996) et cela durant toute la période de croissance (figure 12). Les contenus foliaires en azote ont diminué entre la date d'application de l'engrais et le 28 juin pour tous les traitements. Les hausses les plus importantes ont été mesurées entre le 9 août et le 6 septembre pour tous les traitements. En général, les courbes de libération des quatre traitements suivent la même tendance dans le temps. Par contre, on ne remarque aucune tendance entre le contenu foliaire en azote des plants de *Rudbeckia fulgida* 'Goldsturm' et le contenu de cet élément dans le substrat en cours de culture à l'exception des courbes du Nutryon 8-9 mois. Pour ce traitement, la libération de l'azote en fin de saison semble être directement reliée au contenu foliaire en azote à cette même période.

e) Discussion

On observe des résultats du même ordre que ceux obtenus avec *Chrysanthemum* 'Becky' sauf que les différences ne sont pas significatives entre le Nutricote, l'Osmocote et le Nutryon 'hétérogène'. On remarque toutefois une tendance pour l'Osmocote à mieux performer que les autres traitements pour ce qui est du taux de croissance. L'Osmocote et le Nutryon 'hétérogène' obtiennent de façon significative le plus grand nombre de fleurs par plants. Comme pour le *Chrysanthemum* 'Becky', les deux traitements les plus performants ont libéré plus tôt et en plus grande quantité l'azote dans le substrat avec un plateau entre le 31 mai et le 12 juillet. L'Osmocote a maintenu le niveau le plus élevé en azote durant presque toute la saison tandis que la concentration d'azote avec le Nutryon 'hétérogène' s'est grandement atténuée jusqu'à devenir presque nulle le 9 août. Ce produit contient d'autres types d'engrais à libération lente, comme l'urée formaldéhyde, qui se solubilisent en quelques semaines seulement (2 à 4 semaines). Cet engrais a tendance à libérer fortement ses nutriments en début de saison et ainsi à s'épuiser rapidement.

Les traitements les moins performants ont été le Nutryon 8-9 mois et le Nutricote 140 jours. Ils ont obtenu les taux de croissance les plus bas et ont aussi peu libéré d'azote en début de saison, ce qui explique leur piètre performance. Malgré le fait que les concentrations en azote dans le substrat ont tendance à diminuer jusqu'à la mi-saison, les traitements les plus élevés sont encore l'Osmocote 8-9 mois et le Nutryon 'hétérogène'. Il reste que la période critique se situe avant le 12 juillet car les traitements ayant obtenu le plus grand nombre de fleurs ont été ceux avec la plus haute concentration en azote dans le substrat avant cette date, même si ces concentrations ont eu tendance à chuter rapidement à partir du 28 juin pour ces mêmes traitements.

Contrairement à *Chrysanthemum* 'Becky', on note une augmentation substantielle du contenu foliaire en azote à partir du 9 août pour tous les traitements. Cela pourrait s'expliquer par le fait que le métabolisme de *Rudbeckia* 'Goldsturm' n'a pas ralenti en fin de saison et que la plante a profité de la période de chaleur et d'une salinité accrue dans le substrat (décrit à la section 1.1.5) pour assimiler l'azote.

3.1.2 Comparaison de quatre méthodes d'application différentes du Nutricote 140 jours

Nous avons comparé quatre méthodes d'application du Nutricote, soit en surface (140 jours), mélangé au terreau (140 jours), en poquet (140 jours), et en deux saisons (Nutricote 270).

3.1.2.1 Chrysanthemum 'Becky'

a) Taux de croissance

Les traitements ont eu un effet significatif ($p = 0,05$) sur le taux de croissance mesuré le 9 juillet (figure 13). Le taux de croissance du traitement en poquet a été significativement supérieur aux taux de croissance des trois autres traitements.

Pour la prise de données du 13 août (figure 14), les traitements n'ont eu aucun effet significatif ($p = 0,05$) sur le taux de croissance.

b) Nombre de fleurs par plant

Le nombre de fleurs par plant a été influencé significativement ($p = 0,05$) par les traitements (figure 15). Le plus grand nombre de fleurs par plant a été obtenu avec l'engrais appliqué en poquet avec une moyenne de 42,7 fleurs par plant suivi de l'engrais mélangé au terreau (36,4). Cependant, les moyennes entre ces deux traitements se sont avérées non significatives. Les deux traitements en surface et deux saisons ont donné des plants moins florifères, avec des moyennes de 28,9 et 26,5 fleurs par plants respectivement.

c) Concentration d'azote dans le substrat

Les traitements ont eu un effet significatif ($p = 0,05$) sur la concentration en azote dans le substrat pour trois dates de prélèvement (figure 16). Le 31 mai, les traitements en surface et mélangé au terreau ont donné les concentrations les plus élevées et cela de façon significative à comparer aux deux autres traitements. Pour le prélèvement du 28 juin, le traitement mélangé au terreau s'est significativement démarqué des trois autres traitements avec la concentration en azote la plus élevée. Les trois autres traitements ont tous obtenu des concentrations très faibles en azote. Le 26 juillet, le traitement mélangé au terreau a encore obtenu la concentration la plus élevée suivi de l'application en deux saisons. La concentration en azote du traitement en poquet a maintenu la même tendance pour les trois dates de prélèvement en obtenant la plus faible concentration en azote des quatre traitements. Pour les trois dates de prélèvements et chacun des traitements, la concentration d'azote dans le substrat était en dessous de la norme.

La courbe de libération de l'azote en fonction du temps est présentée à la figure 17. On remarque pour le traitement mélangé au terreau une rapide libération de l'azote entre le 17 mai et le 14 juin. On observe la même tendance mais avec une plus faible augmentation pour le traitement en surface entre le 17 mai et le

14 juin. Par la suite, on note pour ces deux traitements une chute temporaire de la concentration d'azote suivi d'une augmentation graduelle jusqu'au 6 septembre.

Pour le traitement deux saisons, on note une augmentation de la concentration qu'à partir du 28 juin. Par la suite, on observe une forte augmentation de la concentration entre le 12 et 26 juillet. Pour ce qui est du traitement en poquet, le niveau de concentration de l'azote s'est maintenu au niveau initial du 17 mai sans que l'on n'observe aucune augmentation de la concentration durant toute la durée de l'essai.

d) Contenu foliaire en azote

À l'exception du traitement mélangé au terreau, toutes les concentrations des trois autres traitements ont augmenté entre le 17 mai et le 31 mai pour ensuite redescendre graduellement dans le temps (figure 18). Bien que la concentration en azote du traitement mélangé au terreau ait diminué le 31 mai, celle-ci a rapidement augmenté le 28 juin et a dépassé les concentrations des trois autres traitements à la même date.

e) Discussion

Le meilleur traitement a été celui en poquet, tant au niveau du taux de croissance en début de saison que du nombre de fleurs par plant. Aussi, ce traitement a obtenu la plus haute concentration en azote foliaire, et ce, plus rapidement que tous les autres traitements durant la saison. Il est à noter que la concentration en azote dans le terreau du traitement 'en poquet' est presque nulle durant toute la saison de croissance. Cela peut s'expliquer par les contraintes inhérentes à l'échantillonnage qui est normalement fait dans la colonne de sol au-dessus du poquet, là où il n'y a pas de diffusion des éléments fertilisants.

Le traitement mélangé au terreau a également très bien performé et il est comparable au traitement en poquet. Comme c'est aussi le cas pour le traitement en poquet, les granules mélangées au terreau libèrent généralement plus rapidement l'azote à cause de la pression de vapeur qui reste élevée de façon plus constante dans le terreau, comparativement à la surface. Ce qui signifie une libération de l'azote plus rapide et plus soutenue dans le temps. Cependant, en ce qui concerne le contenu foliaire en azote, le traitement mélangé au terreau a obtenu des concentrations plus basses en début de saison que les traitements en surface. Cela peut s'expliquer par le fait que les granules sont également distribuées dans le volume du terreau et que celles qui sont situées sous ou à côté du jeune système racinaire (carotte) sont lessivées sans que l'azote ne puisse être capté par celles-ci. Au fur et à mesure que les racines se développent et colonisent la motte, la prise de nutriments devient de plus en plus efficace.

Même s'il y a eu moins d'absorption d'azote en début de saison, cela n'a pas empêché le traitement mélangé au terreau d'obtenir un plus grand nombre de fleurs par plant que les deux traitements en surface. La colonisation complète du terreau par les racines suivi par l'absorption maximale de l'azote s'est produite avant que l'initiation florale et la croissance ne soient désavantagées par rapport aux autres traitements.

En fin de saison, on ne note aucune différence du taux de croissance entre les différents traitements. Tous les traitements sauf 'en poquet' ont une forte augmentation de leur concentration d'azote dans le terreau au mois de septembre pour les mêmes raisons expliquées à la section 1.1.5. Le traitement deux saisons obtient la plus forte augmentation durant cette période. Comme les granules n'ont pas beaucoup libéré durant l'été, il restait encore beaucoup de ce fertilisant à la surface du terreau en fin de saison.

3.1.2.2 Rudbeckia fulgida 'Goldsturm'

a) Taux de croissance

Les traitements ont eu un effet significatif ($p = 0,05$) sur le taux de croissance mesuré le 9 juillet (figure 19). Par contre, seul le taux de croissance du traitement mélangé au terreau s'est avéré significativement plus bas que les trois autres traitements.

Les traitements n'ont eu aucun effet significatif ($p = 0,05$) sur le taux de croissance mesuré le 14 octobre (figure 20).

b) Nombre de fleurs par plant

Le nombre de fleurs par plant a été influencé significativement ($p = 0,05$) par les traitements (figure 21). Le plus grand nombre de fleurs par plant a été obtenu avec l'engrais mélangé au terreau (46,4 fleurs/plants) suivi de l'engrais appliqué en poquet avec une moyenne de 37,7 fleurs par plant. Les moyennes entre ces deux traitements se sont avérées non significatives. Les deux traitements en surface et deux saisons ont donné, de façon significative, des plants beaucoup moins florifères que les deux traitements précédents, avec des moyennes de 15,1 et 11,1 fleurs par plant respectivement.

c) Concentration d'azote dans le substrat

Les traitements ont eu un effet significatif ($p = 0,05$) sur la concentration en azote dans le substrat pour deux des trois dates de prélèvement (figure 22). Les traitements n'ont eu aucun effet significatif ($p = 0,05$) sur la concentration en

azote pour le prélèvement du 31 mai. Pour le prélèvement du 28 juin, le traitement en surface s'est significativement démarqué des trois autres traitements en obtenant la concentration en azote la plus élevée. Cette concentration, 132 ppm, se situait à l'intérieur des normes. Le traitement mélangé au terreau a obtenu une concentration en azote significativement supérieure au traitement en poquet et deux saisons et la concentration en azote se situait légèrement en dessous de la norme inférieure (90 ppm). Les deux traitements, en poquet et deux saisons, ont obtenu des concentrations extrêmement basses, ne dépassant pas 10 ppm. Le 26 juillet, les traitements deux saisons et en surface ont obtenu les concentrations les plus élevées suivi de l'application mélangée au terreau et en poquet. La concentration en azote du traitement en poquet a maintenu la même tendance pour les trois dates de prélèvement en obtenant la plus faible concentration en azote des quatre traitements et ne dépassant pas 10 ppm.

La courbe de libération en fonction du temps est présentée à la figure 23. On remarque pour le traitement en surface une rapide libération de l'azote entre le 31 mai et le 14 juin. On observe la même tendance mais avec une plus faible augmentation pour le traitement mélangé au terreau entre le 31 mai et le 28 juin. Par la suite, on note pour le traitement en surface une seconde hausse de la concentration le 12 juillet suivi d'une chute rapide le 26 juillet et qui se continue jusqu'au 9 août. Le traitement mélangé au terreau maintient un niveau à peu près constant tout au long de l'essai. Le traitement deux saisons connaît deux hausses importantes, mais à partir de la mi-saison seulement, soit le 26 juillet et le 6 septembre, avec une chute importante entre ces deux dates.

Pour ce qui est du traitement en poquet, le niveau de concentration de l'azote s'est maintenu au niveau initial du 17 mai sans que l'on observe aucune augmentation de la concentration durant toute la durée de l'essai.

d) Contenu foliaire en azote

Le contenu foliaire en azote était, pour tous les traitements, supérieur à la norme (figure 24). On observe aucune augmentation importante de la concentration d'azote dans la première moitié de la période de prélèvement et cela pour les quatre traitements. Le traitement deux saisons connaît une chute de la concentration la plus forte le 28 juin pour ensuite remonter graduellement au niveau initial un mois plus tard soit le 26 juillet. La seule tendance observable dans la deuxième moitié de la période de prélèvement est une légère hausse de la concentration dans tous les traitements le 6 septembre.

e) Discussion

Comme pour *Chrysanthemum* 'Becky', les meilleurs traitements ont été ceux mélangés au terreau et en poquet, plus particulièrement pour le nombre de fleurs

par plant. Il semble que les méthodes d'application n'aient eu que peu d'influence sur la croissance, les traitements ayant sensiblement les mêmes taux en début et fin de saison, sauf pour le traitement mélangé au terreau qui a obtenu le plus faible taux de croissance en début de culture. En se référant à l'explication donnée en 2.1.5 à propos du traitement 'mélangé au terreau' on pourrait supposer que dans le cas de la rudbeckie, le fait d'avoir absorbé moins de nutriments en tout début de saison a influencé sa croissance à cette période et que par la suite, celle-ci a rattrapé les autres traitements à partir du milieu de la saison.

Le traitement en surface a obtenu la plus haute concentration en azote plus rapidement que tous les autres traitements durant la première moitié de la saison. Comme les granules sont toutes situées au-dessus de la zone d'échantillonnage du sol pour ce traitement, il est normal d'avoir une mesure plus élevée des éléments dans l'analyse SME.

En ce qui concerne le contenu foliaire en azote, le traitement mélangé au terreau a obtenu des concentrations plus basses en début de saison que les traitements en surface, mais a rapidement surpassé le traitement en surface dès le 28 juin. Cela s'explique de la même manière qu'à la section 2.1.5

Le traitement deux saisons obtient encore la plus forte augmentation de la concentration en azote du substrat dans la deuxième moitié de la saison comme cela a été observé avec *Chrysanthemum* 'Becky'. Les concentrations d'azote foliaire dans la rudbeckie augmentent toutes vers la fin de la saison, cela concorde avec les résultats obtenus pour l'analyse foliaire dans la section 1.2.4 et confirme encore une fois une augmentation du prélèvement de l'azote à cette période par cette espèce. Il serait intéressant de savoir quel serait l'impact sur la survie à l'hiver.

Il est à noter que la concentration en azote dans le terreau du traitement 'en poquet' est presque nulle durant toute la saison de croissance. Cela peut s'expliquer par les contraintes inhérentes à l'échantillonnage qui est normalement fait dans la colonne de sol au-dessus du poquet, là où il n'y a pas de diffusion des éléments fertilisants.

3.1.3 Comparaison de trois différents fractionnements d'engrais à libération contrôlée

3.1.3.1 Chrysanthemum 'Becky'

a) Nutricote

- **Taux de croissance**

Les traitements n'ont eu aucun effet significatif ($p = 0,05$) sur le taux de croissance mesuré le 9 juillet et le 13 août (figures 25 et 26). On note toutefois une tendance qui se traduit par un taux de croissance plus élevé pour le traitement 2/3 Nutricote 140 jours + 1/3 Nutricote 70 jours mélangé au substrat comparativement aux deux autres traitements.

- **Nombre de fleurs par plant**

Le nombre de fleurs par plant a été influencé significativement ($p = 0,05$) par les traitements (figure 27). En effet, le traitement 2/3+1/3 appliqué ensemble sur le terreau a obtenu, de façon significative, le plus grand nombre de fleurs par plant (45,9 fleurs). Les traitements Nutricote 140 jours et le traitement 2/3+1/3 en deux applications ont obtenu des moyennes de 28,9 fleurs et 33,0 fleurs par plant respectivement, mais ces différences sont non significatives.

- **Concentration d'azote dans le substrat**

Les traitements ont eu un effet significatif ($p = 0,05$) sur la concentration en azote dans le substrat pour trois dates de prélèvement dont les données ont été analysées statistiquement (figure 28). Le traitement 2/3+1/3 appliqué ensemble sur le terreau a obtenu la plus haute concentration le 31 mai et le 28 juin. Le 26 juillet, la concentration en azote du traitement 2/3+1/3 appliqué trois semaines plus tard a été supérieure au traitement 2/3+1/3 appliqué ensemble sur le terreau, quoique non significative.

La courbe de libération de l'azote dans le substrat en fonction du temps (figure 29) nous montre que le traitement 2/3+1/3 appliqué ensemble sur le terreau a libéré l'azote en début de saison, avec une hausse importante entre la date d'application et le 14 juin. Par la suite, le niveau de la concentration diminue et se maintient aux environs de 80 ppm jusqu'au 6 septembre, ce qui est en dessous de la norme minimale. On observe aussi une même tendance pour le traitement 2/3 suivi de 1/3, mais celui-ci connaît sa plus haute concentration en azote le 26 juillet. Le traitement Nutricote 140 jours montre une légère hausse

le 14 juin, mais il se maintient à des niveaux très en dessous des normes et cela jusqu'au 6 septembre où il atteint la norme minimale.

- **Contenu foliaire en azote**

Pour le contenu foliaire en azote, on observe une tendance similaire à celle observée pour la concentration en azote du substrat (figure 30). Le traitement 2/3+1/3 appliqué ensemble sur le terreau a obtenu la plus haute concentration le 31 mai, suivi du Nutricote 140 jours. Ces deux traitements se retrouvent cependant en dessous de la norme dès le 12 juillet. Le traitement 2/3+1/3 en deux applications connaît une hausse beaucoup plus graduelle et atteint un plateau le 28 juin pour ensuite se maintenir à un niveau égal ou supérieur à la norme jusqu'au 6 septembre.

- **Discussion**

Le traitement 2/3+1/3 appliqué ensemble sur le terreau a été le plus performant, obtenant de façon significative le plus grand nombre de fleurs par plants. On observe aussi pour ce traitement une légère tendance pour un taux de croissance plus élevé que les autres traitements le 9 juillet. On observe aussi pour ce traitement une libération plus rapide de l'azote dans le substrat en tout début de saison ainsi que le contenu foliaire en azote le plus élevé à cette période.

Il n'y a pas de différence significative entre les traitements 140 jours et 2/3+1/3 en deux applications et ceux-ci ont libéré l'azote beaucoup moins rapidement en début de saison que le traitement 2/3+1/3 appliqué en même temps sur le terreau.

La partie 1/3 70 jours qui est ajoutée au 2/3 140 jours en début de saison procure une libération plus rapide des éléments que s'il n'y avait que du 140 jours. Les propriétés fertilisantes de ce mélange sont comparables au traitement Osmocote 8-9 mois en surface traité à la section 1.

Lorsque la partie 1/3 70 jours est appliquée trois semaines plus tard, sa libération se fait trop tard pour qu'il y ait des influences significatives positives sur la croissance et sur la floraison. Ce qui signifie que plus la libération est rapide, plus la plante en profite de façon optimale.

b) Osmocote

- **Taux de croissance**

Les traitements n'ont eu aucun effet significatif ($p = 0,05$) sur le taux de croissance mesuré le 9 juillet et le 13 août (figures 31 et 32).

- **Nombre de fleurs par plant**

Les traitements n'ont eu aucun effet significatif ($p = 0,05$) sur le nombre de fleurs par plant (figures 33).

- **Concentration d'azote dans le substrat**

Les traitements n'ont eu aucun effet significatif ($p = 0,05$) sur la concentration en azote du substrat pour trois dates de prélèvements dont les données ont été analysées statistiquement (figures 34). On observe cependant une tendance qui se traduit par une concentration plus élevée pour le traitement 2/3+1/3 appliqué ensemble sur le terreau le 31 mai et le 28 juin comparativement aux deux autres traitements.

La courbe de libération de l'azote contenu dans le substrat montre des résultats très similaires pour les trois traitements avec une première hausse entre la date d'application et le 14 juin suivi d'une seconde hausse entre le 9 août et le 6 septembre (figure 35).

Les niveaux de concentration en azote, pour les trois traitements, se maintiennent à l'intérieur des normes sauf pour le traitement 8-9 mois qui descend sous la norme minimale le 9 août.

- **Contenu foliaire en azote**

En ce qui concerne le contenu foliaire en azote, on n'observe aucune différence significative entre les traitements (figure 36). Il y a une hausse de la concentration entre la date d'application et le 31 mai suivi d'une diminution un mois plus tard. Par la suite, les concentrations se maintiennent à un niveau légèrement inférieur à la norme pour la durée des prélèvements.

- **Discussion**

Il n'y a eu aucune différence significative entre les différents fractionnements de l'Osmocote. Il semble donc qu'il n'y aurait aucun avantage d'ajouter à l'Osmocote 8-9 mois l'Osmocote 3-4 mois, que ce soit en mélange ou en fractionnant la dose dans le temps.

c) Nutryon

- **Taux de croissance**

Les traitements ont eu un effet significatif ($p = 0,05$) sur le taux de croissance mesuré le 9 juillet (figure 37). Le taux de croissance du traitement 2/3+1/3

appliqué ensemble sur le terreau s'est avéré significativement plus élevé que les deux autres traitements.

Les traitements n'ont eu aucun effet significatif ($p = 0,05$) sur le taux de croissance mesuré le 13 août (figure 38).

- **Nombre de fleurs par plant**

Les traitements n'ont eu aucun effet significatif ($p = 0,05$) sur le nombre de fleurs par plant (figure 39). Quoique non significatif, le nombre de fleurs par plant du traitement 2/3+1/3 appliqué ensemble sur le terreau est plus élevé que les deux autres traitements.

- **Concentration d'azote dans le substrat**

Les traitements n'ont eu aucun effet significatif ($p = 0,05$) sur la concentration en azote du substrat pour les trois dates de prélèvements (figure 40).

Pour la courbe de libération de l'azote du substrat en fonction du temps, on observe très peu de différence entre les trois traitements à l'exception du traitement 2/3+1/3 appliqué ensemble sur le terreau qui connaît une hausse de la concentration beaucoup plus forte que les deux autres traitements le 6 septembre. Tous les traitements atteignent leurs plus hautes concentrations entre le 12 et 26 juillet. À l'exception des dates où l'on obtient les niveaux les plus élevés dans chacun des traitements, les concentrations en azote se sont maintenues en dessous de la norme minimale.

- **Contenu foliaire en azote**

En ce qui concerne le contenu foliaire en azote, on n'a observé aucune différence appréciable entre les traitements tout au cours de l'essai (figure 42). Les concentrations en azote ont été les plus élevées le 12 juillet. Mis à part cette date, les niveaux d'azote se sont maintenus en dessous de la norme.

- **Discussion**

Les résultats obtenus avec le Nutryon se comparent avec ceux du Nutricote. Le fractionnement de la dose de Nutryon 8-9 mois et 3-4 mois appliqué ensemble sur le terreau a été bénéfique sur la croissance en début de culture et sur le nombre de fleurs par plant. Comme cela a été observé avec *Chrysanthemum* 'Becky', les trois traitements ont commencé à libérer l'azote tard en saison,

soit à partir du 28 juin et cela correspond avec les périodes de températures élevées au-dessus de 21°C.

3.1.3.2 *Rudbeckia fulgida* ‘Goldsturm’

a) Nutricote

- **Taux de croissance**

Les traitements n’ont eu aucun effet significatif ($p = 0,05$) sur le taux de croissance mesuré le 9 juillet et le 14 octobre (figures 43 et 44). Quoique non significatif, le taux de croissance le plus élevé a été obtenu avec le traitement 2/3+1/3 appliqué ensemble sur le terreau le 9 juillet.

- **Nombre de fleurs par plant**

Les traitements ont eu un effet significatif ($p = 0,05$) sur le nombre de fleurs par plant (figure 45). Le traitement 2/3+1/3 mélangé au terreau a obtenu le plus grand nombre de fleurs par plant (49,6). Quoique non significatif, le nombre de fleurs par plant pour le traitement 2/3+1/3 en deux applications a été inférieur au traitement précédent, avec une moyenne de 38,1 fleurs par plant. Le traitement Nutricote 140 jours a le moins bien performé lors de la floraison et cela de façon significative à comparer aux deux autres traitements avec une moyenne de 15,1 fleurs par plant.

- **Concentration d’azote dans le substrat**

Seules les dates du 28 juin et du 26 juillet ont montré des effets significatifs des traitements ($p = 0,05$) (figure 46). Quoique non significative, on note toutefois une tendance similaire aux deux autres dates en ce qui a trait au prélèvement du 31 mai. Le traitement 2/3+1/3 appliqué ensemble sur le terreau est le plus élevé suivi du traitement 2/3+1/3 en deux applications et du Nutricote 140 jours.

La courbe de libération de l’azote dans le substrat en fonction du temps est présentée à la figure 47. On a observé, dans la première moitié de la période de prélèvement, la plus forte augmentation pour le traitement 2/3+1/3 appliqué ensemble sur le terreau. Les deux autres traitements ont connu pour la même période des augmentations plus modestes. Le traitement 2/3+1/3 en deux applications a connu deux pics de concentration soient le 28 juin et le 9 août. Le traitement Nutricote 140 jours a connu en général les plus faibles

concentrations en azote tout au cours de l'essai et est descendu en dessous des normes à partir du 26 juillet.

- **Contenu foliaire en azote**

Les niveaux d'azote se sont maintenus au-dessus des normes dans chacun des traitements et pour toute la durée des prélèvements (figure 48).

On a observé que le traitement Nutricote 140 jours a maintenu des concentrations en azote inférieures aux deux autres traitements et cela à partir du 26 juin.

- **Discussion**

Les résultats démontrent de façon significative que le fractionnement des doses de Nutricote donne plus de fleurs par plant et qu'il y a aussi une tendance à obtenir des taux de croissance plus élevés, surtout pour le traitement en mélange. Comme on peut le constater avec les courbes de libération de l'azote, l'effet d'ajouter le Nutricote 70 jours au Nutricote 140 jours provoque une forte et rapide libération de l'azote en début de culture et favorise ainsi une croissance plus rapide et un plus grand nombre de fleurs par plant.

b) Osmocote

- **Taux de croissance**

Les traitements n'ont eu aucun effet significatif ($p = 0,05$) sur le taux de croissance du 9 juillet et du 14 octobre (figures 49 et 50).

- **Nombre de fleurs par plant**

Les traitements ont eu un effet significatif ($p = 0,05$) sur le nombre de fleurs par plant (figures 51). Le traitement $2/3+1/3$ appliqué ensemble sur le terreau a obtenu le plus grand nombre de fleurs par plant (86,6) suivi du traitement Osmocote 8-9 mois (69,5) et du traitement $2/3+1/3$ en deux applications (52,9). On ne note toutefois aucune différence significative entre les deux traitements ayant le plus grand nombre de fleurs par plant. Le nombre de fleurs par plant pour le traitement $2/3+1/3$ en deux applications est significativement plus bas que le traitement $2/3+1/3$ appliqué ensemble sur le terreau, mais ne diffère pas significativement du traitement 8-9 mois.

- **Concentration d'azote dans le substrat**

Les traitements n'ont eu aucun effet significatif ($p = 0,05$) sur la concentration en azote du substrat pour les trois dates de prélèvements dont les données ont été analysées statistiquement (figures 52).

On observe avec la courbe de libération de l'azote dans le substrat une forte augmentation dans la première moitié de saison et cette tendance s'observe dans les trois traitements (figure 53).

- **Contenu foliaire en azote**

On n'a observé aucune différence notable entre les courbes du contenu foliaire en azote des différents traitements (figure 54). Les concentrations se situent toutes très au-dessus de la norme et cela durant toute la période de prélèvement.

- **Discussion**

Les meilleurs traitements ont été le 2/3+1/3 appliqué ensemble sur le terreau et l'Osmocote 8-9 mois. Ces deux traitements ont mieux performé lors de la floraison que l'Osmocote 2/3+1/3 appliqué trois semaines plus tard. On note aussi que le 2/3+1/3 appliqué ensemble sur le terreau donne un meilleur taux de croissance en début de culture. Les courbes de libération de l'azote sont très semblables pour les trois traitements. Comme cela a été observé avec *Chrysanthemum 'Becky'*, Osmocote 8-9 mois libère très rapidement en début de saison. En outre, le fractionnement dans le temps donne peu de bénéfice à la plante.

c) Nutryon

- **Taux de croissance**

Les traitements ont eu un effet significatif ($p = 0,05$) sur le taux de croissance pour la date du 9 juillet (figure 55). Le taux de croissance le plus élevé a été obtenu avec le traitement 2/3+1/3 appliqué ensemble sur le terreau suivi du traitement 8-9 mois et du traitement 2/3+1/3 en deux applications. Les traitements n'ont eu aucun effet significatif ($p = 0,05$) sur le taux de croissance pour la date du 14 octobre (figure 56).

- **Nombre de fleurs par plant**

Les traitements ont eu un effet significatif ($p = 0,05$) sur le nombre de fleurs par plant (figure 57). Les plus hauts taux ont été obtenus avec les traitements 2/3+1/3 appliqué ensemble sur le terreau et 2/3+1/3 en deux applications avec 24,7 et 24,5 fleurs par plant respectivement. Le Nutryon 8-9 mois a obtenu, de façon significative, le plus petit nombre de fleurs par plant des trois traitements (10,8).

- **Concentration d'azote dans le substrat**

Les traitements ont eu un effet significatif ($p = 0,05$) sur la concentration en azote pour deux des trois dates de prélèvements dont les données ont été analysées statistiquement (figure 58). Le 28 juin, le plus haut taux en azote a été mesuré dans le traitement 2/3+1/3 appliqué ensemble sur le terreau et se situait très en dessous de la norme minimale. Pour la date du 26 juillet, les plus hauts taux ont été mesurés dans les traitements fractionnés et ceux-ci se situaient à l'intérieur des normes.

Pour ce qui est de la courbe de libération de l'azote dans le temps on n'observe, pour les trois traitements, une augmentation de l'azote qu'à partir du 28 juin (figure 59). Le traitement 2/3+1/3 appliqué ensemble sur le terreau augmente le plus rapidement et atteint un niveau supérieur aux trois autres traitements le 12 juillet. Le traitement 2/3+1/3 en deux applications atteint son plus haut niveau d'azote le 26 juillet. Le traitement 8-9 mois s'est maintenu à un niveau à peu près constant tout au long de la période de prélèvement et se situe toujours en dessous de la norme minimale jusqu'au 6 septembre.

- **Contenu foliaire en azote**

On n'a observé aucune différence appréciable entre les courbes du contenu foliaire en azote des différents traitements (figure 60). Les concentrations se situent toutes très en dessus de la norme durant toute la période de prélèvement avec une hausse graduelle dans la deuxième partie de la période de prélèvement.

- **Discussion**

Les résultats obtenus avec le Nutryon se comparent assez bien avec ceux du Nutricote. Le fractionnement de la dose de Nutryon 8-9 mois et 3-4 mois appliqué ensemble sur le terreau a été bénéfique sur la croissance en début de culture et sur le nombre de fleurs par plant. Par contre, les trois traitements ont libéré l'azote tard en saison, soit à partir du 28 juin et cela correspond avec les périodes de températures élevées au-dessus de 21°C.

3.2 Arbres (*Malus 'MacIntosh'* et *Hydrangea paniculata*)

Beaucoup de données ont été recueillies sur les arbres et leur analyse n'a pas fourni de résultats significatifs sur la majorité des traitements. Les résultats qui vous sont présentés ci-dessous ont été sélectionnés comme étant les plus pertinents.

3.1.4 Comparaison de trois types d'enrobage d'engrais à libération contrôlée

Nous avons comparé trois types (trois compagnies) d'enrobage d'engrais à libération contrôlée couramment utilisés en pépinière, soit le Nutricote 140 jours, l'Osmocote 8-9 mois et le Nutryon 8-9 mois.

3.1.4.1 *Hydrangea paniculata*

a) Taux de croissance (hauteur x largeur)

Les traitements n'ont eu aucun effet significatif ($p = 0,05$) sur le taux de croissance (figure 61). On note toutefois une légère tendance pour les traitements Osmocote 8-9 mois et Nutryon 8-9 mois qui ont obtenu des taux de croissance légèrement plus élevés que le Nutricote 140 jours.

b) Concentration d'azote dans le substrat

Les traitements ont eu un effet significatif ($p = 0,05$) sur la concentration en azote dans le substrat pour deux des trois dates de prélèvement (figure 62). Le 31 mai et le 26 juillet, l'Osmocote 8-9 mois a obtenu les concentrations les plus élevées des trois traitements. Pour le prélèvement du 28 juin, on n'observe aucune différence significative entre les traitements.

La courbe de libération de l'azote en fonction du temps est présentée à la figure 63. On remarque que le traitement Osmocote 8-9 mois libère plus tôt et se maintient à des niveaux plus élevés que les autres traitements durant presque toute la saison.

c) Contenu foliaire en azote

Les traitements n'ont pas provoqué de grandes différences pour ce qui est du contenu foliaire en azote (figure 64). Osmocote est légèrement plus élevé tout au long de la saison. On observe aussi une diminution graduelle du contenu en azote tout au long de la saison dans chacun des traitements.

d) Discussion

Aucun des résultats n'est significatif au niveau statistique, mais on remarque un taux de croissance et un niveau d'azote foliaire légèrement plus élevé dans les plants soumis à Osmocote 8-9 mois.

3.1.4.2 Malus

a) Longueur des branches

Les traitements ont eu un effet significatif ($p = 0,05$) sur le nombre de branches (figure 65). Le traitement Osmocote 8-9 mois a obtenu la moyenne la plus élevée des trois traitements et cela de façon significative. Les moyennes du Nutricote 140 jours et du Nutryon 8-9 mois ne diffèrent pas de façon significative.

b) Diamètre du tronc

Les traitements n'ont eu aucun effet significatif ($p = 0,05$) sur le diamètre du tronc (pas de figure).

c) Concentration d'azote dans le substrat

Les traitements ont eu un effet significatif ($p = 0,05$) sur la concentration en azote pour le prélèvement du 31 mai et du 28 juin (figure 66). Pour ces deux dates, l'Osmocote 8-9 mois a obtenu la moyenne la plus élevée suivi du Nutricote 140 jours, mais les moyennes de ces deux traitements ne diffèrent pas de façon significative. Le Nutryon 8-9 mois a la moyenne la plus basse, et diffère statistiquement des deux autres traitements.

Pour le prélèvement du 26 juillet, l'Osmocote 8-9 mois maintient la même tendance et obtient la plus haute concentration.

La courbe de libération de l'azote en fonction du temps est présentée à la figure 67. On remarque que le traitement Osmocote 8-9 mois libère en plus grande quantité que les deux autres traitements dans la première moitié de la saison mais redescend sous des niveaux plus bas en deuxième moitié de saison.

d) Contenu foliaire en azote

Les courbes du contenu foliaire en azote sont très similaires et, sauf exception du Nutryon 8-9 mois, elles ne correspondent aucunement aux courbes de concentrations en azote du substrat (figure 68). On observe une diminution graduelle de la concentration d'azote durant la saison pour chacun des traitements.

e) Discussion

Osmocote donne les meilleurs résultats au niveau de la longueur des branches et de la concentration d'azote dans la solution du sol. La concentration d'azote au sol d'Osmocote a tendance à diminuer en dessous des deux autres traitements vers la fin de la saison. Fait intéressant à noter, la libération d'azote dans le substrat de Nutryon est la plus directement corrélée avec l'absorption foliaire.

3.1.5 Comparaison de trois différents fractionnements d'engrais à libération contrôlée

3.1.5.1 Hydrangea paniculata

Pour l'*Hydrangea*, seuls les traitements avec Nutricote ont eu des effets significatifs sur la croissance.

a) Nutricote

- **Taux de croissance**

Les traitements ont eu un effet significatif ($p = 0,05$) sur le taux de croissance (figure 69). Le traitement 2/3 Nutricote 140 jours + 1/3 Nutricote 70 jours appliqué en même temps sur le substrat a donné le taux de croissance le plus élevé et cela de façon significative à comparer au Nutricote 140 jours. La moyenne du Nutricote fractionné dans le temps se situe entre les deux.

- **Concentration d'azote dans le substrat**

Le graphique de libération de l'azote dans le substrat en fonction du temps (figure 70) nous montre des courbes très similaires pour les trois traitements dans le temps.

Résultats 2005

Nous avons rencontré tous les objectifs fixés pour l'année 2005. Prendre note que toutes les figures en rapport avec les résultats 2005 apparaissent à l'annexe 1 (figures 71 à 86).

3.3 Vivaces (*Chrysanthemum leucanthemum* 'Becky' et *Rudbeckia fulgida* 'Goldsturm')

3.1.6 Comparaison de six types d'enrobage d'engrais à libération contrôlée

Nous avons comparé six types (quatre compagnies) d'enrobage d'engrais à libération contrôlée couramment utilisés en pépinière, soit l'Osmocote Plus 8-9 mois, l'Acer nt une saison, le Multicote 6 mois, le Nutryon 5-6 mois, l'Acer 'hétérogène' 5-7 mois, et le Nutryon 'hétérogène' 5-6 mois.

Les Acer et Nutryon mélange hétérogènes sont dit de type 'Topdress' parce qu'ils ne peuvent être mélangé au terreau. Ceux-ci sont composés d'un mélange d'engrais à libération contrôlée et d'engrais à libération lente. Ils libèrent par conséquent une grande quantité d'élément dès leur application et ne peuvent être mis directement en contact avec les racines. Ils sont en général environ deux fois moins chers que les ELC standard ou tous les éléments sont enrobées.

3.1.6.1 *Chrysanthemum* 'Becky'

a) Nombre de fleurs par plant

Le nombre de fleurs par plant a été influencé significativement ($p = 0,05$) par les traitements (figure 71). Deux types d'ELC se sont démarqués de façon significative des autres traitements, soit l'Osmocote (27,8 fleurs/plant) et le Multicote (26,9 fleurs/plant), suivi de près par l'Acer hétérogène (25,6) et du Nutryon hétérogène (23,0). Le Nutryon s'est avéré le traitement le moins performant d'entre tous et cela de façon significative ($p = 0,05$).

b) Contenu foliaire en azote

Les concentrations d'azote foliaire ont suivi des courbes très similaires dans tous les traitements sauf pour le Nutryon (figure 72). De façon générale, il y a eu un accroissement rapide du contenu foliaire en azote entre le 27 mai et le 10 juin, pour ensuite diminuer graduellement dans le temps. Pour le Nutryon, cette augmentation de la teneur en azote dans les tissus a été beaucoup plus lente que

pour les autres types d'ELC avec une concentration maximale autour du 23 juin. Il est à noter que le contenu foliaire en azote du Nutryon était moins élevé que les autres traitements et cela dès la première date de prélèvement le 27 mai. Les azotes de Acer hétérogène, Nutryon hétérogène, Multicote et Osmocote sont ceux qui ont été le plus rapidement assimilés et ce en plus grande quantité jusqu'à la fin de la saison.

c) pH

Le pH dans la solution du substrat s'est maintenu de façon assez constante et dans les normes (pH 5 à 6) tout au long de la saison pour tous les traitements à l'exception du Nutryon hétérogène et de l'Acer hétérogène (figure 73). En effet, ces deux types d'ELC ont provoqué une hausse importante du pH dès le départ (17 mai) avec des valeurs au-dessus de pH 7, et plus particulièrement avec le Nutryon hétérogène. Par la suite, le pH est redescendu graduellement dans le temps pour rejoindre des niveaux comparables aux autres traitements autour du 21 juin.

d) Salinité

Les courbes de salinité des traitements correspondent assez bien aux courbes de concentrations en azote du substrat ainsi que celles du pH telles que décrites dans la section précédente. On note, en effet, des niveaux de salinité beaucoup plus élevés avec le Nutryon hétérogène et de l'Acer hétérogène en début de saison et un retour aux normes vers le 14 juin (figure 74).

e) Discussion

Les engrais Osmocote et Multicote se sont révélés les plus performants du point de vue de la floraison des plants de *Chrysanthemum* 'Becky'. L'Acer hétérogène ainsi que le Nutryon hétérogène suivent de près avec des performances assez comparables. L'Acer nt et le Nutryon ont été les traitements les moins efficaces. Les performances entre les différents types d'engrais peuvent s'expliquer en partie par les courbes du contenu foliaire en azote ainsi que celle de la salinité. En effet, les traitements les moins performants, l'Acer nt et le Nutryon, ont obtenu les contenus foliaires en azote les moins élevés en début de saison. De plus, ces deux types d'engrais ont maintenu les salinités les plus basses durant presque toute la saison. Ces deux facteurs semblent expliquer un faible taux de relâchement de ces deux types d'ELC comparativement aux autres types évalués dans cet essai. L'Acer hétérogène et le Nutryon hétérogène ont tous deux libérés des quantités d'azote très supérieures aux autres traitements en tout début de saison, mais cela n'a toutefois pas résulté en des plants plus florifères que l'Osmocote et le Multicote.

Le pH très élevé des deux types d'ELC hétérogènes au début de la saison peut s'expliquer par la solubilisation hâtive de certains engrais de base alcalinisant qui ne sont pas enrobés.

3.1.6.2 Rudbeckia fulgida 'Goldsturm'

a) Nombre de fleurs par plant

Le nombre de fleurs par plant a été influencé significativement ($p = 0,05$) par les traitements (figure 75). Les traitements Osmocote, Nutryon hétérogène et Multicote ont obtenu, et cela de façon significative, le plus grand nombre de fleurs par plant, avec des moyennes de 62,3, 58,7, et 53,3 fleurs par plant respectivement. L'Acer nt et l'Acer hétérogène suivaient de près avec des moyennes de 50,1 et 46,6 respectivement. La floraison avec le Nutryon était significativement la moins performante de tous les traitements avec une moyenne de seulement 32,0 fleurs par plant.

b) Concentration d'azote dans le substrat

La courbe de libération de l'azote en fonction du temps est présentée à la figure 76. On remarque pour tous les traitements, sauf l'Acer nt et le Nutryon, une rapide libération de l'azote entre le 16 mai et le 10 juin. L'Acer hétérogène a obtenu la plus forte concentration en azote le 10 juin pour ensuite redescendre assez rapidement dans le temps, et cela, jusqu'à la fin de la saison pour se retrouver au niveau de 100 ppm le 26 août. Les concentrations en azote pour l'Osmocote et Multicote se sont maintenues au-dessus de 200 ppm durant une bonne partie de la saison. Nutryon hétérogène et Acer hétérogène ont quant à eux chuté graduellement après les sommets du mois de juin jusqu'à devenir les moins concentrés à la fin de la saison (26 août) avec Nutryon.

L'Acer nt et le Nutryon ont très peu libéré de l'azote dans la première moitié de la saison. En effet, les concentrations pour ces deux types d'ELC ne dépassaient pas 50 ppm le 10 juin. L'Acer nt a obtenu une concentration en azote acceptable (> 100 ppm) qu'autour du 8 juillet et celle-ci est redescendue graduellement presque à zéro le 26 août. Le Nutryon a été le moins performant de tous les traitements avec une libération débutant que le 23 juin pour atteindre un maximum le 8 juillet (140 ppm) pour ensuite redescendre près de zéro le 26 août.

c) Contenu foliaire en azote

Les courbes du contenu foliaire en azote correspondent assez bien aux courbes de concentrations en azote du substrat telles décrites dans la section précédente. À noter la similitude avec les tendances des deux engrais hétérogènes. (Figure 76 et 77). Les concentrations d'azote foliaire les plus basses ont été obtenus avec les traitements ayant libéré l'azote le moins rapidement et en moins grande concentration dans le substrat, soit le Nutryon et l'Acer nt.

d) pH

Les deux types d'ELC hétérogènes soit Nutryon hétérogène et Acer hétérogène (figure 78) ont provoqué une hausse importante du pH dès le départ (17 mai) avec des valeurs se situant autour de pH 8. Par la suite, le pH est redescendu rapidement trois semaines (17 juin) plus tard pour rejoindre des niveaux comparables aux autres traitements. Les enrobages qui ont libéré le plus durant la saison ont généralement des pH en dessous des normes à l'exception de Nutryon hétérogène. Nutryon et Acer nt ont tous deux, durant une grande partie de la saison, eu des valeurs de pH près des normes minimales.

e) Salinité

Les courbes de salinité des traitements correspondent assez bien aux courbes de concentrations d'azote dans le substrat et celles du pH. On note, en effet, des niveaux de salinité beaucoup plus élevés avec le Nutryon hétérogène et de l'Acer hétérogène en début de saison (figure 79) et une baisse rapide le 14 juin pour ensuite se maintenir généralement en dessous de 1 mS. Les niveaux de salinité du Nutryon et de l'Acer nt étaient les plus bas entre le 17 mai et le 28 juin. Pour l'Osmocote et le Multicote, les niveaux de salinité ont été supérieurs pour la plupart du temps aux autres enrobages à partir du 28 juin.

f) Discussion

Les résultats obtenus avec *Rudbeckia* 'Goldsturm' sont assez comparables à ceux de *Chrysanthemum* 'Becky'. L'Osmocote a le mieux performé suivi de près par le Nutryon hétérogène et du Multicote. Comme avec *Chrysanthemum* 'Becky', c'est le Nutryon qui a le mieux performé avec près de la moitié moins de fleurs par plant que l'Osmocote. L'acer hétérogène a également moins bien performé avec cette vivace, obtenant une moins bonne floraison que son homologue, le Nutryon hétérogène. Les courbes des concentrations de l'azote dans le substrat indiquent un très faible taux de relâchement de l'Acer nt et du Nutryon en début de saison. Les autres types d'engrais ont libérés de façon assez comparable durant la première moitié de la saison. Cependant, on observe durant la deuxième moitié de saison des chutes importantes du niveau d'azote dans tous les traitements sauf l'Osmocote et le Multicote. En effet, ces engrais ont maintenu des niveaux optimums d'azote jusqu'en fin de saison. La faible performance de l'Acer hétérogène peut s'expliquer par un relâchement rapide de l'engrais en début de

saison et par la suite d'une chute assez rapide, et pour enfin se retrouver avec des concentrations en dessous des normes durant toute la deuxième moitié de saison. Les différences entre les concentrations d'azote dans le substrat se sont aussi reflétées dans les contenus foliaires en azote des différents traitements. Les courbes de salinité et de pH sont assez similaires à celles décrites avec *Chrysanthemum* 'Becky'.

3.1.7 Comparaison de deux méthodes d'application de l'Osmocote 6-9 mois et de l'Acer nt 'une saison'

Nous avons comparé deux méthodes d'application, en surface et mélangé terreau, pour deux engrais à libération contrôlée, l'Osmocote 6-9 mois et l'Acer nt 'une saison'.

3.1.7.1 Chrysanthemum 'Becky'

a) Nombre de fleurs par plant

Le nombre de fleurs par plant a été influencé significativement ($p = 0,05$) par les traitements (figure 80). Pour l'Osmocote, le traitement appliqué en surface a donné des plants significativement plus florifères ($p = 0,05$) que celui mélangé au terreau avec des moyennes respectives de 27,8 et 22,2 fleurs par plant. On ne dénote aucune différence significative entre les deux méthodes d'application pour l'Acer nt. Le plus grand nombre de fleurs par plant a été obtenu avec l'engrais Osmocote appliqué en surface tandis que l'Osmocote mélangé au terreau a produit les plants les moins florifères ($p = 0,05$).

3.1.7.2 Rudbeckia fulgida 'Goldsturm'

a) Nombre de fleurs par plant

Le nombre de fleurs par plant a été influencé significativement ($p = 0,05$) par les traitements (figure 81). La méthode d'application en surface a produit des plants plus florifères que la méthode mélangée au terreau et cela pour les deux types d'ELC. L'Osmocote en surface a obtenu la moyenne la plus élevée (62,3 fleurs/plant) de tous les traitements et cela de façon significative ($p = 0,05$), tandis que ce même engrais mélangé au terreau obtenait le moins grand nombre

de fleurs par plant (44,4), sans toutefois différé significativement de l'Acer nt mélangé au terreau.

b) Concentration d'azote dans le substrat

La courbe de libération en fonction du temps est présentée à la figure 82. On remarque, pour le traitement Osmocote appliqué en surface, une rapide et constante libération de l'azote entre le 16 mai et le 10 juin. L'Osmocote mélangé au terreau a libéré l'azote beaucoup moins rapidement, en beaucoup moindre quantité et de façon plus graduelle que l'Osmocote appliqué en surface

Pour la période du 16 mai au 10 juin, on observe que le traitement Acer nt mélangé au terreau a libéré l'azote plus rapidement et en plus grande quantité que L'acer nt en surface. Par la suite, l'Acer nt en surface a maintenu des concentrations plus élevées que l'Acer nt mélangé au terreau.

c) Contenu foliaire en azote

Le contenu foliaire en azote était, pour tous les traitements, assez comparable (figure 83). On n'observe aucune augmentation importante de la concentration d'azote dans la première moitié de la période de prélèvement et cela pour les quatre traitements. Le traitement Osmocote en surface avait un contenu foliaire en azote légèrement plus élevé que les autres traitements à partir du 8 juillet.

d) Discussion

Les résultats démontrent que l'application en surface de l'engrais Osmocote permet d'obtenir des plants plus florifères que lorsqu'il est mélangé au terreau, et cela, pour les deux espèces de vivaces testées. Dans le cas de l'Acer nt, on ne note aucune différence significative entre les deux méthodes d'application pour les deux espèces. L'Osmocote s'est aussi révélé très supérieur à l'Acer nt lors de l'application en surface. Par contre, et de façon générale, l'Acer nt a mieux performé que le traitement Osmocote mélangé au terreau. On peut expliquer ces résultats en observant les courbes de concentration d'azote dans le substrat pour les différents traitements. Lorsqu'appliqué en surface, l'Osmocote a obtenu des concentrations en azote très supérieures aux autres traitements tout au long de la saison.

Il est à noter que la méthode de prise d'échantillon était la même pour tous les traitements. Une petite partie de terreau était prélevé à environ 8-10 cm en dessous de la surface de la colonne du terreau. Ceci implique qu'il soit

théoriquement normal de lire des concentrations d'azote dans le terreau plus faible à ce niveau du substrat pour les traitements 'mélange au terreau'. En effet, comme la plus grande partie des granules mélangées au terreau sont en dessous du substrat échantillonné, l'engrais que celles-ci libèrent est lessivé vers le bas à chaque irrigation.

3.4 Arbres (*Acer* ‘Autumn Blaze’ et *Malus* ‘MacIntosh’)

3.1.8 Comparaison de cinq types d’enrobage d’engrais à libération contrôlée

Nous avons comparé cinq types (quatre compagnies) d’enrobage d’engrais à libération contrôlée couramment utilisés en pépinière, soit l’Osmocote Plus 8-9 mois, l’Acer nt une saison, le Multicote 6 mois, le Nutryon 5-6 mois, et l’Acer ‘hétérogène’ 5-7 mois.

3.1.8.1 *Acer* ‘Autumn Blaze’

a) Diamètre du tronc

Les traitements n’ont eu aucun effet significatif ($p = 0,05$) sur le taux de croissance (figure 84). On note toutefois une légère tendance pour les traitements Osmocote 8-9 mois et Multicote 6 mois qui ont obtenu des diamètres légèrement plus élevés que les trois autres traitements.

b) Contenu foliaire en azote

On ne note aucune différence marquante pour ce qui est du contenu foliaire en azote des différents traitements (figure 85), ce qui reflète assez bien les résultats obtenus pour la croissance. Nutryon et Acer nt donnent tous deux des analyses foliaires plus faibles en azote. Ces résultats reflètent assez bien les données de croissance

3.1.8.2 *Malus* ‘MacIntosh’

a) Concentration d’azote dans le substrat

La courbe de libération de l’azote en fonction du temps est présentée à la figure 86. On remarque que les tendances de l’évolution des concentrations sont semblables pour tous les traitements. L’Acer nt et Nutryon ont donné les concentrations en azotes les plus basses dans l’ensemble de la saison.

b) Discussion

Aucun des traitements ne s'est vraiment démarqué lors des essais avec les espèces ligneuses. On observe par contre une tendance dans l'ensemble des résultats d'analyses qui montrent que Multicote, Osmocote et Nutryon hétérogène ont libéré leur nutriment en plus grande quantité.

3.5 Impact

Avant l'élaboration de ce projet, il était très difficile pour les producteurs de choisir des formulations ou des technologies d'enrobage qui soient adaptées à nos conditions climatiques et qui répondent aux différents types de production ornementale. Les résultats obtenus dans le cadre de ce projet ont permis d'approfondir les connaissances sur le comportement et les méthodes d'application des engrais à libération contrôlée sous nos conditions et pour différentes espèces ornementales.

Il nous est maintenant possible de conseiller les producteurs et de les éclairer sur leur choix d'ELC en fonction de leur régie de culture et des espèces cultivées. Cette étude constitue en soi un outil important pour une meilleure utilisation de ces engrais et viendra appuyer les recommandations des conseillers. Les producteurs se sentent maintenant beaucoup plus en confiance vis-à-vis l'utilisation de ces technologies d'enrobage et cela se concrétisera par une meilleure croissance et une meilleure qualité de leurs produits. Cela se répercutera aussi sur le calendrier des opérations culturales, un temps de production plus court, une meilleure survie à l'hiver et une utilisation plus rationnelle des fertilisants chimiques.

Il nous semble raisonnable d'affirmer qu'une meilleure connaissance des ELC va favoriser leur utilisation par les producteurs au dépend de la fertirrigation. Cette approche est aussi plus respectueuse de l'environnement, en considérant qu'il y a beaucoup moins de pertes d'éléments nutritifs avec les ELC comparativement à la fertirrigation où les pertes par lessivage atteignent parfois 75 %. Cela aura aussi des répercussions sur la qualité de l'eau recyclée qui sera grandement améliorée et nécessitera moins de traitements contre les algues. L'utilisation des ELC permettra aussi de réduire considérablement les coûts de main d'œuvre. Il semble donc que des économies substantielles sont à prévoir pour les producteurs qui utiliseront ces technologies d'enrobage.

Pour ceux qui les utilisent déjà, cette étude permettra de préciser leur choix d'engrais à libération contrôlée et d'améliorer les méthodes d'application sous nos conditions. Par exemple, suite à notre étude, certains producteurs ont décidé d'utiliser un ELC hétérogène deux fois moins cher que celui qu'ils utilisaient auparavant tout en obtenant le même rendement de culture. L'incorporation des ELC au terreau par les compagnies pourrait aussi s'avérer une option très économique pour les producteurs car cela éliminerait pratiquement tout le temps qui est normalement consacré à l'application des fertilisants et tous les oublis qui entraînent généralement des retards de croissance. Pour citer un autre exemple, un producteur a décidé de faire une production d'arbustes en utilisant un ELC et avec la méthode d'application en 'poquet' sur deux saisons. Cela lui économisera du temps et de la main d'œuvre tout en réduisant les

pertes dues à l'hiver. Les courbes de libération des ELC telles que décrites dans cette étude sont aussi très utiles pour les utilisateurs de ces engrais, car elles permettent de déterminer avec plus de précision le temps de libération de chacun des engrais et à quelle période on doit réappliquer certains d'entre eux afin de prévenir les carences.

En outre, ces essais nous ont permis de mettre en lumière et de comprendre les outils différents que représentent chacun des types d'enrobage. Osmocote et Multicote qui sont très performants sous nos latitudes pourraient être utilisés pour les plantes vigoureuses comme les vivaces et certains arbustes. Les Nutricote et Acer nt sont très performants lorsqu'ils sont mélangés au terreau et passent bien l'hiver. Ils pourraient donc être utilisés pour les arbres ou les arbustes ou dans des transplantations d'automne. Acer hétérogènes et Nutryon hétérogène sont beaucoup moins chères que les engrais qui sont entièrement composés d'ELC. Ils peuvent être utilisés dans le cas de production à l'extérieur qui ne nécessitent pas un cycle de production de plus d'une demi saison comme les vivaces.

3.6 Diffusion des résultats

Les activités réalisées dans le cadre de la diffusion des résultats sont les suivantes :

- Déjeuner des membres de l'AQPP : Présentation du projet et diffusion des résultats de mi-projet en novembre 2004.
- Journée des producteurs : Présentation du projet et diffusion des résultats de mi-projet aux intervenants de l'industrie en février 2005.
- Article dans Québec Vert en mai 2005.
- Présentation des résultats au déjeuner des membres de l'AQPP à l'automne 2005.
- Article dans Québec Vert en mars 2006.
- Journée des producteurs : Présentation du projet et diffusion des résultats finaux aux intervenants de l'industrie le 1^{er} février 2006.
- Rapport final à l'été 2006.

Se référer à l'annexe 2 pour la confirmation des activités réalisées ainsi que pour consulter les articles parus dans la revue Québec Vert en mai 2005 et en mars 2006.

4. Plan de financement

Pour plus de détails concernant le plan de financement, bien vouloir se référer à l'annexe 3. Quant aux lettres confirmant l'implication des fournisseurs et des pépiniéristes, on peut les consulter à l'annexe 4.

5. Conclusion et recommandations

La première année, trois méthodes d'application (en surface, mélangé au terreau et en 'Poquet') et différents fractionnements de doses ont été évalués en plus des performances de quatre types d'enrobage soit Osmocote, Nutricote, Nutryon et Nutryon 'hétérogène'.

Nous avons mesuré l'incidence qu'avaient les traitements sur divers paramètres de croissance des plantes à l'essai et suivi les courbes de libération des nutriments dans le sol (analyses SME) ainsi que les concentrations foliaires sur une base régulière en fonction de toute la saison de production 2004.

Osmocote a donné de très bons résultats autant au niveau du taux de croissance que de la floraison. Il reste un outil très efficace dans nos conditions environnementales. Les courbes de libération de ce produit nous ont cependant montré qu'il libère de grandes quantités d'éléments au sol durant les mois plus chauds. Cela pourrait être problématique s'il est utilisé à des moyennes de températures élevées comme dans le cas de canicules ou en serre avec des plantes qui sont peu tolérantes à un taux de salinité élevé.

Nutricote a démontré que, lorsqu'il était mélangé au terreau, appliqué en poquet ou en fractionnant les doses, son rendement était comparable à celui d'Osmocote.

Le Nutryon 'hétérogène' a, quant à lui, très bien tiré son épingle du jeu lorsqu'il est utilisé avec des vivaces. Il devient un intrant de choix pour les productions à court terme à l'extérieur comme les vivaces par exemple.

Durant l'été 2005, Acer, Acer 'hétérogène', Multicote, Osmocote et Nutryon ont été mis à l'étude. Osmocote a servi de traitement témoin aux autres enrobages. Les mêmes paramètres que ceux mesurés à l'été 2004 ont été évalués en 2005.

Comme pour l'année 2004, c'est l'Osmocote qui a le mieux performé avec les deux espèces de vivaces. Son application en surface est fortement recommandée, car son efficacité est grandement réduite lorsqu'il est incorporé au terreau. De plus, cet engrais maintient des niveaux d'azote supérieurs jusqu'à la toute fin de la saison. Ce facteur pourrait être déterminant en ce qui concerne la survie à l'hiver de certaines espèces. Le Multicote a aussi donné un très bon rendement lors de la floraison des vivaces. Pour ces deux engrais, on note que le pH tend à descendre avec le temps et que leur relâchement peut être excessif en période de forte chaleur. On recommande donc ces deux types d'engrais pour les plantes de croissance moyenne à vigoureuse comme *Chrysanthemum*, *Digitalis*, *Hemerocallis*, *Chelone*, etc.

L'Acer nt et l'Acer hétérogène ont libéré de façon plus modérée dans nos essais et ont obtenu un assez bon rendement, même lorsque l'Acer nt a été mélangé au terreau. Ils sont recommandés pour les plantes à croissance lente à vigoureuse comme *Astilbe*, *Rosmarinus*, *Campanula*, *Lamium*, etc.

Le Nutryon 5-6 mois est l'engrais qui à le moins bien performé avec les vivaces. De son côté, le Nutryon hétérogène a donné de bons rendements et sa performance se compare à celle de 2004 et demeure un bon choix pour la production de courte durée.

Nous avons suivi notre plan de travail de façon à répondre à tous les objectifs que nous nous étions fixés pour les saisons 2004 et 2005. Il nous apparaît important, dans l'avenir, de pouvoir vérifier l'efficacité des différents enrobages et cela pour un plus grand nombre d'espèces ou de cultures ornementales.

Les principales recommandations quant à la planification et à l'exécution d'un tel projet dans le futur seraient :

- Un suivi plus serré du chargé de projet;
- Allouer autant de temps à la collecte de données qu'à l'encadrement technique;
- Vérifier les compétences et les méthodes de travail de chacune des personnes ressources de l'entreprise.

De plus, le choix du site et du producteur est un facteur déterminant pour la bonne réussite des essais.

ANNEXE 1

Figures en rapport des résultats obtenus

Figure 1. Taux de croissance de *Chrysanthemum* 'Becky' en fonction de quatre types d'engrais à libération contrôlée (ELC) 9 juillet 2004

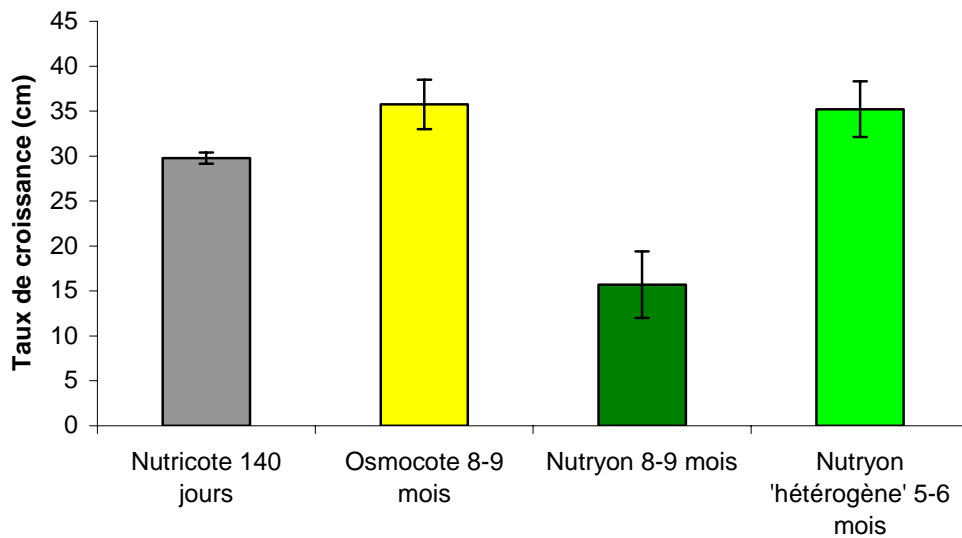


Figure 2. Taux de croissance de *Chrysanthemum* 'Becky' en fonction de quatre types d'ELC 13 août 2004

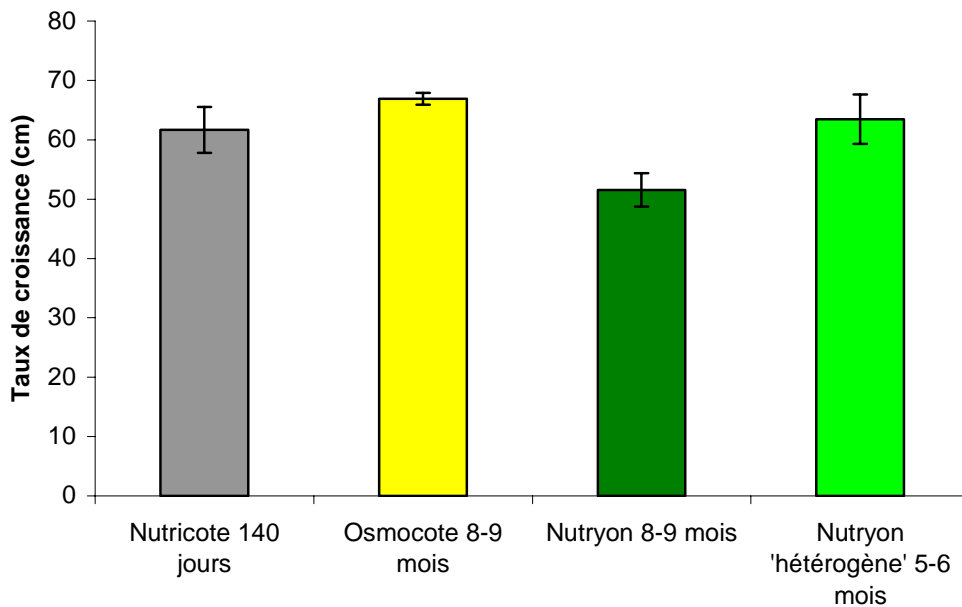


Figure 3. Nombre de fleurs par plant de *Chrysanthemum* 'Becky' en fonction de quatre types d'ELC 14 octobre 2004

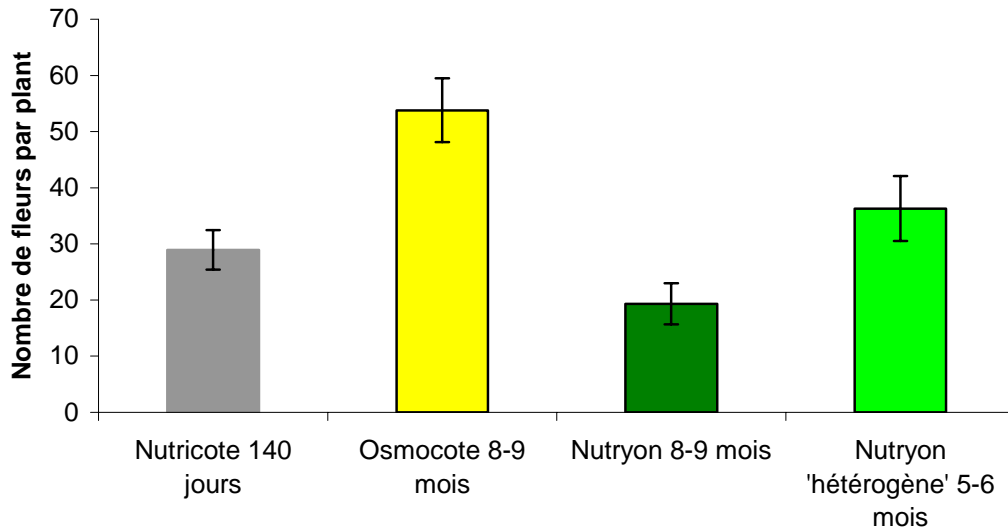
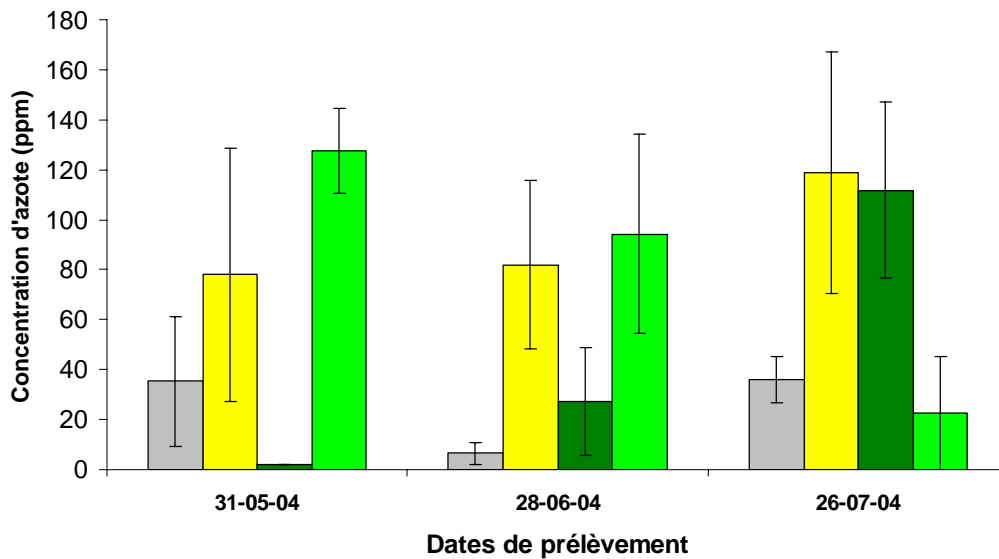


Figure 4. Concentration d'azote dans le substrat de *Chrysanthemum* 'Becky' pour quatre types d'ELC et en fonction de trois dates de prélèvement



Nutricote 140 jours
 Osmocote 8-9 mois
 Nutryon 8-9 mois
 Nutryon 'hétérogène' 5-6 mois

Figure 5. Concentration d'azote dans le substrat de *Chrysanthemum* 'Becky' pour quatre types d'ELC et en fonction du temps

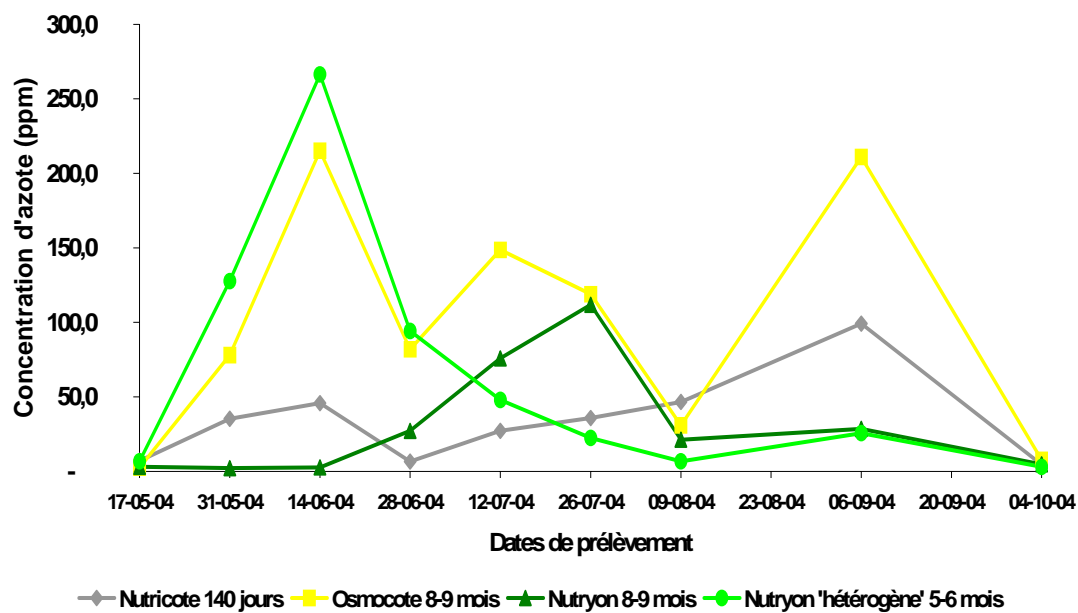
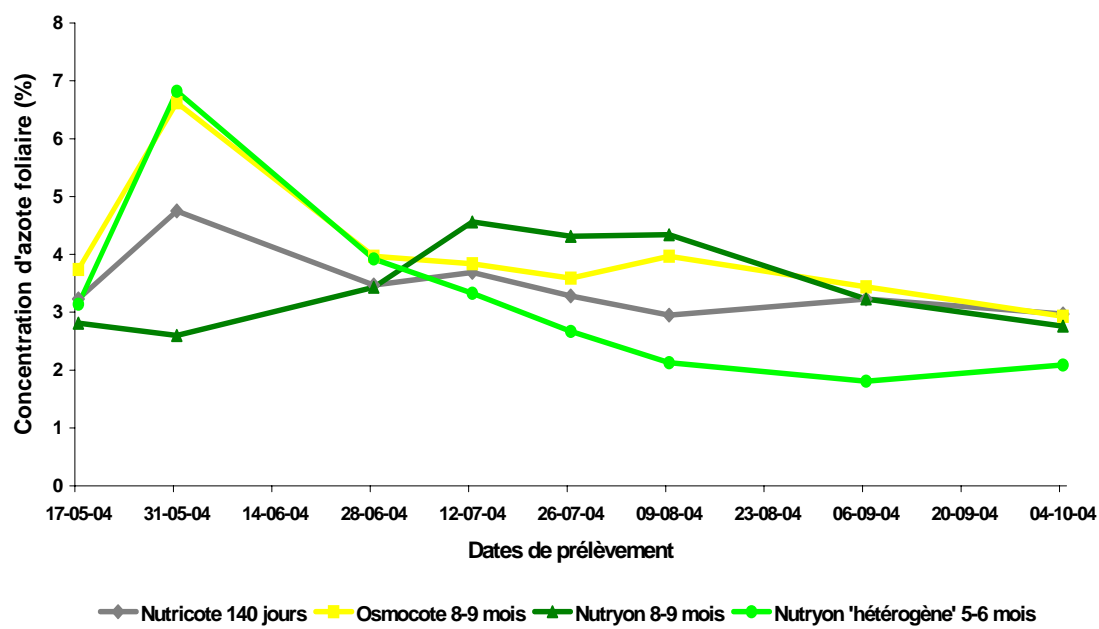
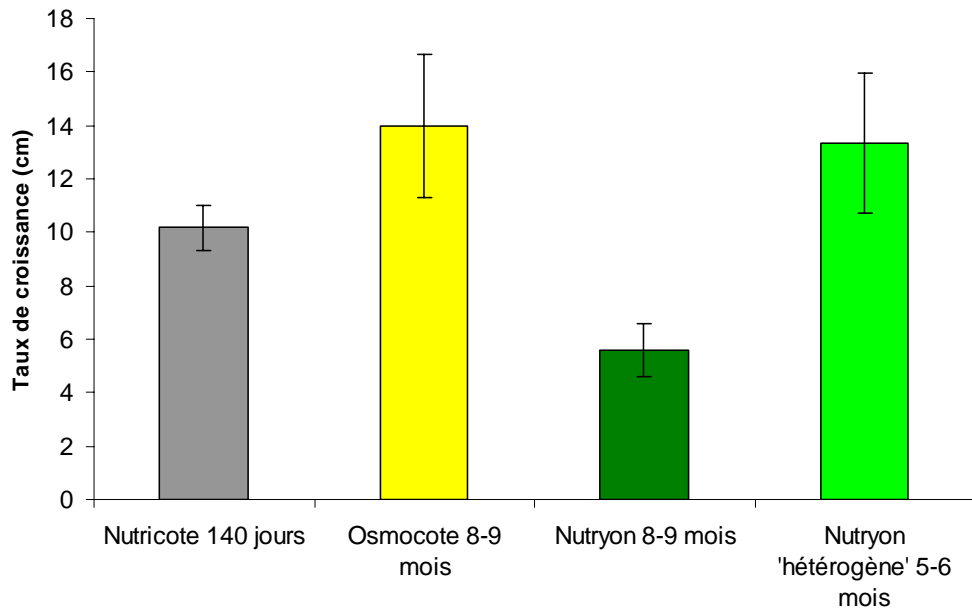


Figure 6. Concentration d'azote foliaire dans *Chrysanthemum* 'Becky' pour quatre types d'ELC et en fonction du temps



**Figure 7. Taux de croissance de Rudbeckie 'Goldsturm' en fonction de quatre types d'ELC
9 juillet 2004**



**Figure 8. Taux de croissance de Rudbeckie 'Goldsturm' en fonction de quatre types d'ELC
14 octobre 2004**

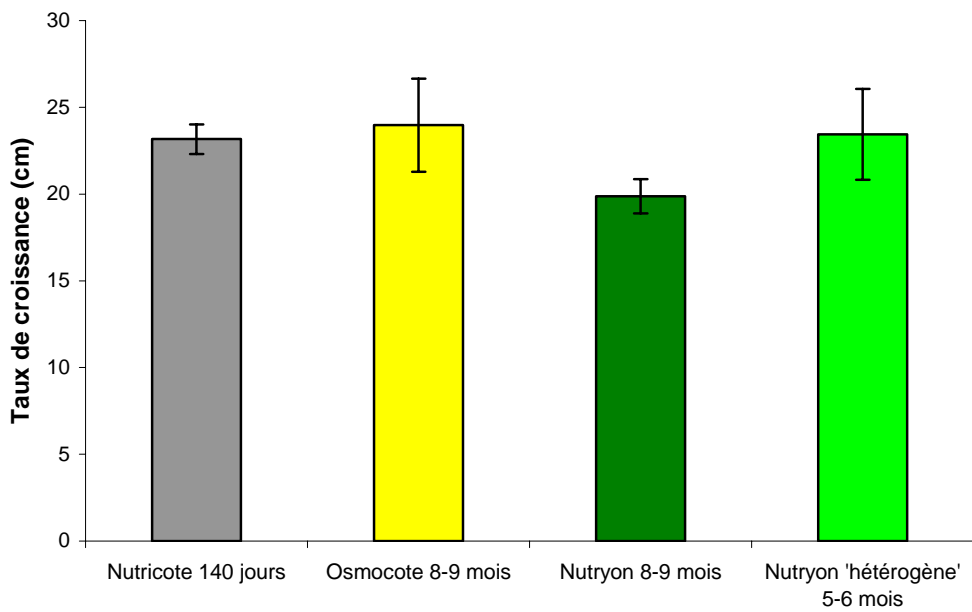


Figure 9. Nombre de fleurs par plant de Rudbeckie 'Goldsturm' en fonction de quatre types d'ELC 14 octobre 2004

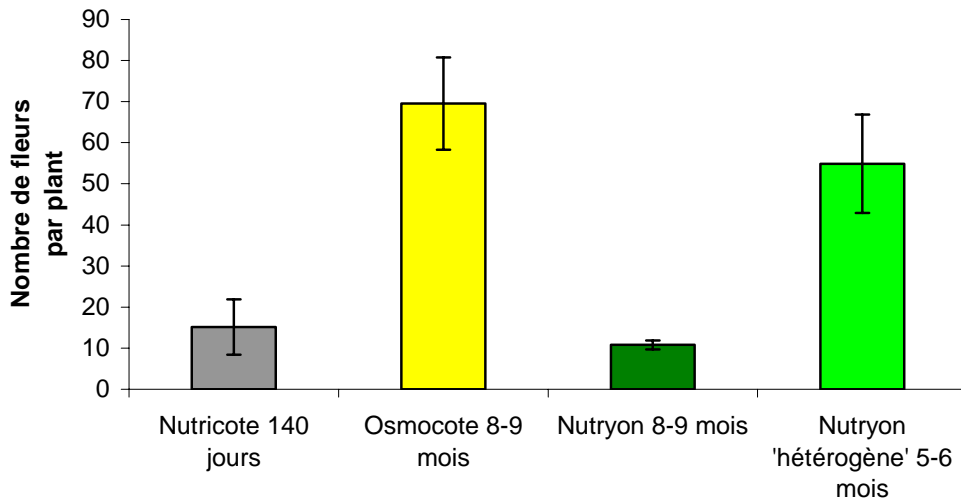


Figure 10. Concentration d'azote dans le substrat de Rudbeckie 'Goldsturm' selon quatre types d'ELC et en fonction de trois dates de prélèvement

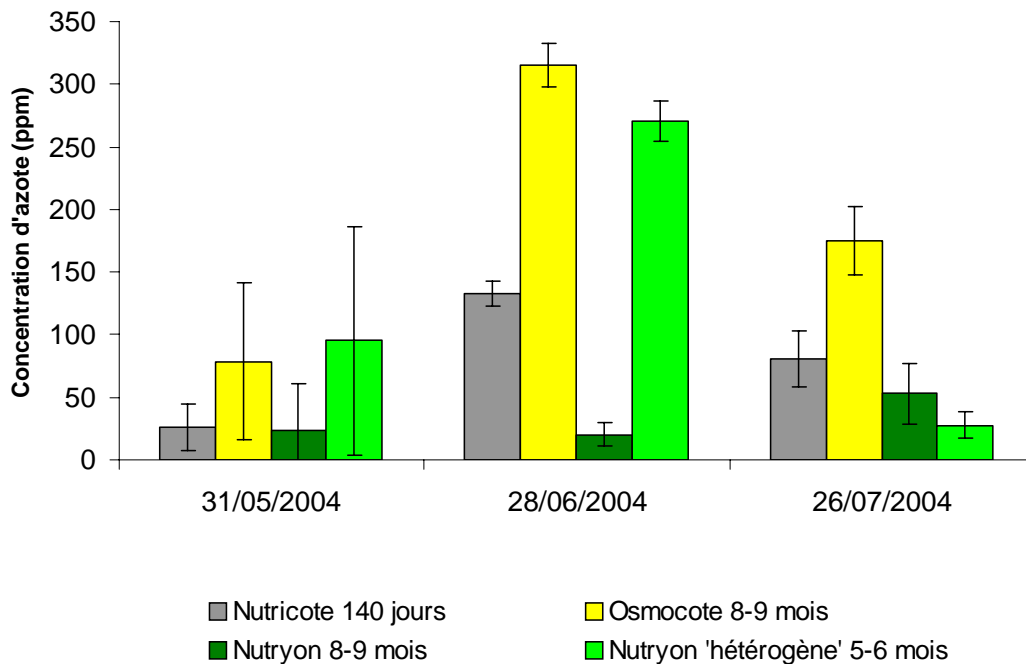


Figure 11. Concentration d'azote dans le substrat de Rudbeckie 'Goldsturm' pour quatre types d'EIC et en fonction du temps

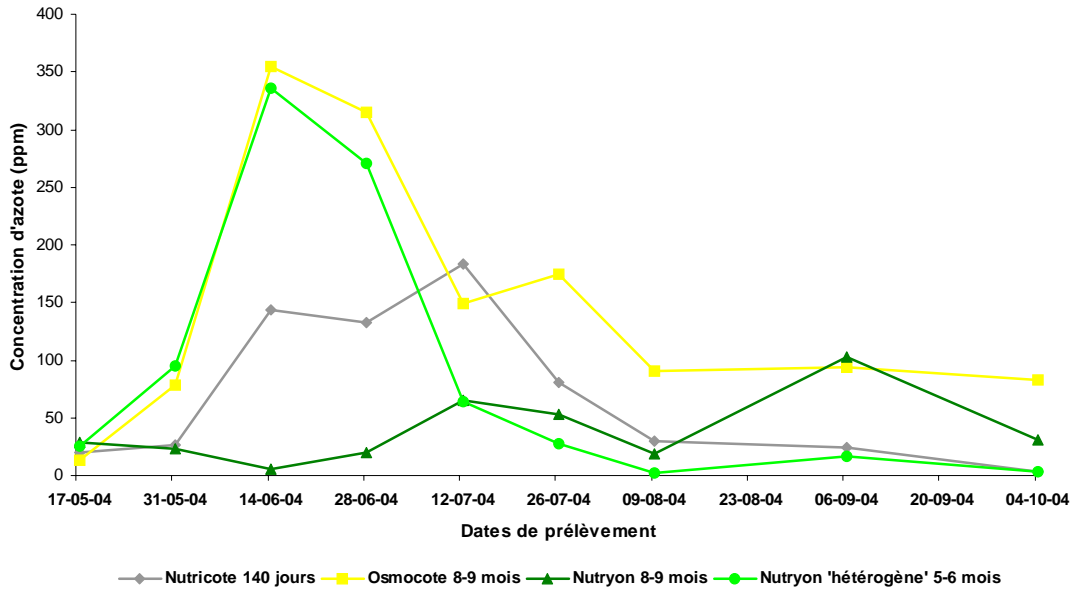


Figure 12. Concentration d'azote foliaire dans Rudbeckie 'Goldsturm' pour quatre types d'ELC et en fonction du temps

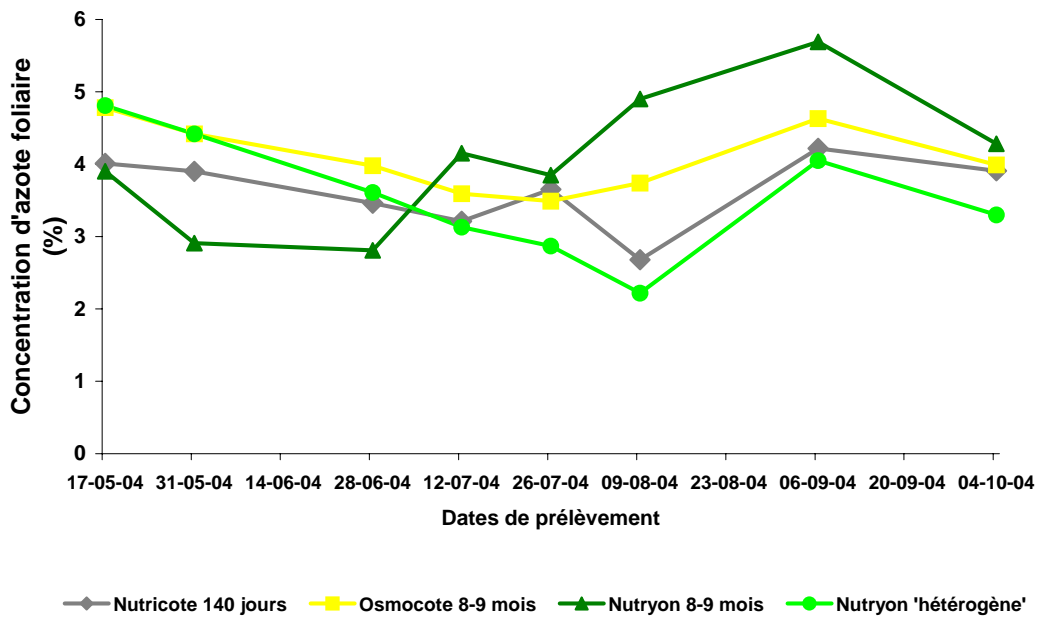


Figure 13. Taux de croissance de *Chrysanthemum* 'Becky' en fonction de quatre méthodes d'application du Nutricote 140 jours
9 juillet 2004

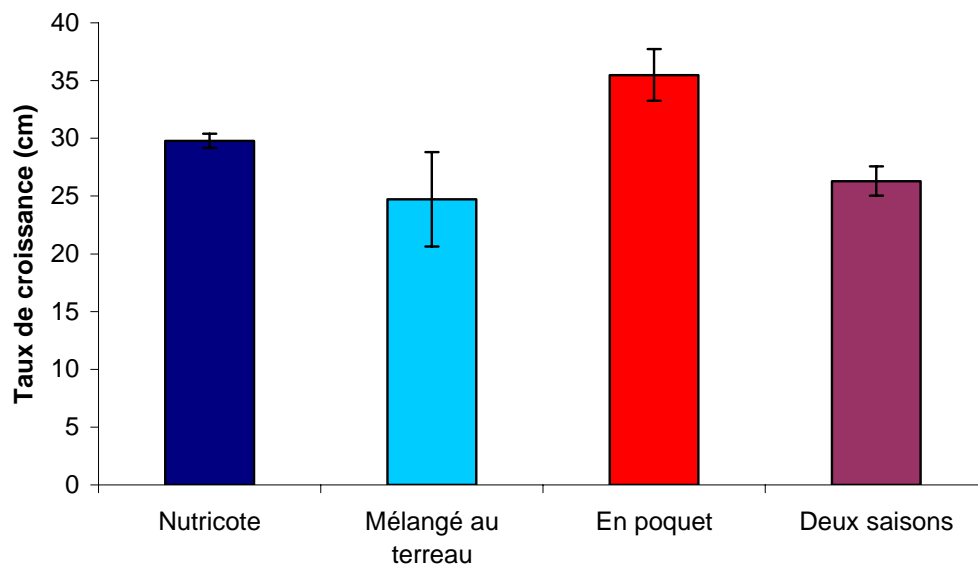


Figure 14. Taux de croissance de *Chrysanthemum* 'Becky' en fonction de quatre méthodes d'application du Nutricote 140 jours
13 août 2004

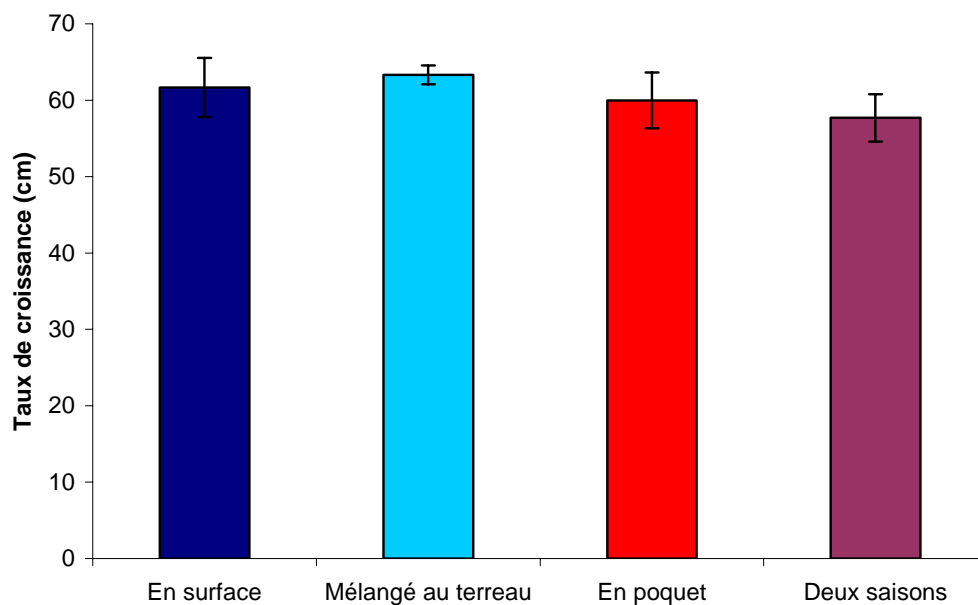


Figure 15. Nombre de fleurs par plant de *Chrysanthemum* 'Becky' en fonction de quatre méthodes d'application du Nutricote 140 jours

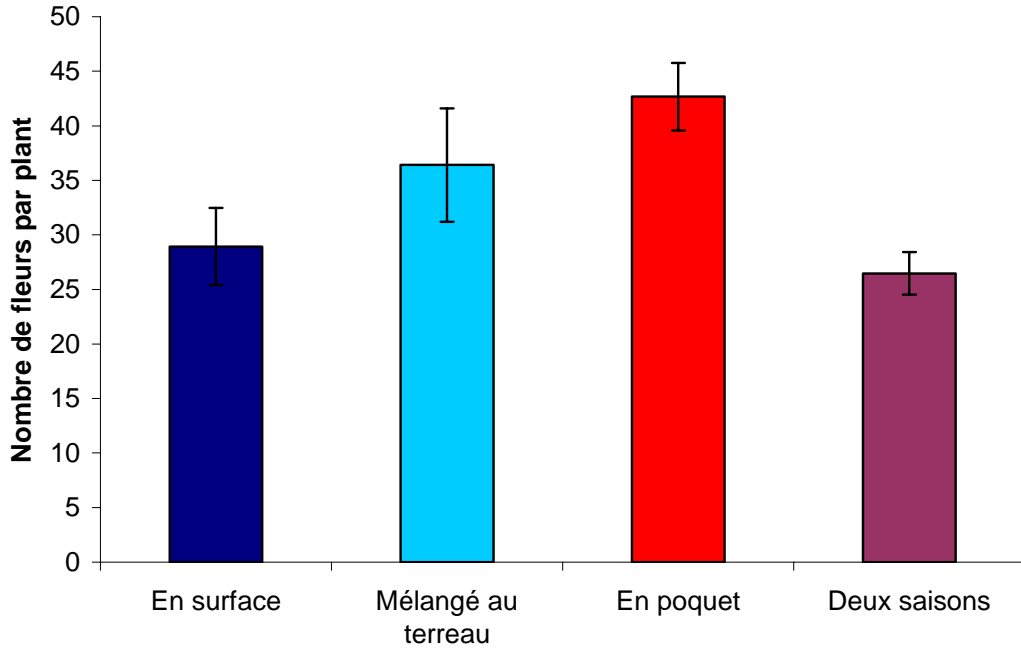


Figure 16. Concentration d'azote dans le substrat de *Chrysanthemum* 'Becky' pour quatre méthodes d'application du Nutricote 140 jours et en fonction du temps



Figure 17. Concentration d'azote dans le substrat de *Chrysanthemum* 'Becky' pour quatre méthodes d'application du Nutricote 140 jours et en fonction du temps

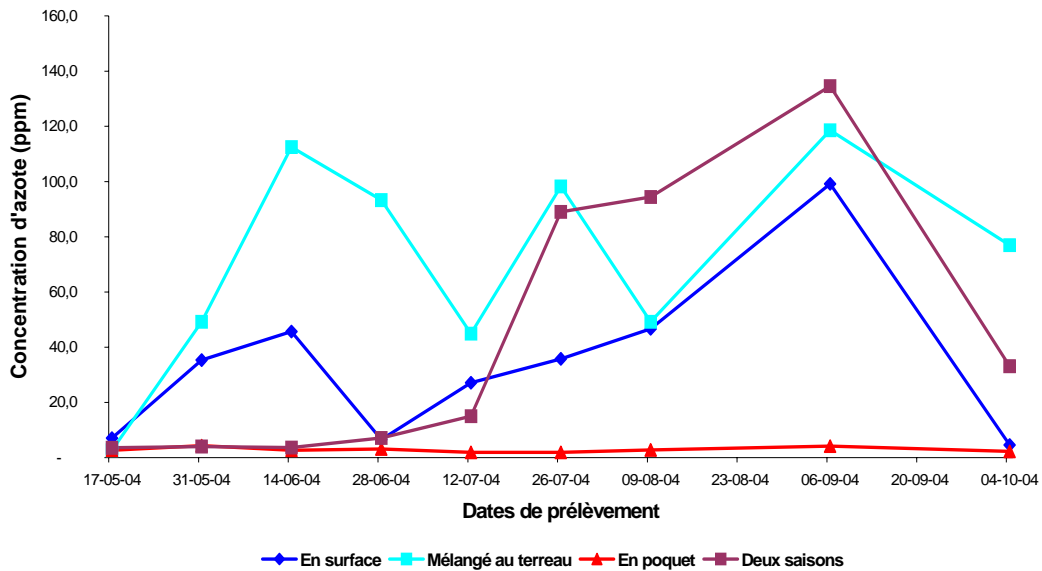
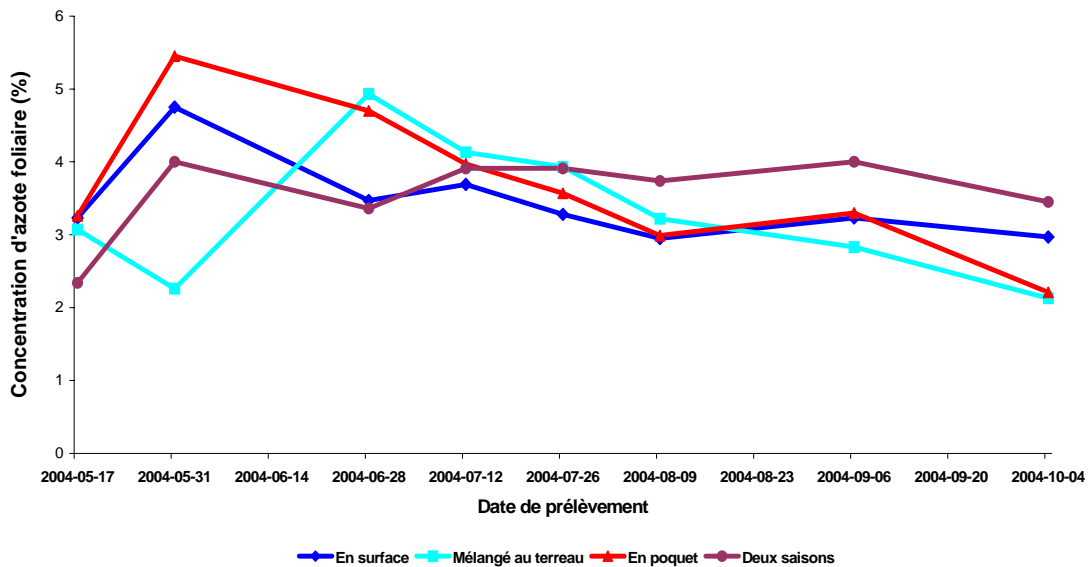
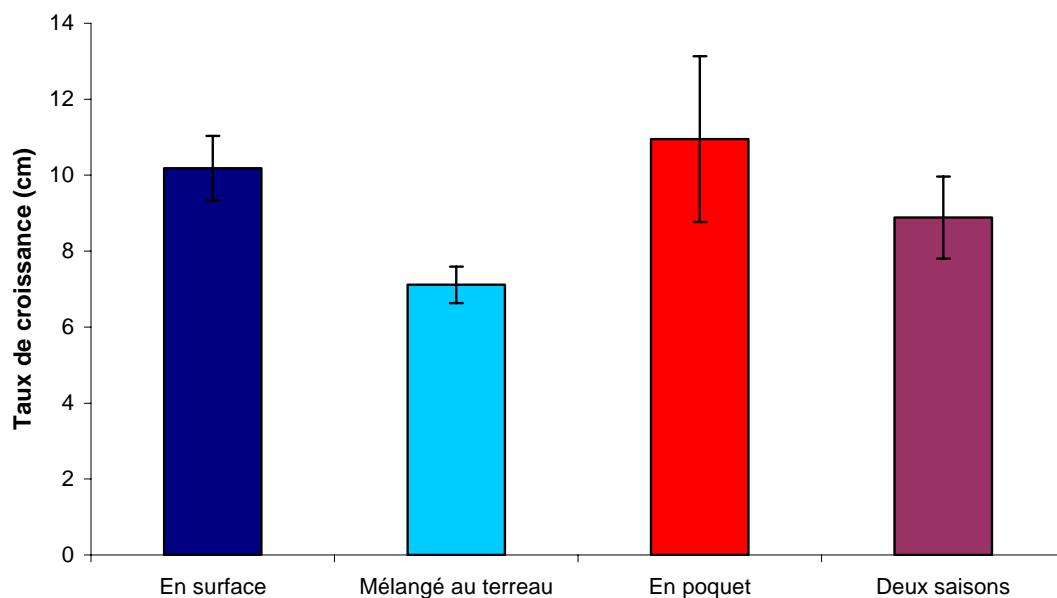


Figure 18. Concentration d'azote foliaire dans *Chrysanthemum* 'Becky' pour quatre méthodes d'application du Nutricote 140 jours et en fonction du temps



**Figure 19. Taux de croissance de Rudbeckie 'Goldsturm' en fonction de quatre méthodes d'application du Nutricote 140 jours
9 juillet 2004**



**Figure 20. Taux de croissance de Rudbeckie 'Goldsturm' en fonction de quatre méthodes d'application du Nutricote 140 jours
14 octobre 2004**

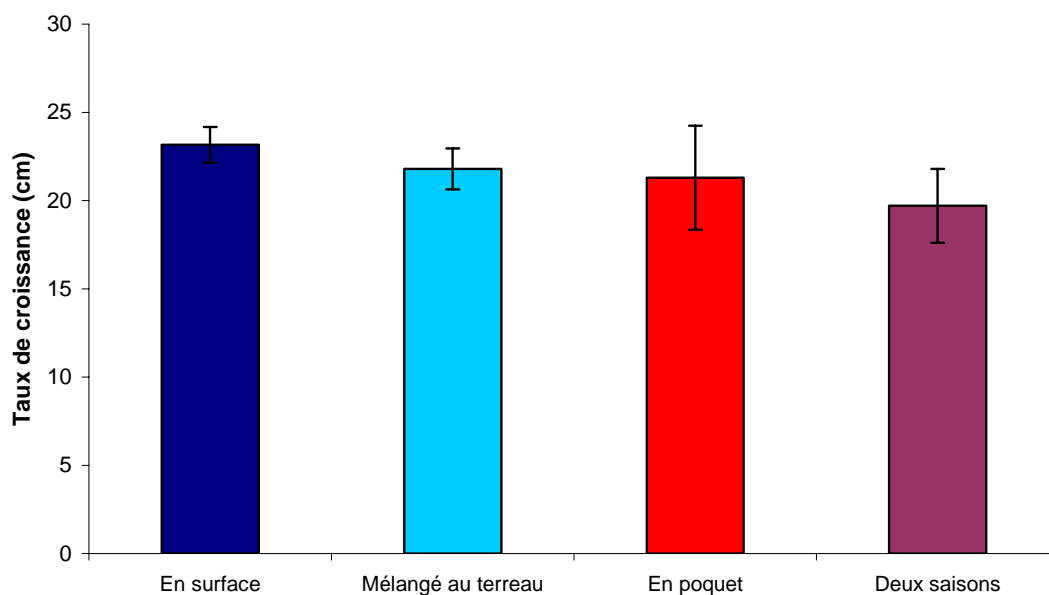


Figure 21. Nombre de fleurs par plant de Rudbeckie 'Goldsturm' en fonction de quatre méthodes d'application du Nutricote 140 jours 14 octobre 2004

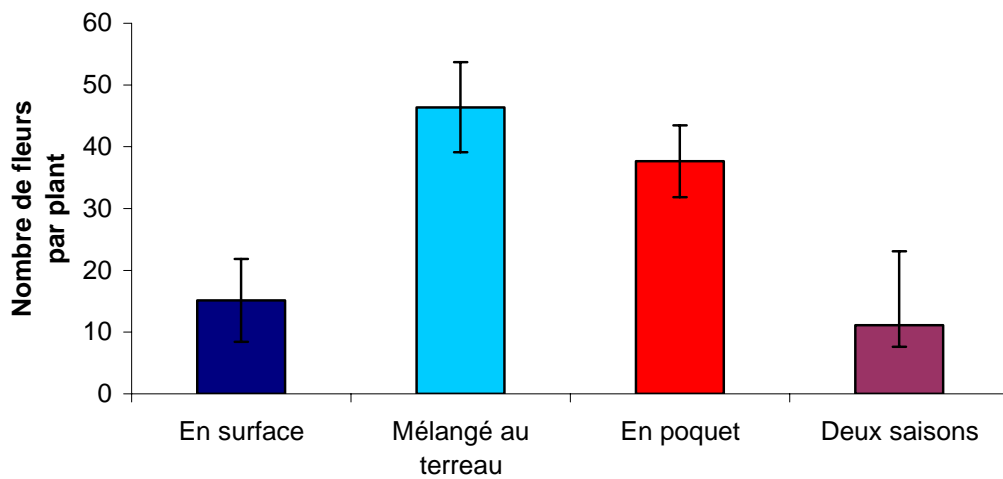


Figure 22. Concentration d'azote dans le substrat de Rudbeckie 'Goldsturm' selon quatre méthodes d'application du Nutricote 140 jours et en fonction du temps

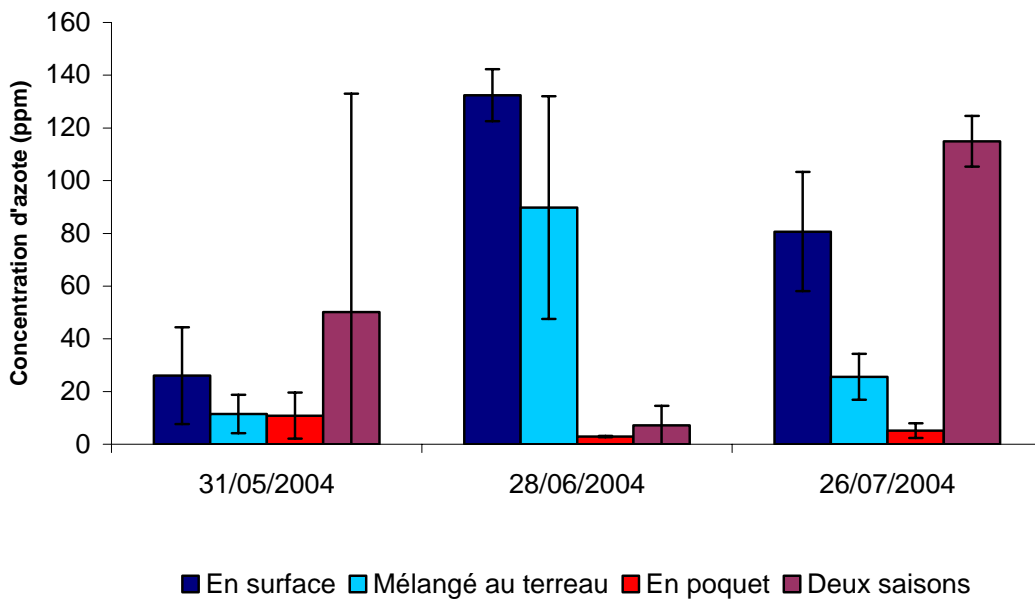


Figure 23. Concentration d'azote dans le substrat de Rudbeckie 'Goldsturm' pour quatre méthodes d'application de Nutricote 140 jours et en fonction du temps

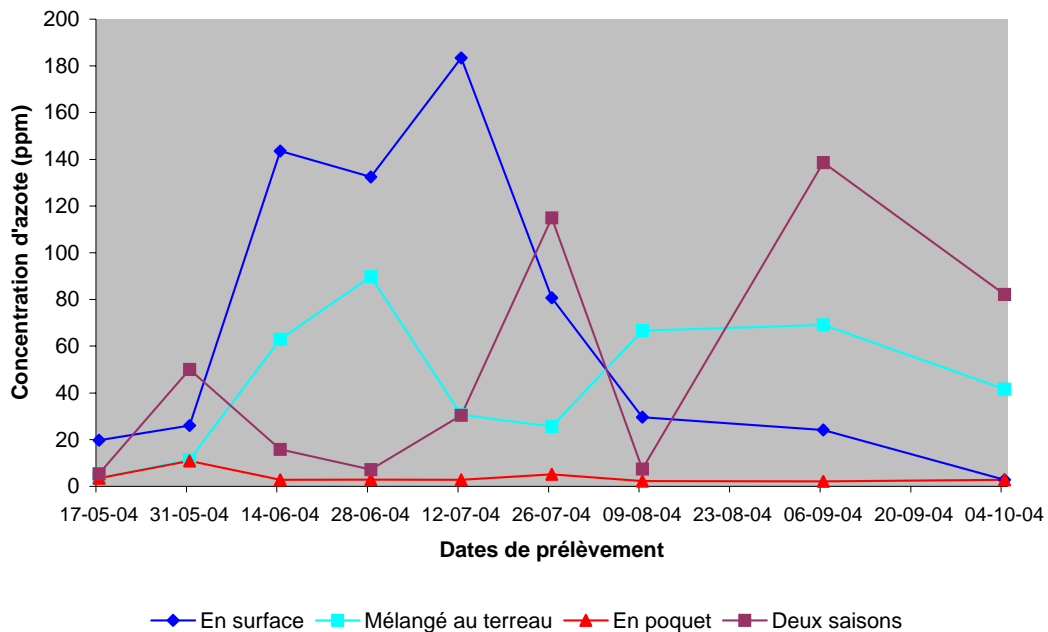


Figure 24. Concentration d'azote foliaire dans Rudbeckie 'Becky' pour quatre méthodes d'application de Nutricote 140 jours et en fonction du temps

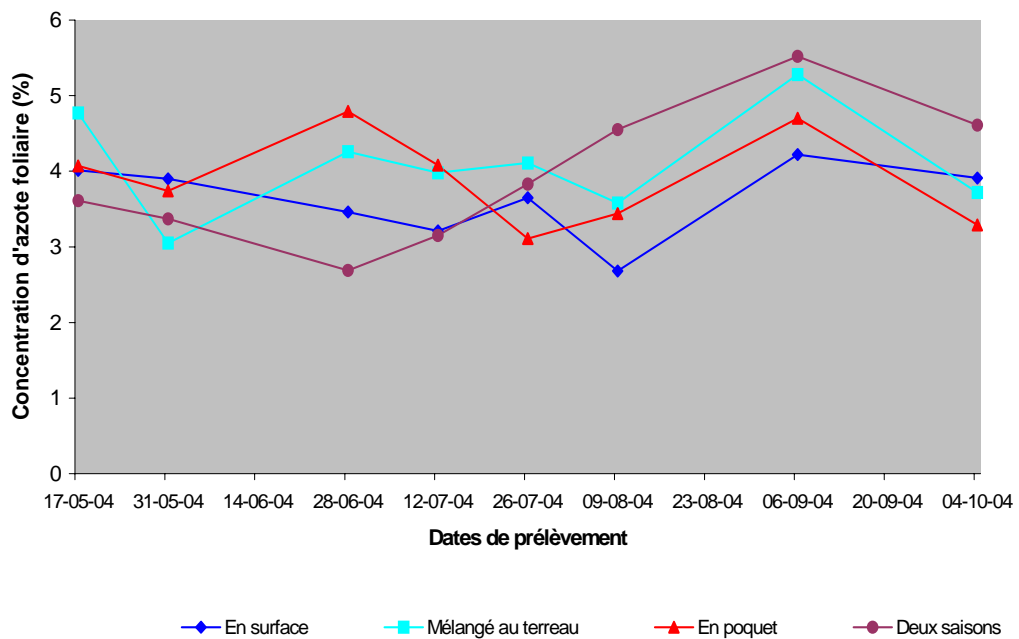


Figure 25. Taux de croissance de *Chrysanthemum* 'Becky' en fonction de trois fractionnements de dose du Nutricote 9 juillet 2004

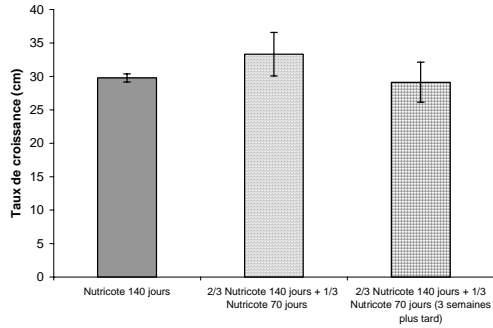


Figure 26. Taux de croissance de *Chrysanthemum* 'Becky' en fonction de trois fractionnements de dose du Nutricote 13 août 2004

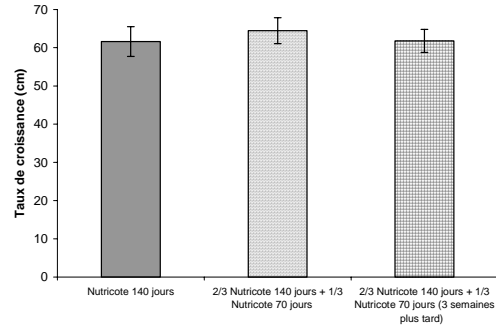


Figure 27. Nombre de fleurs par plant de *Chrysanthemum* 'Becky' en fonction de trois fractionnements de dose du Nutricote

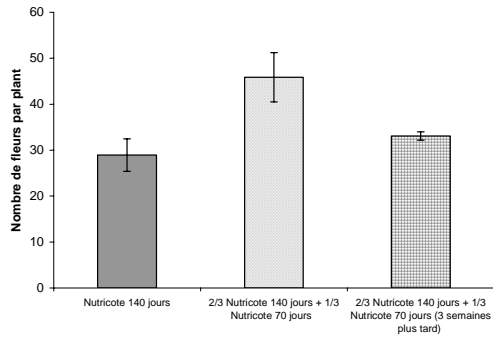


Figure 28. Concentration d'azote dans le substrat de *Chrysanthemum* 'Becky' pour trois fractionnements de dose du Nutricote et en fonction de trois dates de prélèvement

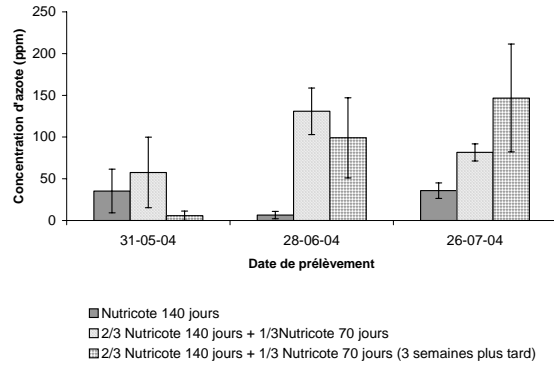


Figure 29. Concentration d'azote dans le substrat de *Chrysanthemum* 'Becky' pour trois fractionnements de dose du Nutricote et en fonction du temps

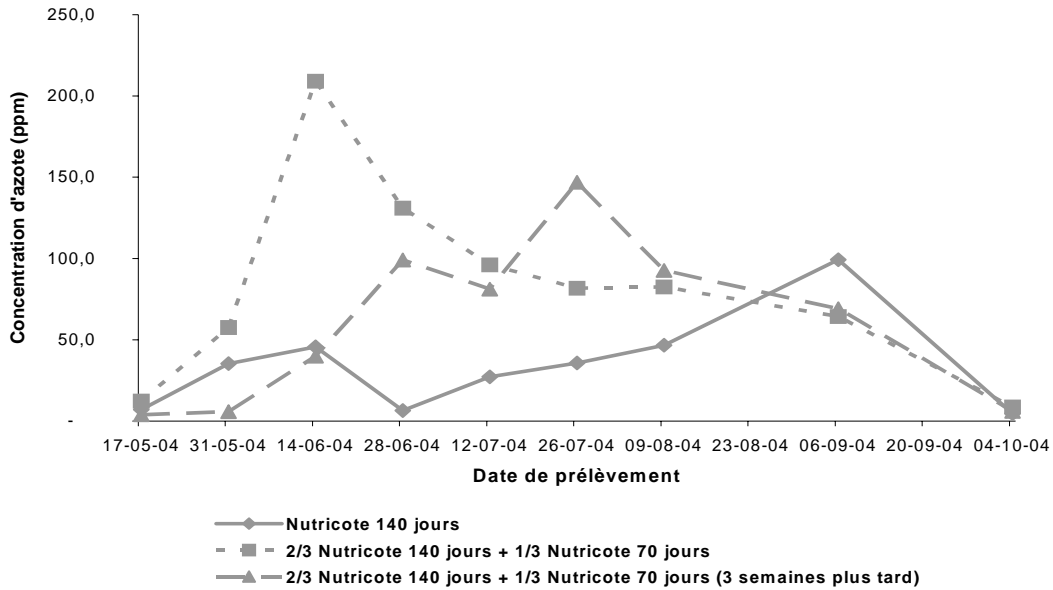
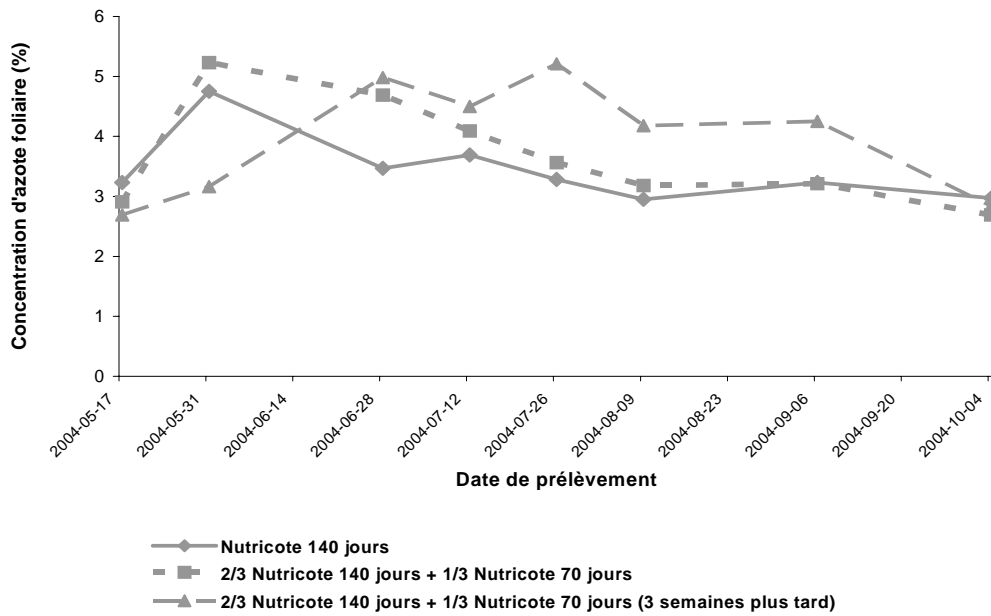


Figure 30. Concentration d'azote foliaire de *Chrysanthemum* 'Becky' pour trois fractionnements du Nutricote et en fonction du temps



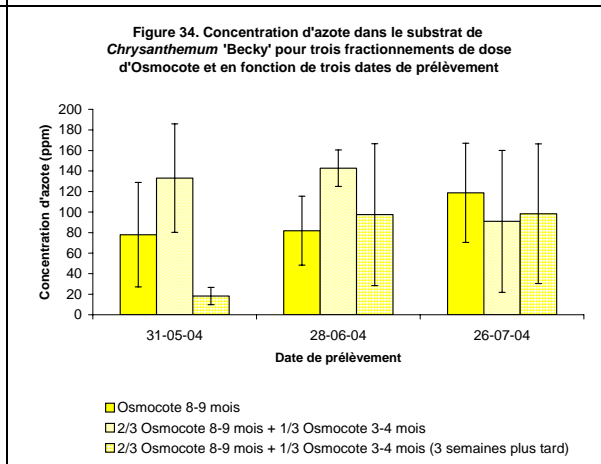
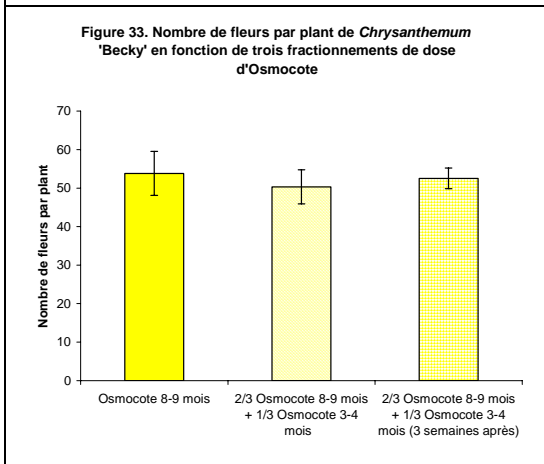
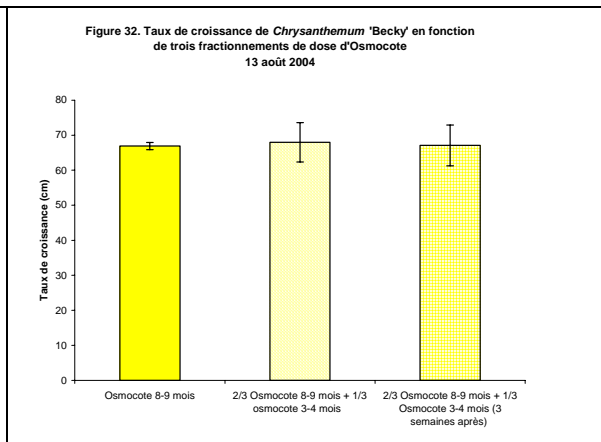
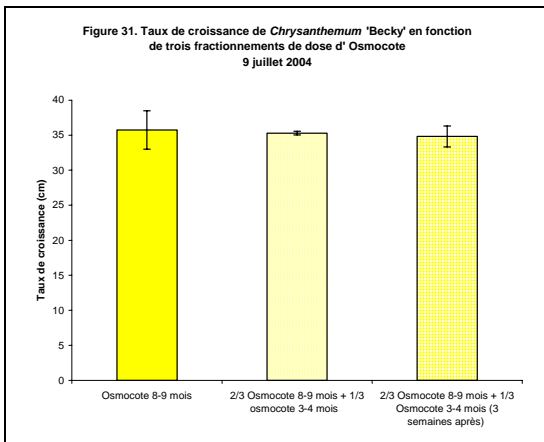


Figure 35. Concentration d'azote dans le substrat de *Chrysanthemum* 'Becky' pour trois fractionnements de dose d'Osmocote et en fonction du temps

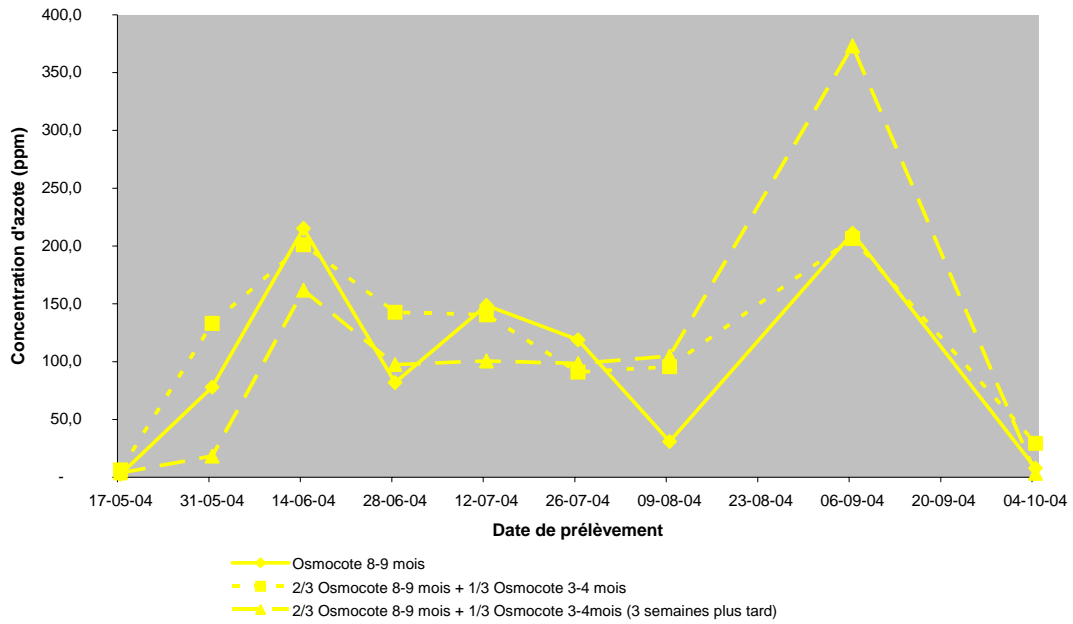
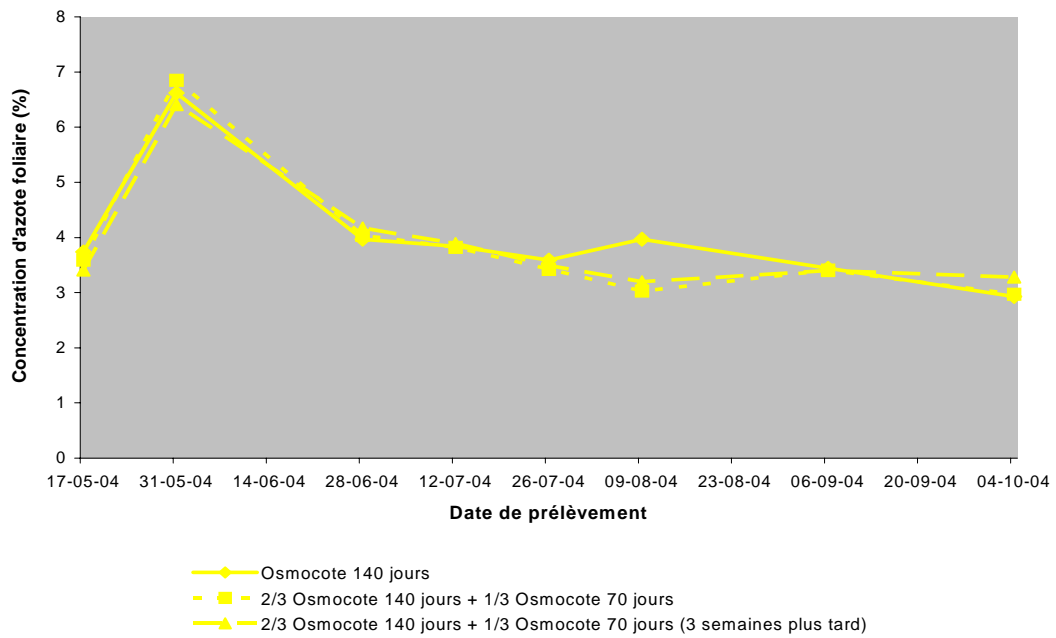


Figure 36. Concentration d'azote foliaire dans *Chrysanthemum* 'Becky' pour trois fractionnements de dose d'Osmocote et en fonction du temps



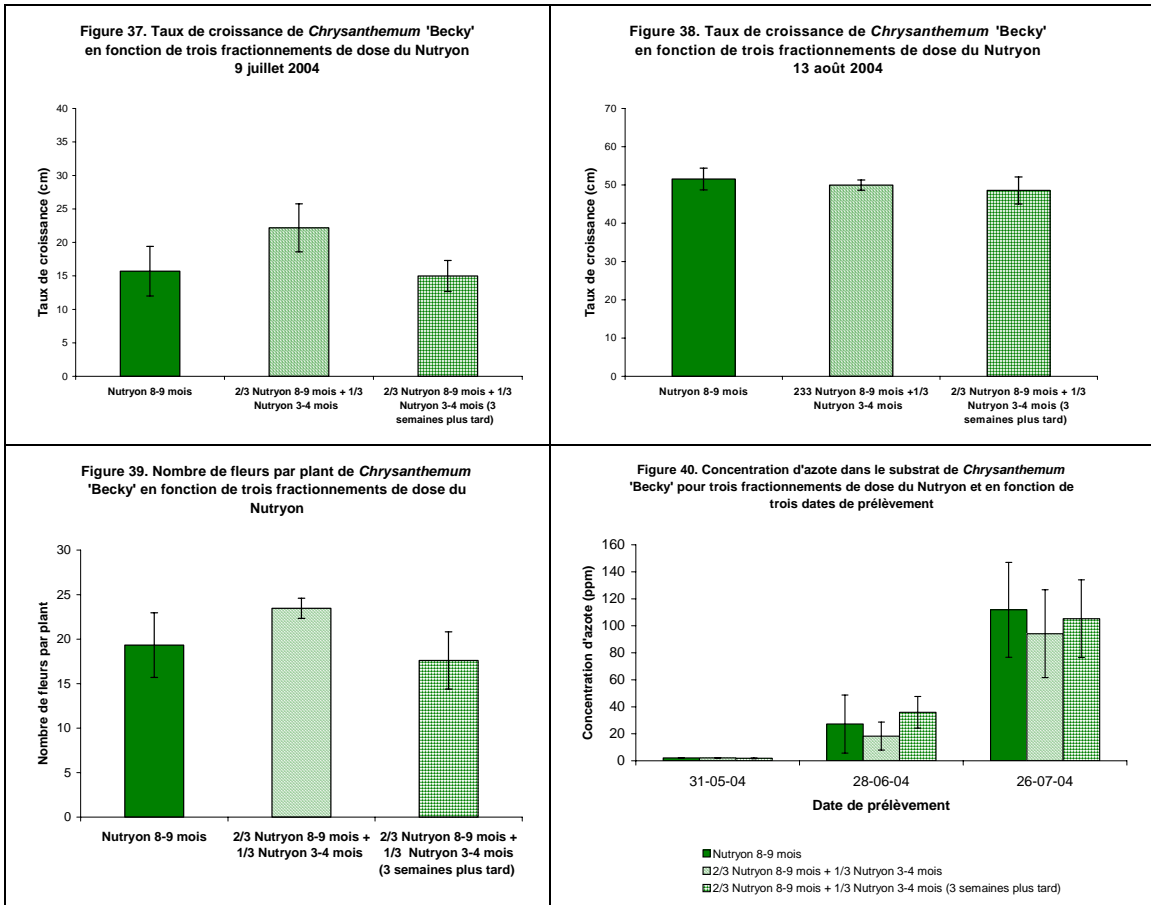


Figure 41. Concentration d'azote dans le substrat de *Chrysanthemum* 'Becky' pour trois fractionnements de dose du Nutryon et en fonction du temps

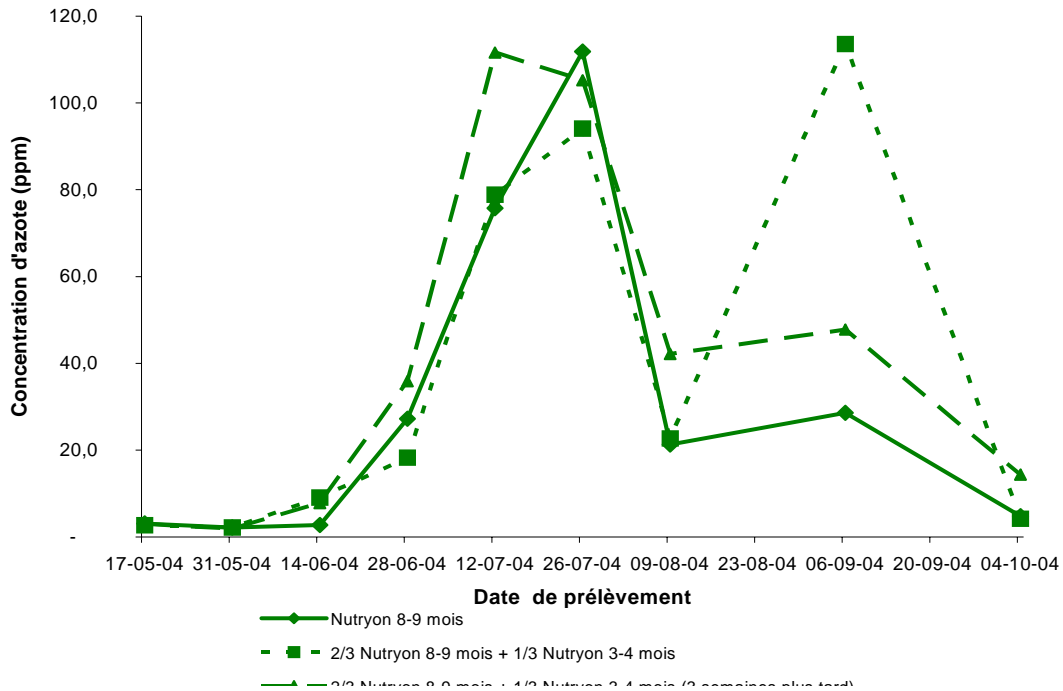


Figure 42. Concentration d'azote foliaire dans *Chrysanthemum* 'Becky' pour trois fractionnements de dose du Nutryon et en fonction du temps

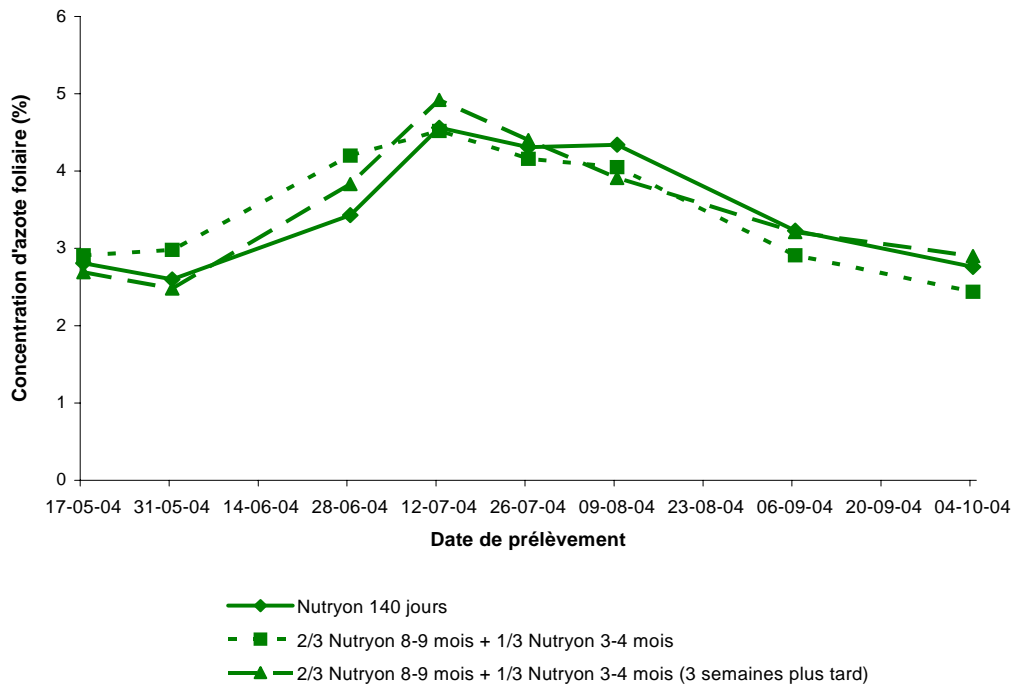


Figure 43. Taux de croissance de Rudbeckie'Goldsturm' en fonction de trois fractionnements de dose du Nutricote 9 juillet 2004

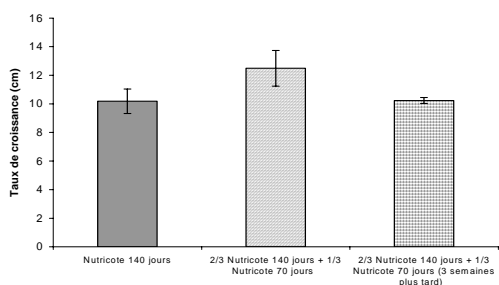


Figure 44. Taux de croissance de Rudbeckie 'Goldsturm' en fonction de trois fractionnements de dose du Nutricote 14 octobre 2004

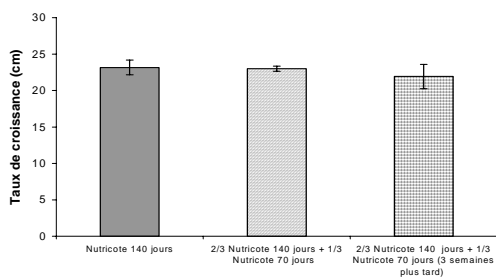


Figure 45. Nombre de fleurs par plant de Rudbeckie 'Goldsturm' en fonction de trois fractionnements de dose du Nutricote 14 octobre 2004

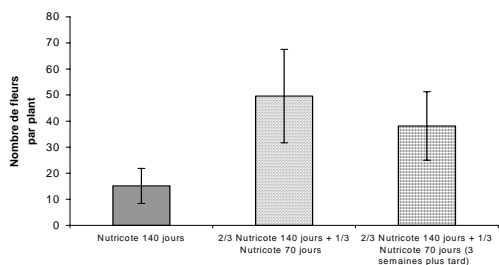


Figure 46. Concentration d'azote dans le substrat de Rudbeckie 'Goldsturm' pour trois fractionnements de dose du Nutricote et en fonction de trois dates de prélèvement

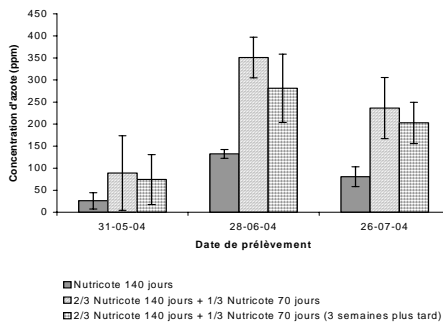


Figure 47. Concentration d'azote dans le substrat de Rudbeckie 'Goldsturm' pour trois fractionnements de dose du Nutricote en fonction du temps

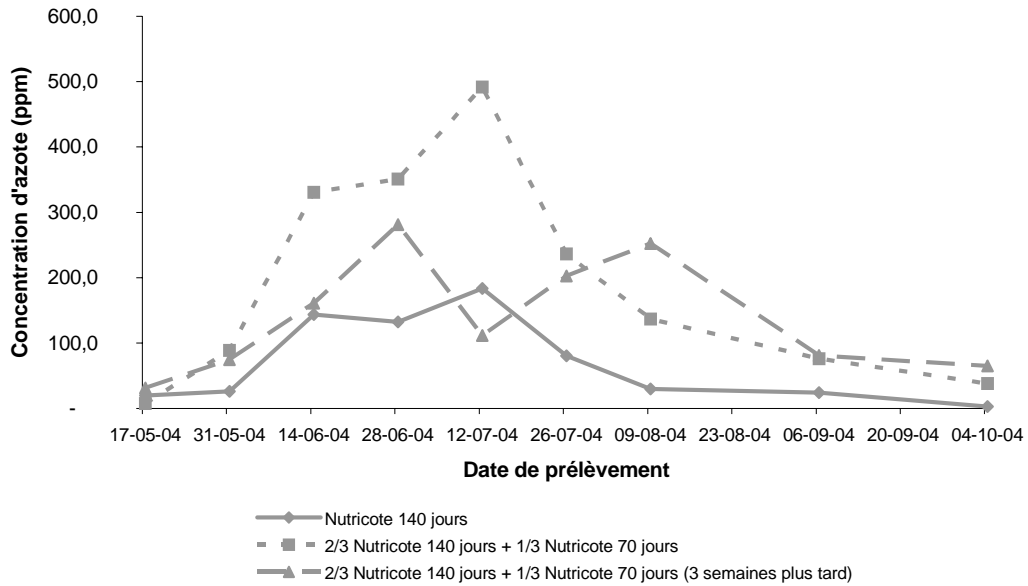
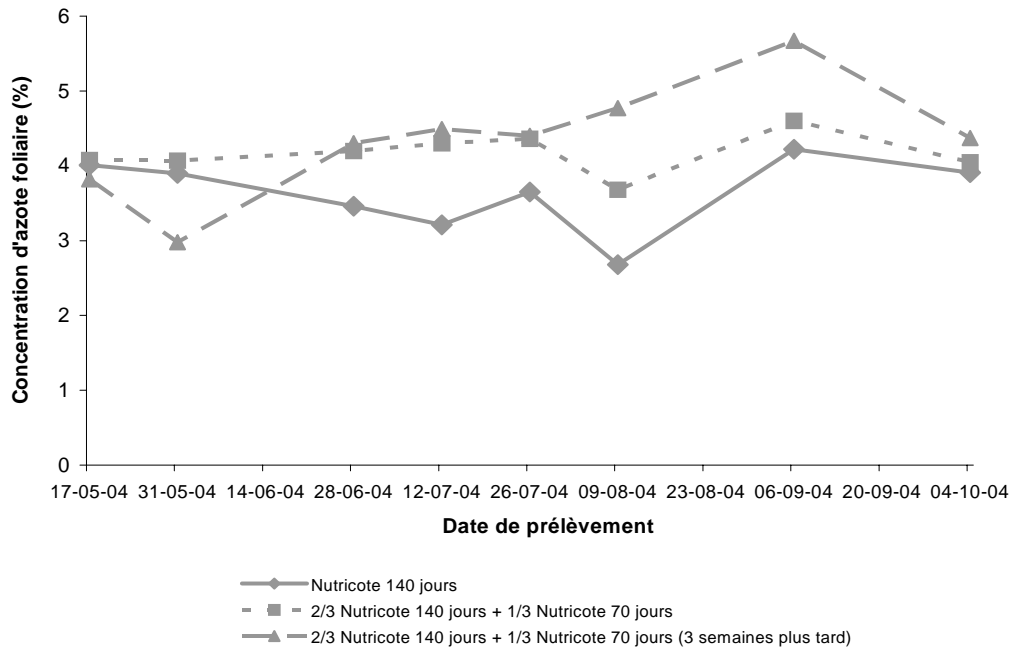


Figure 48. Concentration d'azote foliaire dans Rudbeckie 'Goldsturm' pour trois fractionnements de dose du Nutricote et en fonction du temps



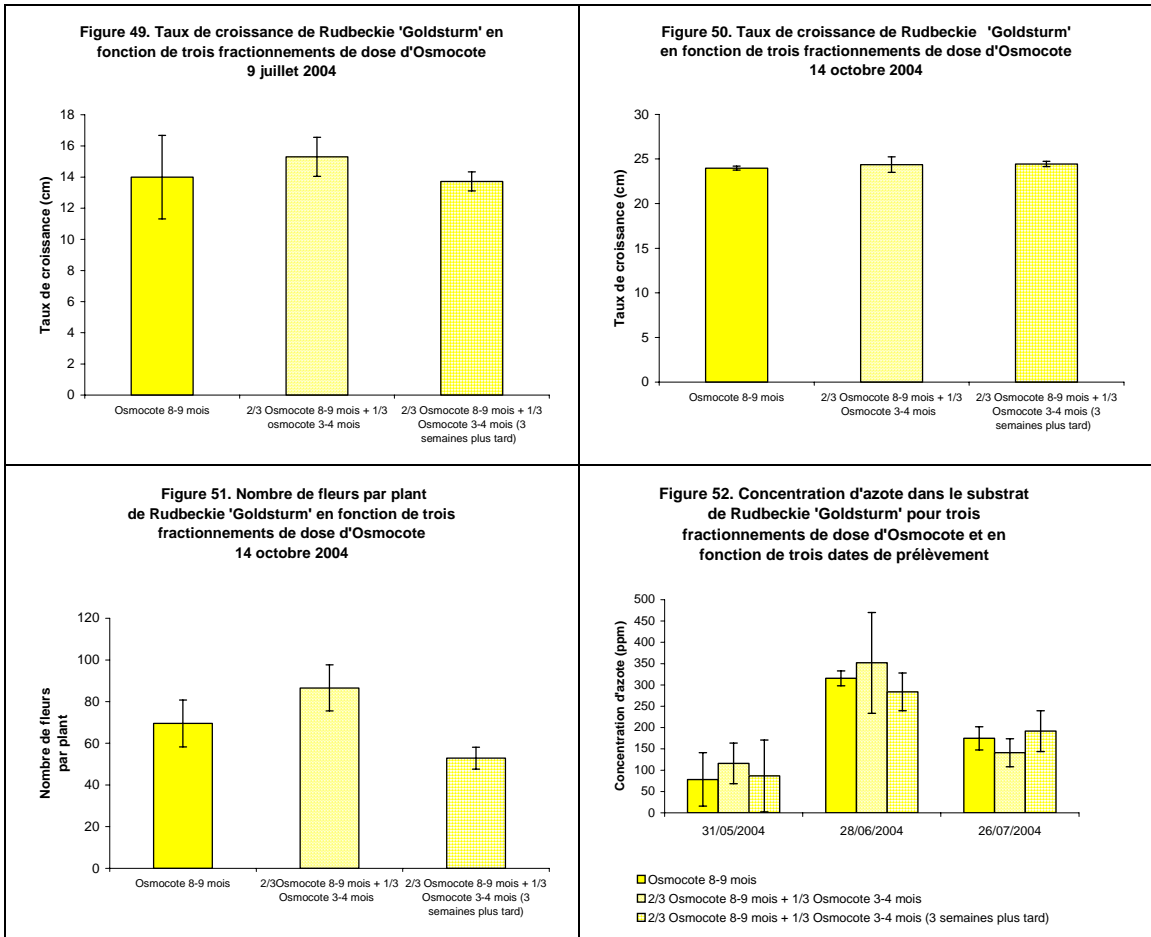


Figure 53. Concentration d'azote dans le substrat de Rudbeckie 'Goldsturm' pour trois fractionnements de dose d'Osmocote et en fonction du temps

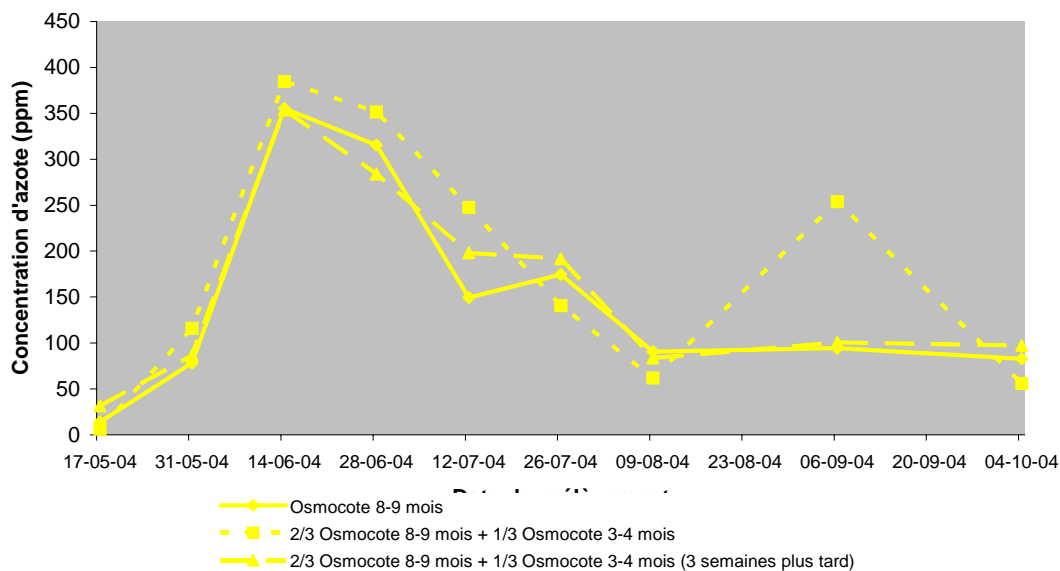
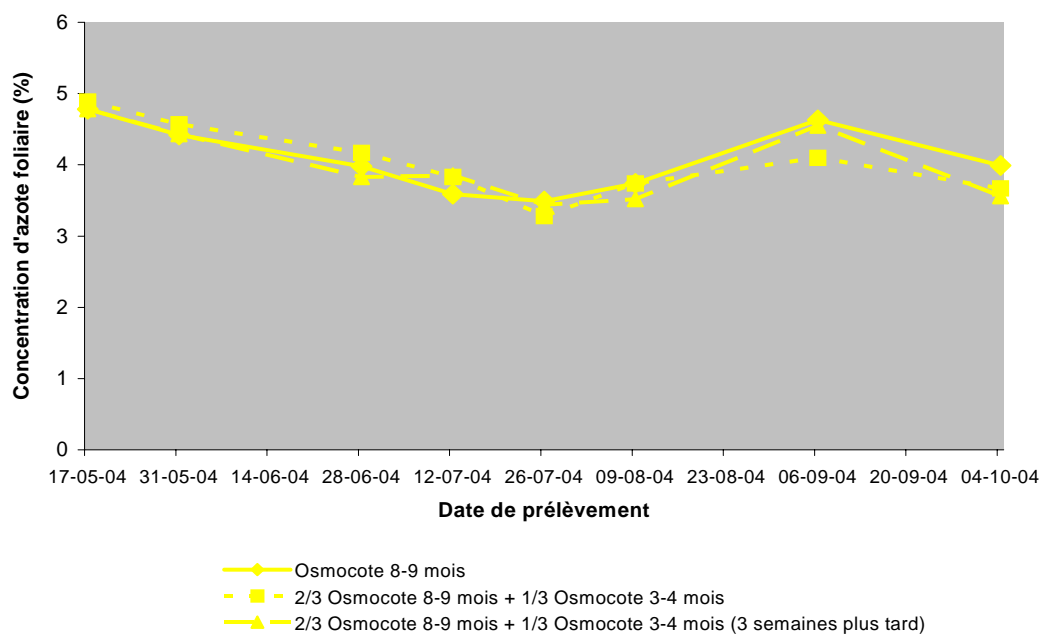


Figure 54. Concentration d'azote foliaire dans Rudbeckia 'Goldsturm' pour trois fractionnements de dose d'Osmocote et en fonction du temps



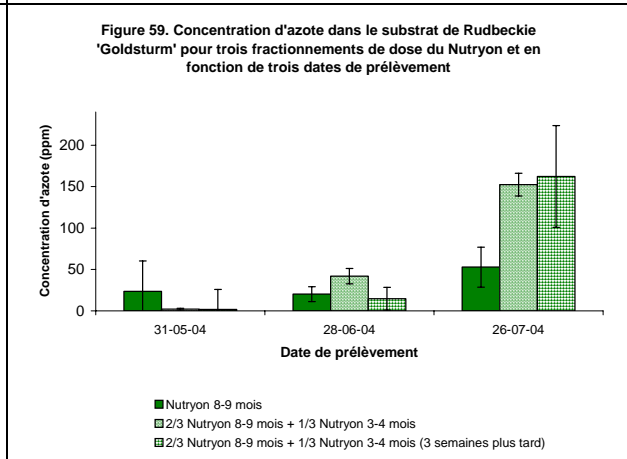
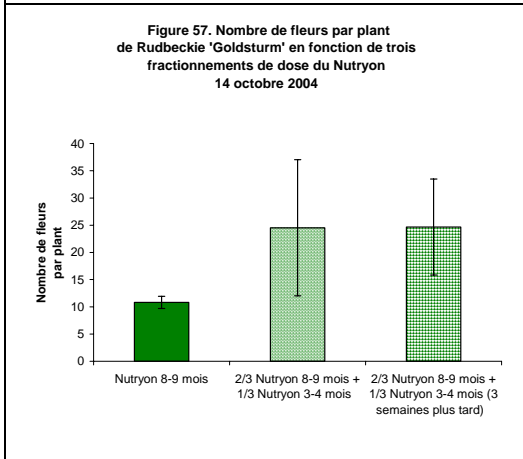
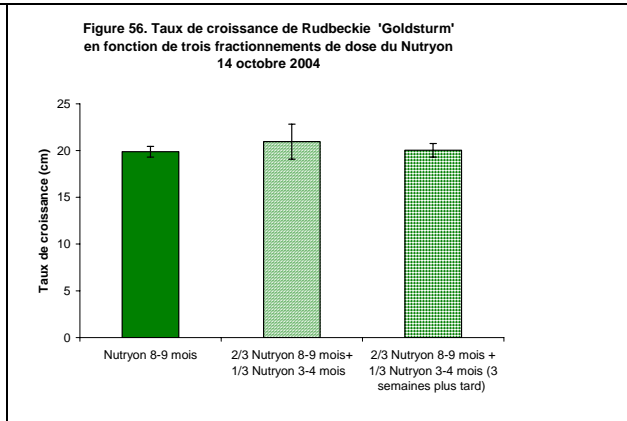
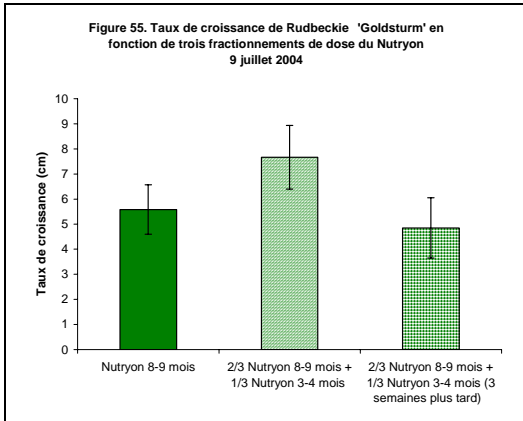


Figure 59. Concentration d'azote dans le substrat de Rudbeckie 'Goldsturm' pour trois fractionnements de dose du Nutryon et en fonction du temps

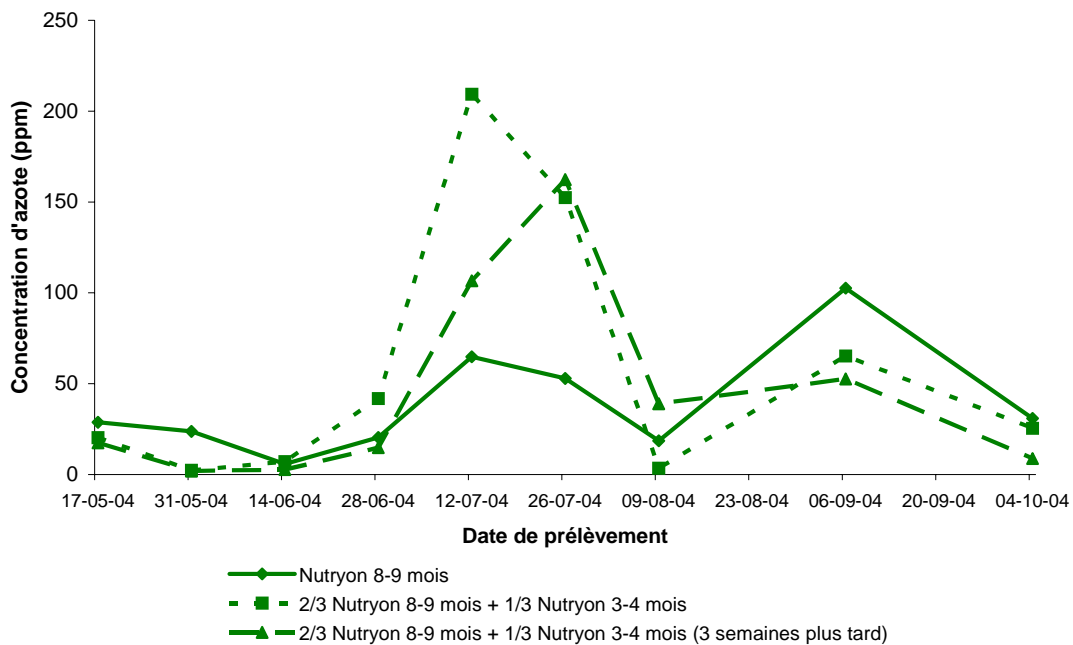


Figure 60. Concentration d'azote foliaire dans Rudbeckie 'Goldsturm' pour trois fractionnements de dose du Nutryon et en fonction du temps

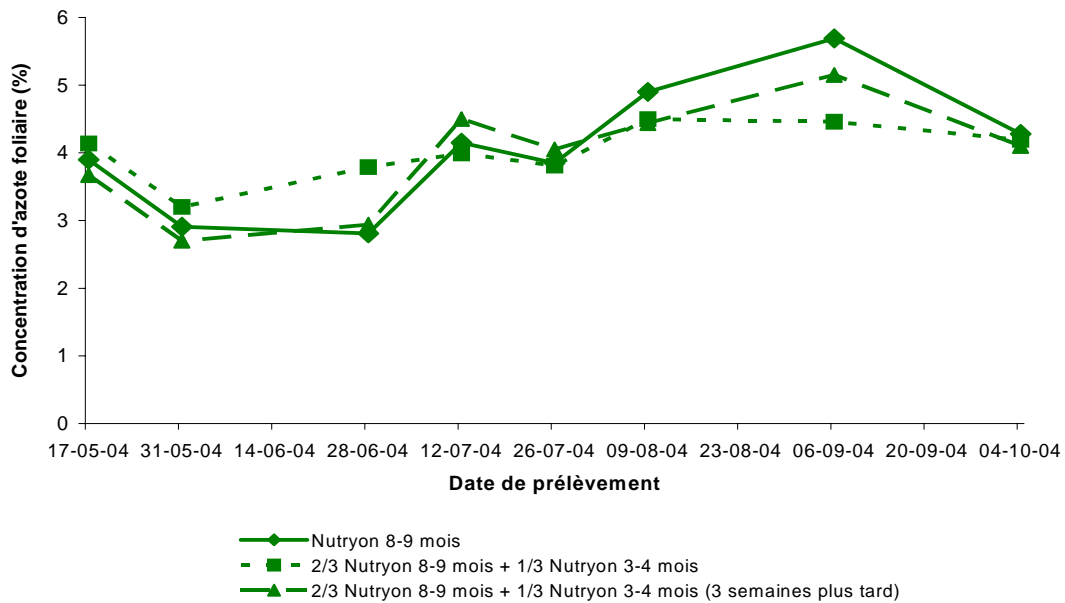


Figure 61. Le produit de la hauteur et de la largeur d'*Hydrangea paniculata* en fonction de trois types d'ELC

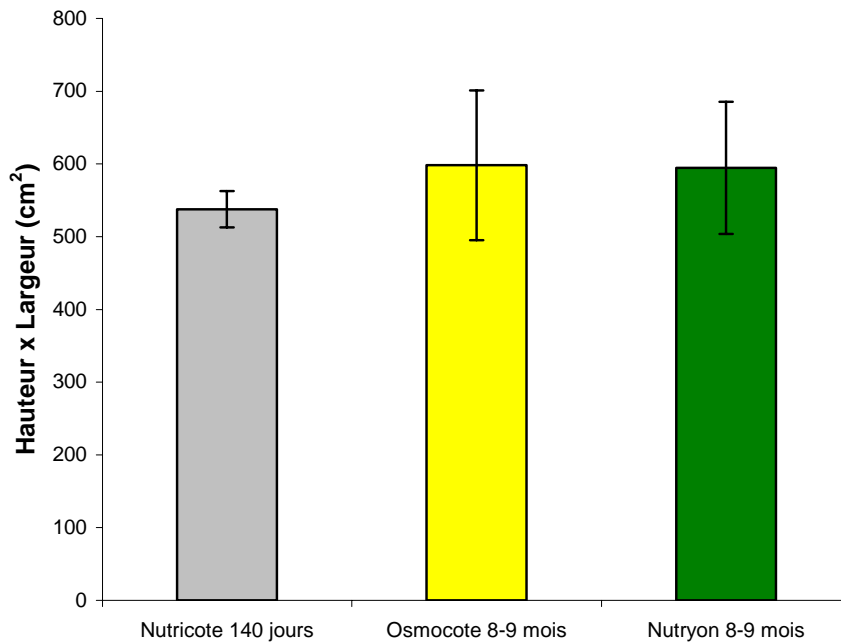


Figure 62. Concentration d'azote dans le substrat d'*Hydrangea paniculata* pour trois types d'ELC et en fonction de trois dates de prélèvement

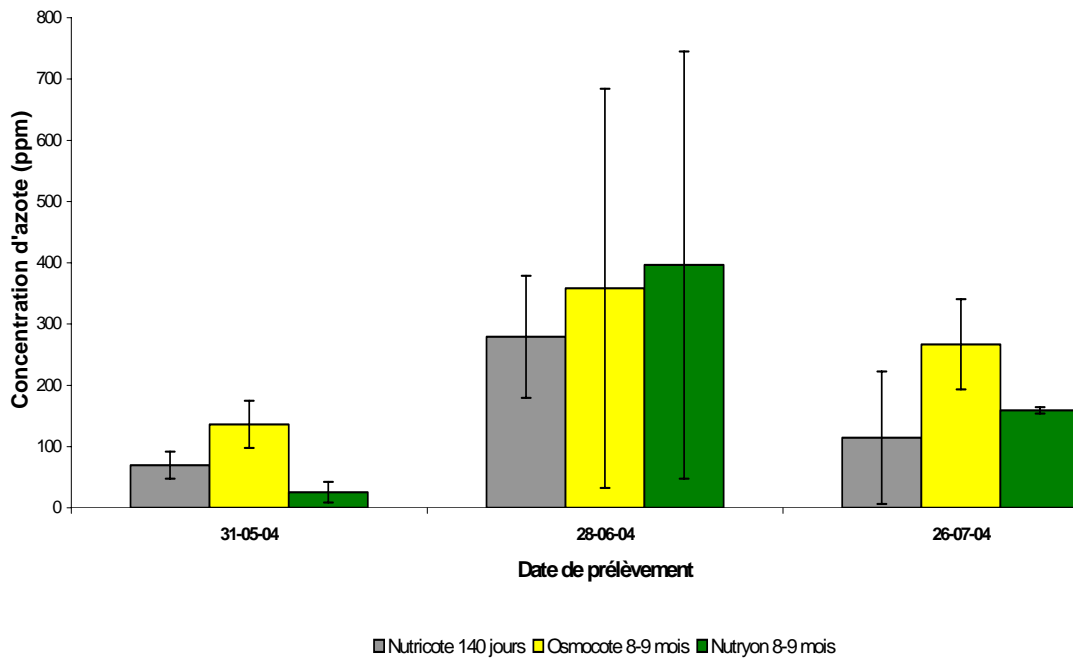


Figure 63. Concentration d'azote dans le substrat d'*Hydrangea paniculata* pour trois types d'ELC et en fonction du temps

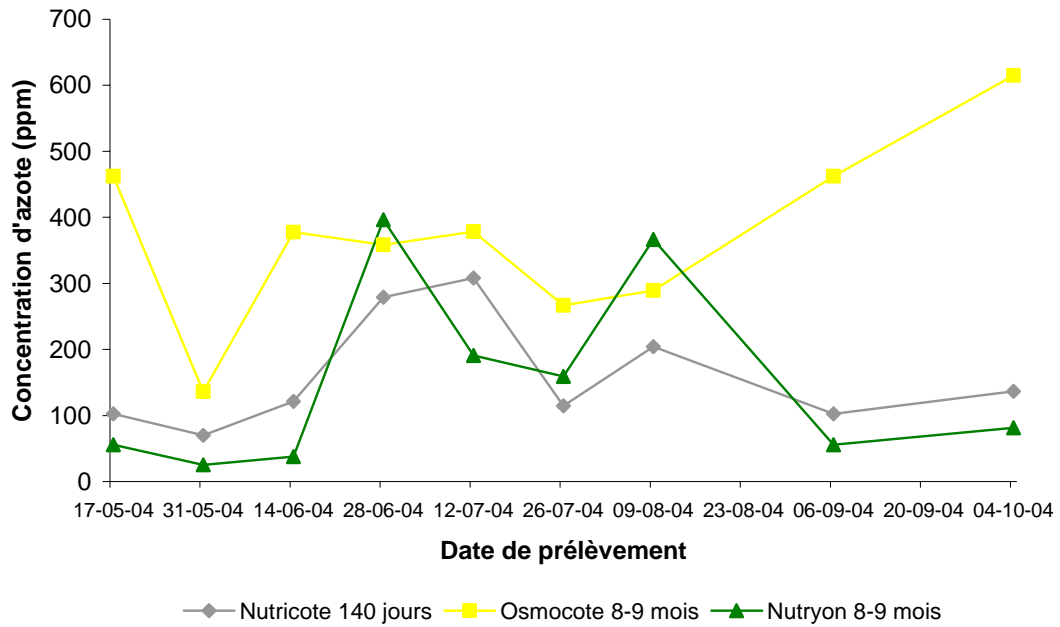


Figure 64. Concentration d'azote foliaire dans *Hydrangea paniculata* pour trois type d'ELC et en fonction du temps

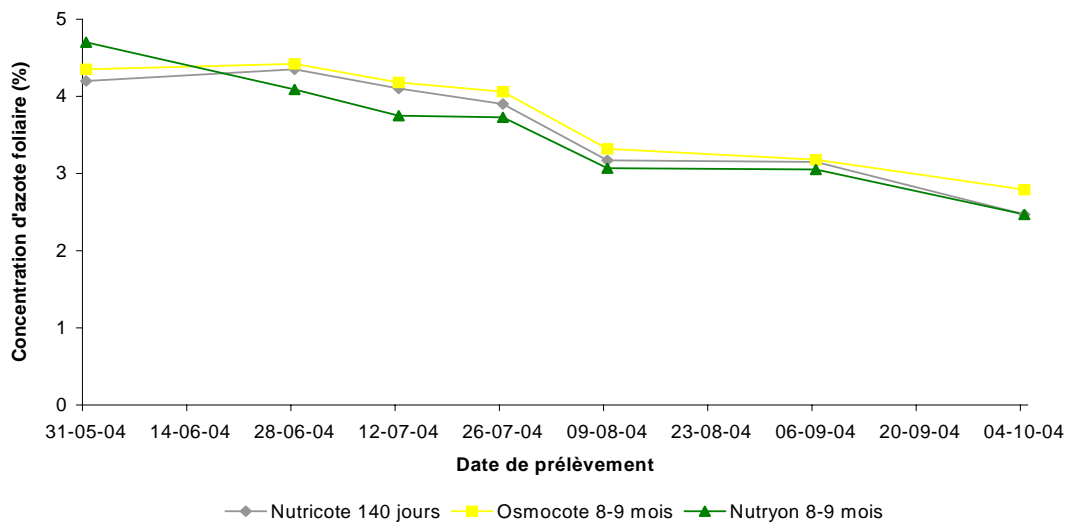


Figure 65. La longueur des branches de *Malus* en fonction de trois types d'ELC

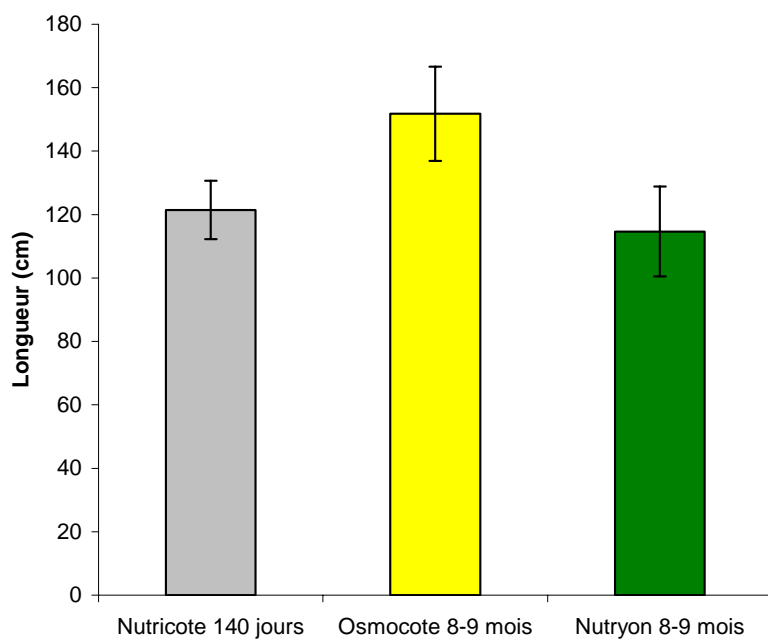


Figure 66. Concentration d'azote dans le substrat de *Malus* pour trois types d'ELC et en fonction de trois dates de prélèvement

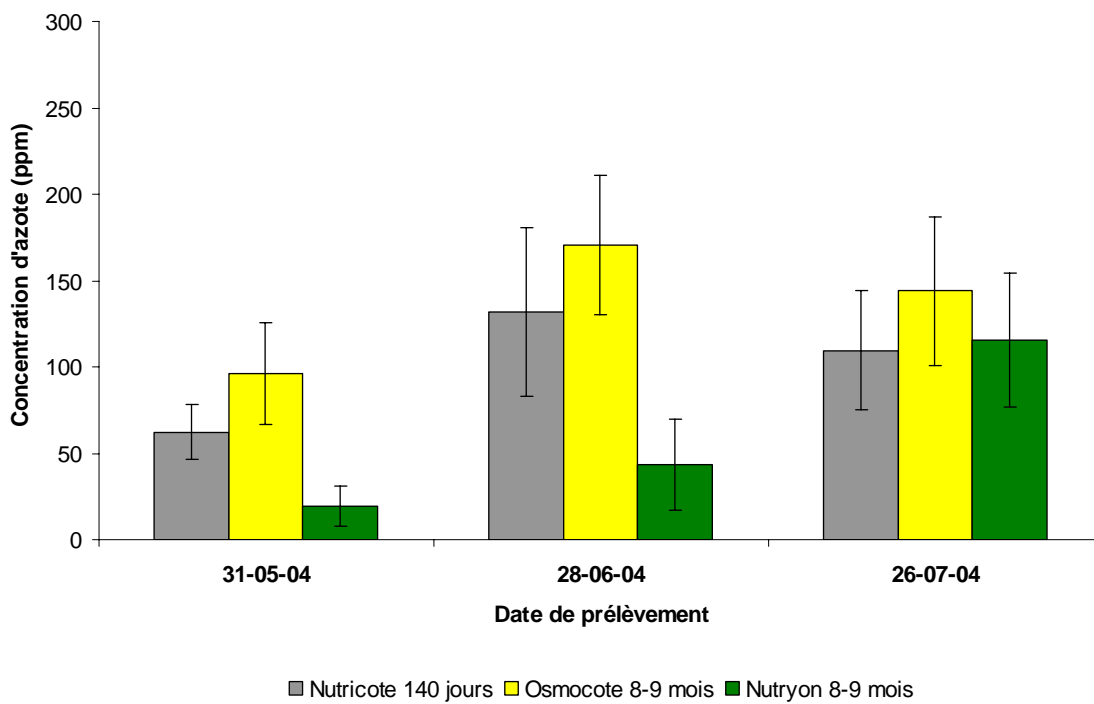


Figure 67. Concentration d'azote dans le substrat de *Malus* pour trois types d'ELC et en fonction du temps

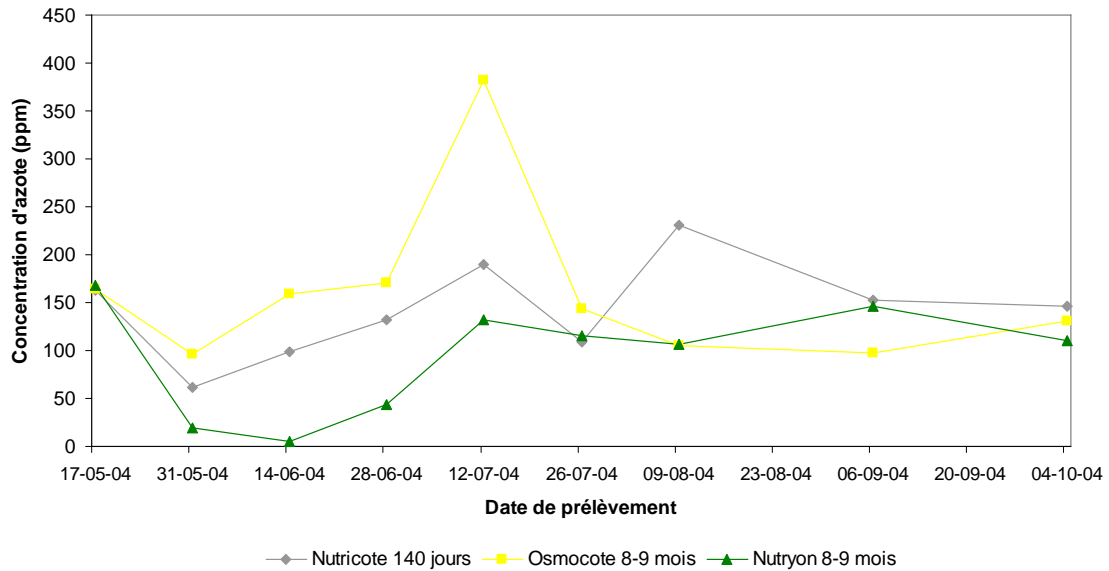


Figure 68. Concentration d'azote foliaire dans *Malus* pour trois type d'ELC et en fonction du temps

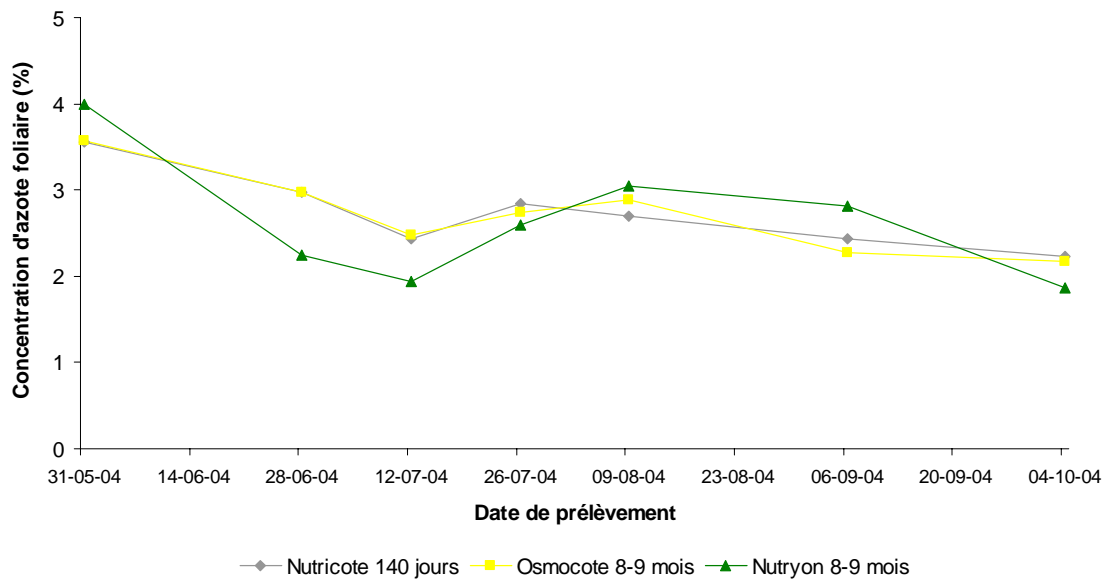


Figure 69. Le produit de la hauteur et de la largeur d'*Hydrangea paniculata* en fonction de trois fractionnements de dose du Nutricote

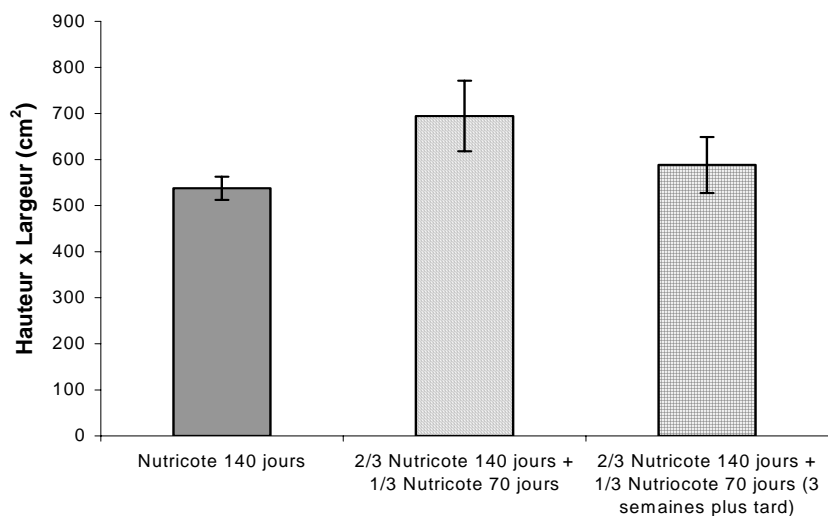


Figure 70. Concentration d'azote dans le substrat d'*Hydrangea paniculata* pour trois types de fractionnement de dose du Nutricote et en fonction du temps

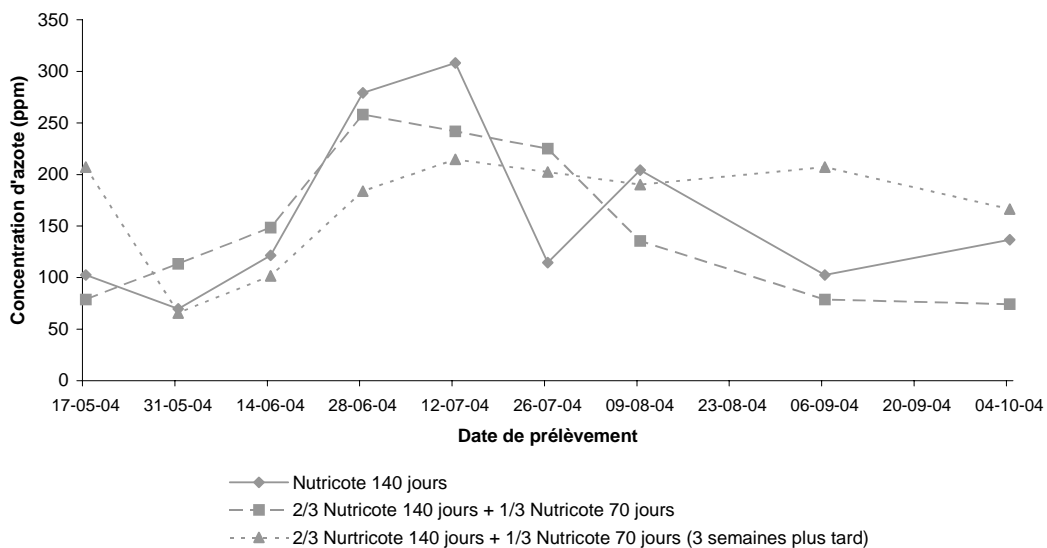
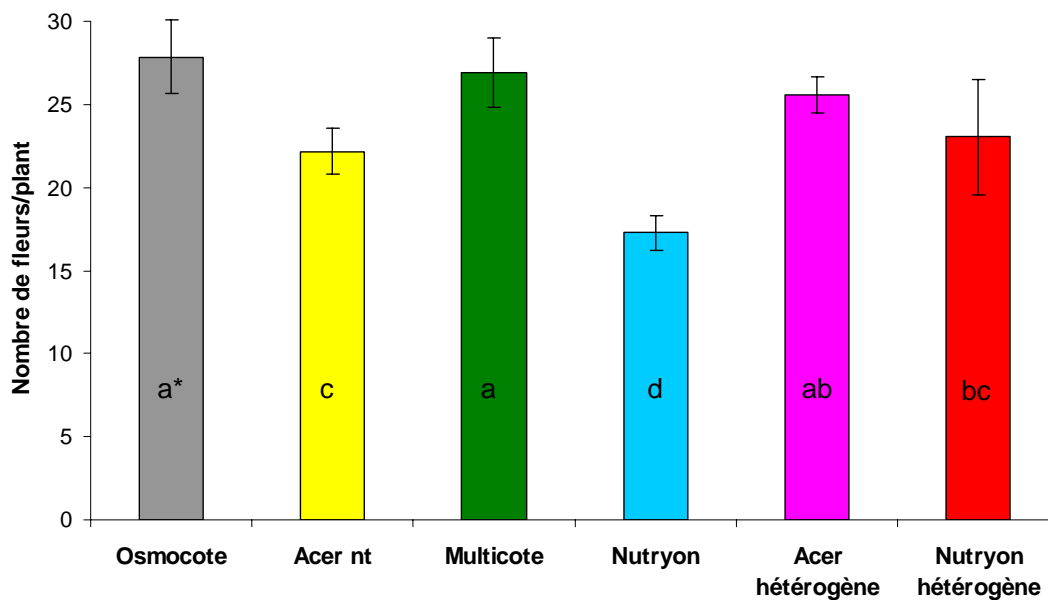


Figure 71. Nombre moyen de fleurs par plant de *Chrysanthemum* 'Becky' en fonction de 6 types d'enrobage d'ELC



*Les histogrammes avec une même lettre ne diffèrent pas significativement ($p = 0,05$)

Figure 72. Concentration d'azote foliaire dans *Chrysanthemum* 'Becky' pour 6 types d'enrobage d'ELC en fonction du temps

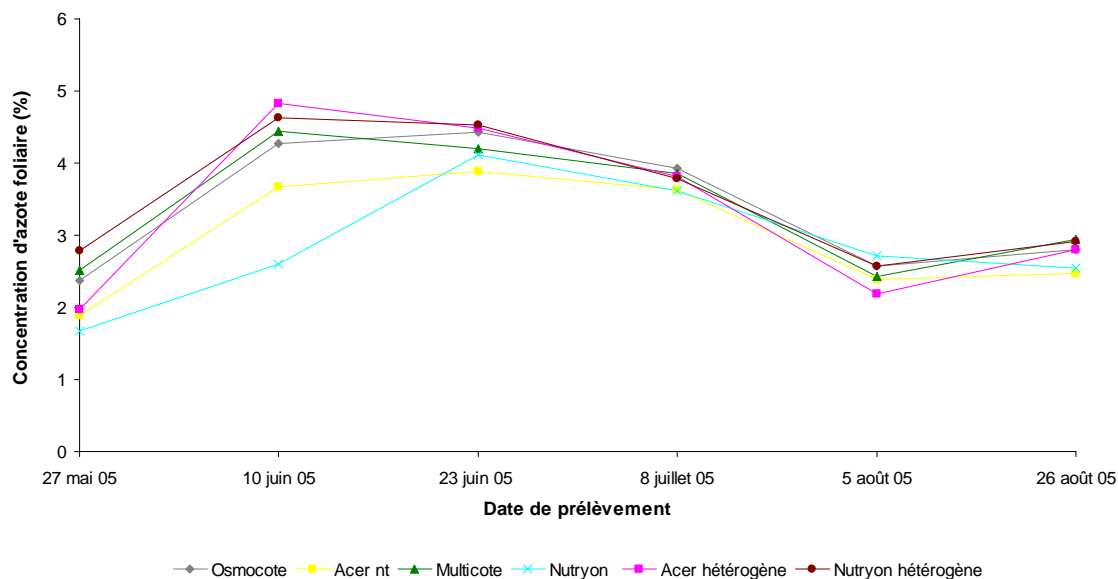


Figure 73. pH dans la solution du substrat de *Chrysanthemum* 'Becky' pour six types d'enrobage d'ELC en fonction du temps en 2005

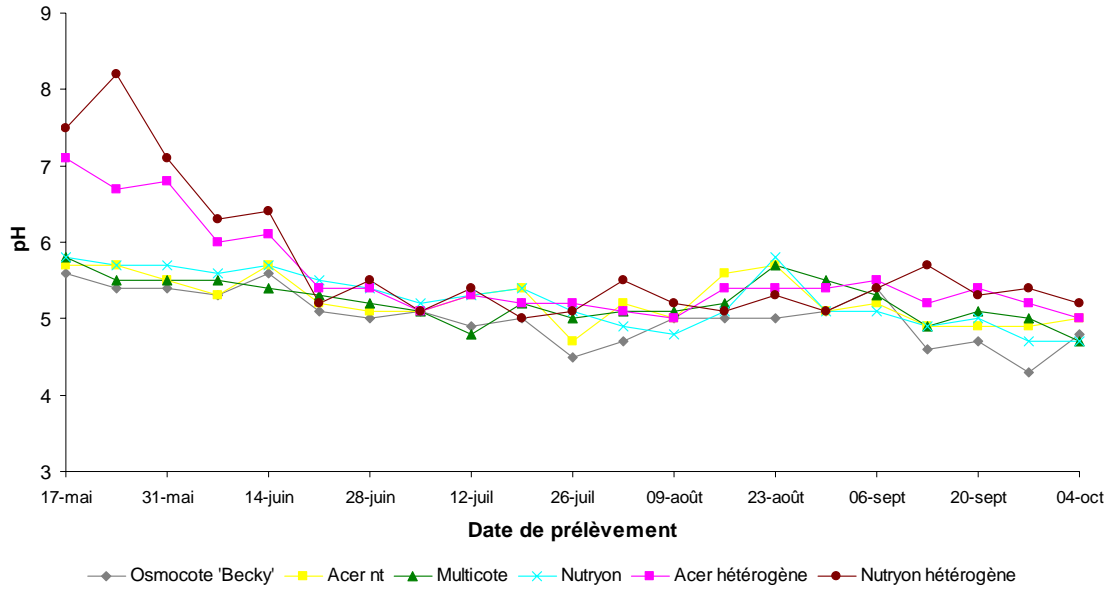


Figure 74. Salinité dans la solution du substrat de *Chrysanthemum* 'Becky' pour six types d'enrobage d'ELC en fonction du temps en 2005

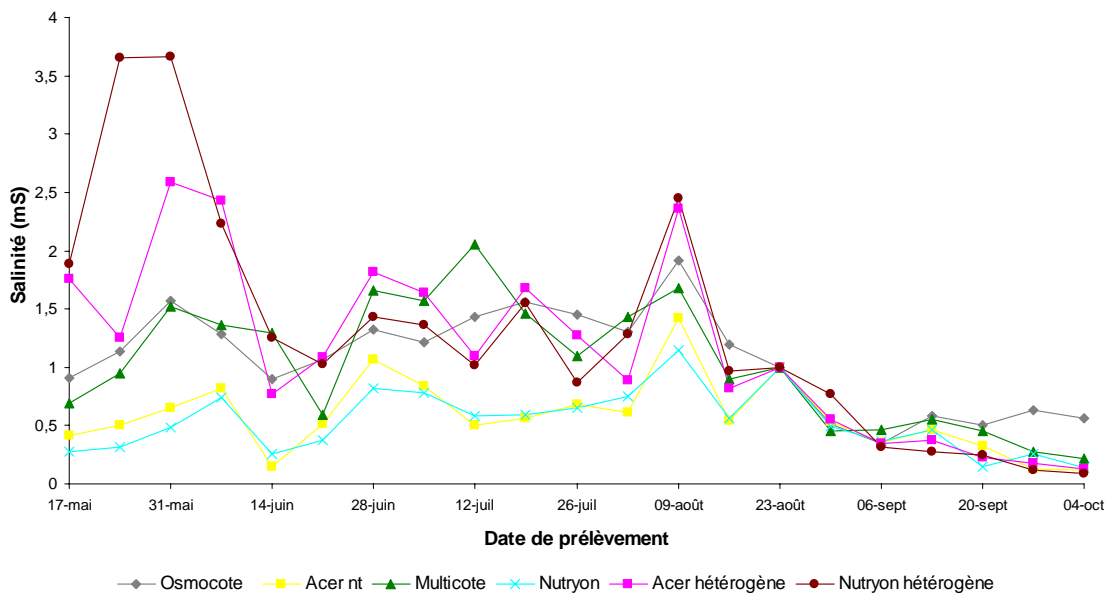
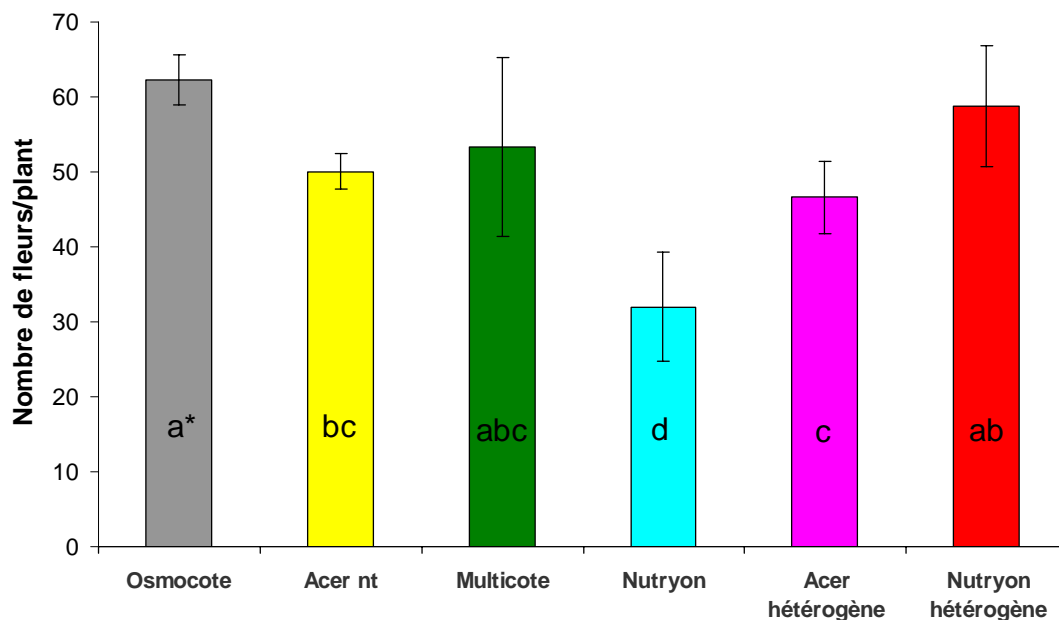


Figure 75. Nombre moyen de fleurs par plant de *Rudbeckia* 'Goldsturm' en fonction de 6 types d'enrobage d'ELC



* Les histogrammes avec une même lettre ne diffèrent pas significativement (p = 0,05)

Figure 76. Concentration d'azote dans le substrat de *Rudbeckia* 'Goldsturm' pour deux méthodes d'application de deux types d'ELC en fonction du temps

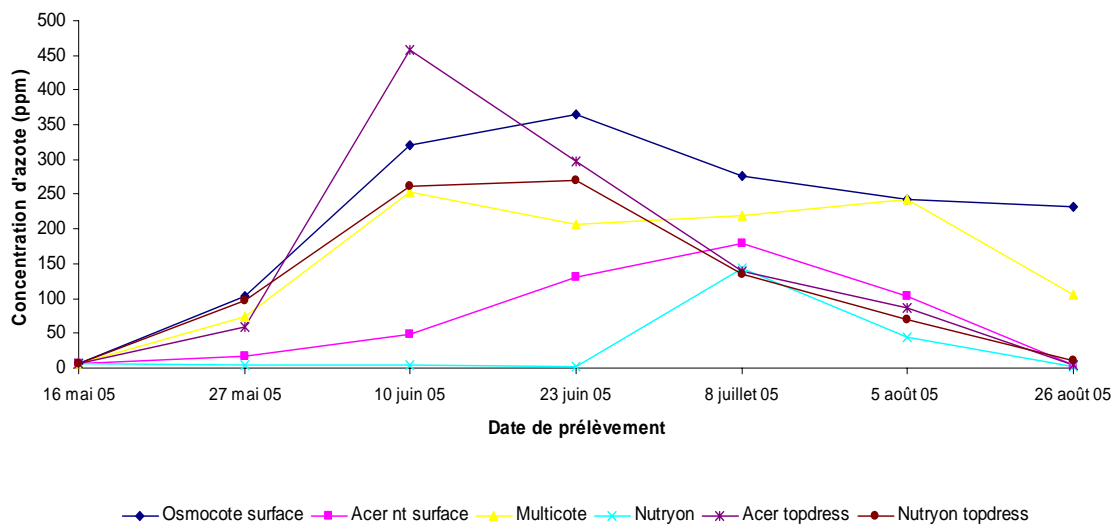


Figure 77. Concentration d'azote foliaire dans *Rudbeckia* 'Goldsturm' pour 6 types d' enrobage d'ELC en fonction du temps

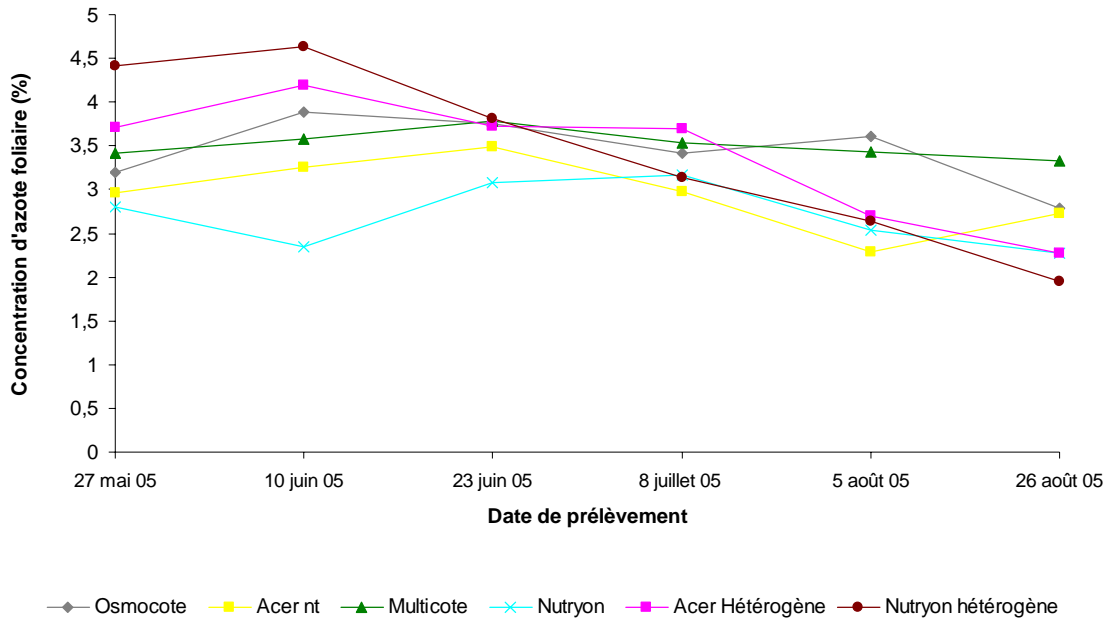


Figure 78. pH dans la solution du substrat de *Rubeckia* 'Goldsturm' pour six types d'enrobage d'ELC en fonction du temps en 2005

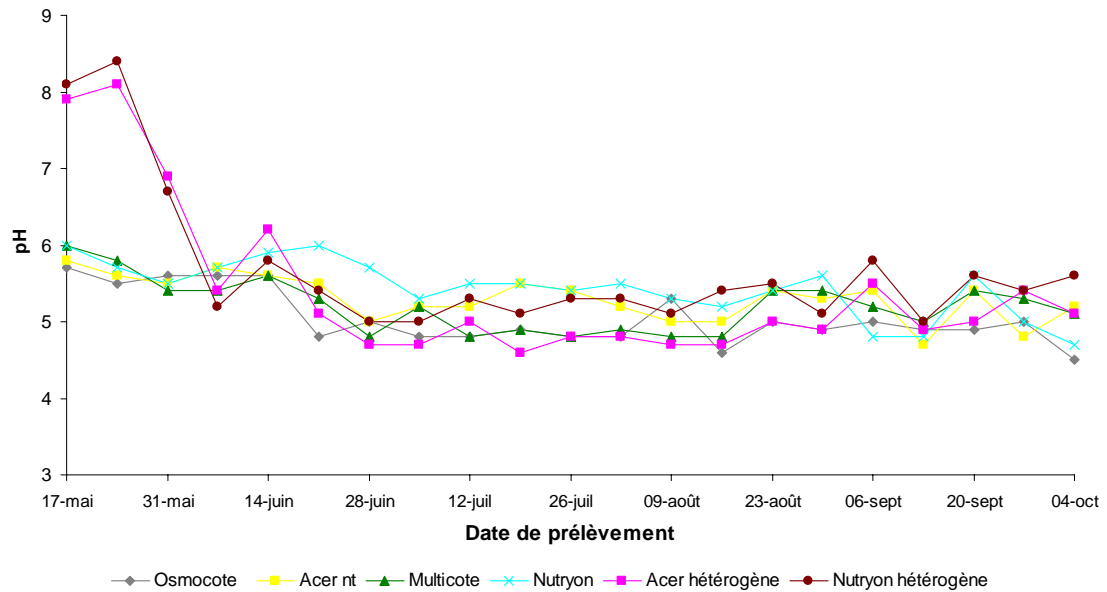


Figure 79. Salinité dans la solution du substrat de *Rudbeckia* 'Goldsturm' pour 6 types d'enrobage d'ELC en fonction du temps en 2005

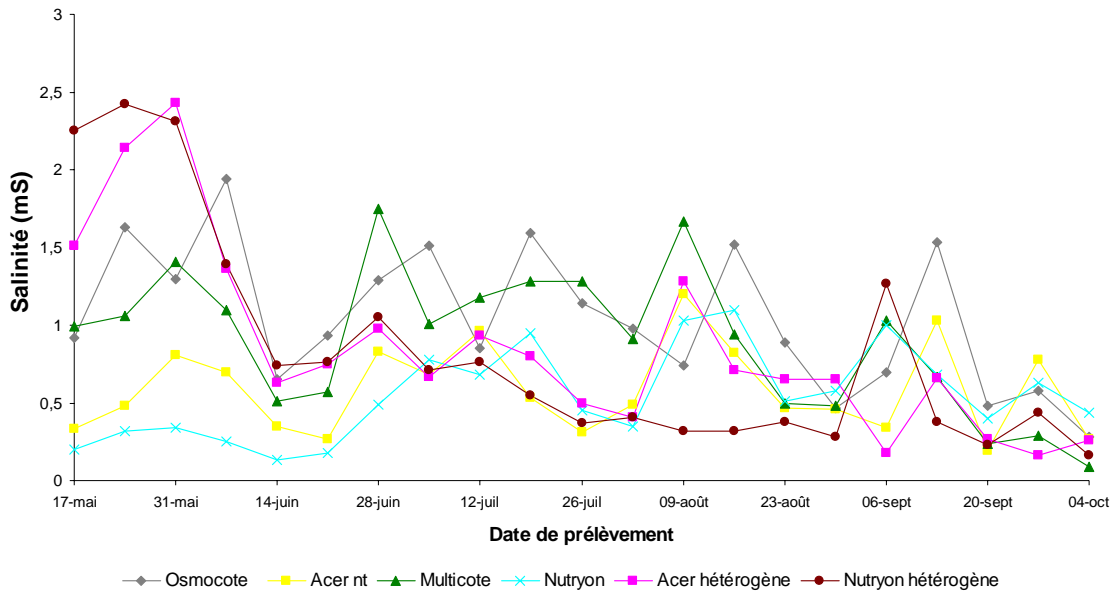
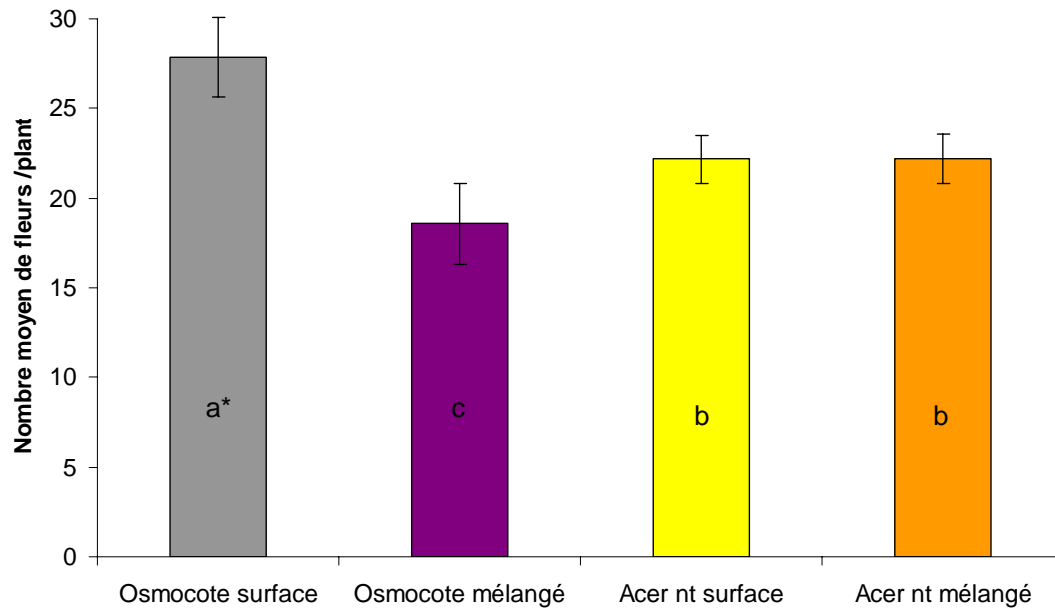
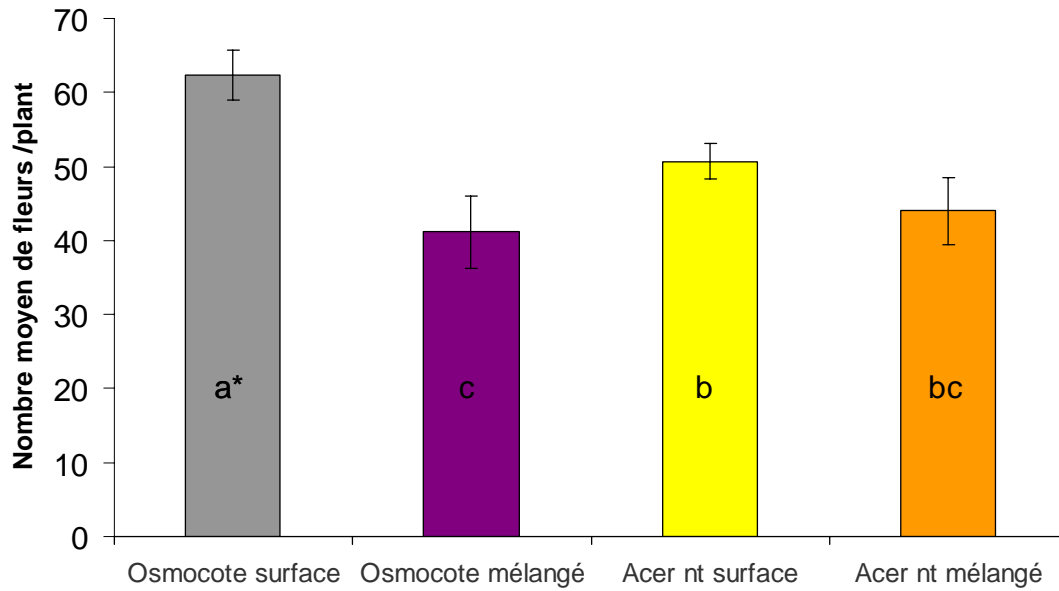


Figure 80. Nombre moyen de fleurs sur *Chrysanthemum* 'Becky' selon deux méthodes d'application et deux types d'enrobage d'ELC



* Les histogrammes avec une même lettre ne diffèrent pas significativement ($p = 0,05$)

Figure 81. Nombre moyen de fleurs par plant sur *Rudbeckia* 'Golsturm' selon deux méthodes d'application et deux types d'enrobage d'ELC



* Les histogrammes avec une même lettre ne diffèrent pas significativement ($p = 0,05$)

Figure 82. Concentration d'azote dans le substrat de *Rudbeckia* 'Goldsturm' selon deux méthodes d'application et deux types d'ELC en fonction du temps

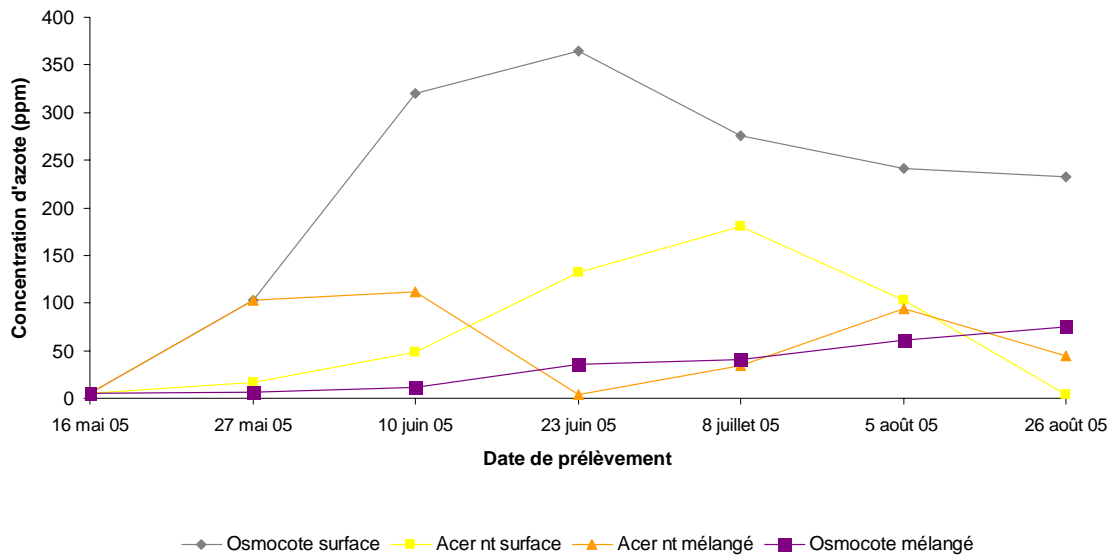


Figure 83. Concentration d'azote foliaire dans Rudbeckia 'Goldsturm' selon deux méthodes d'application et deux types d'ELC en fonction du temps

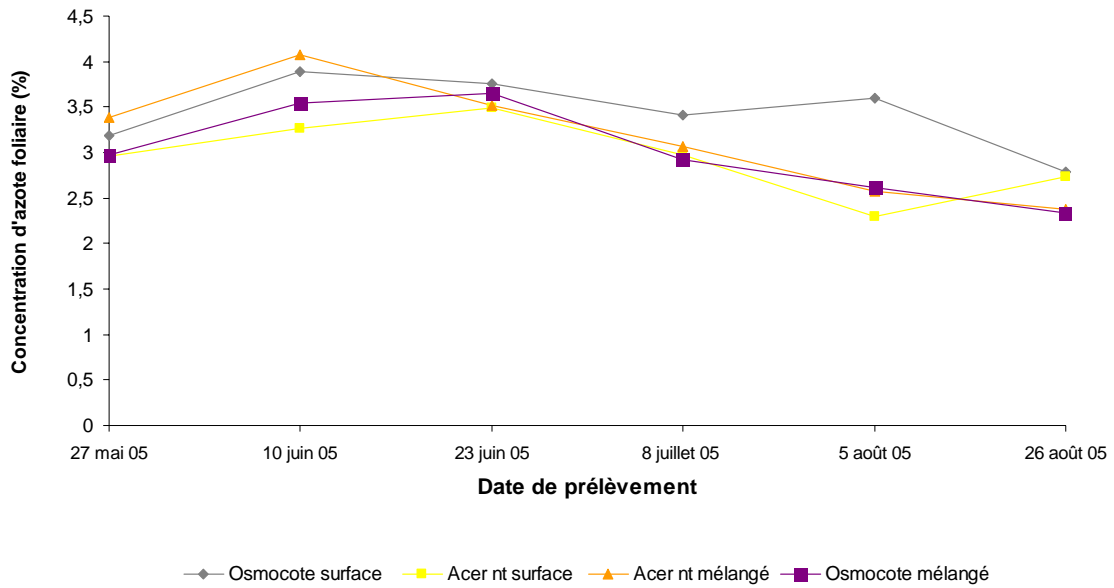


Figure 84. Diamètre du tronc d'Acer 'Autumn Blaze' selon 5 types d'enrobage d'ELC

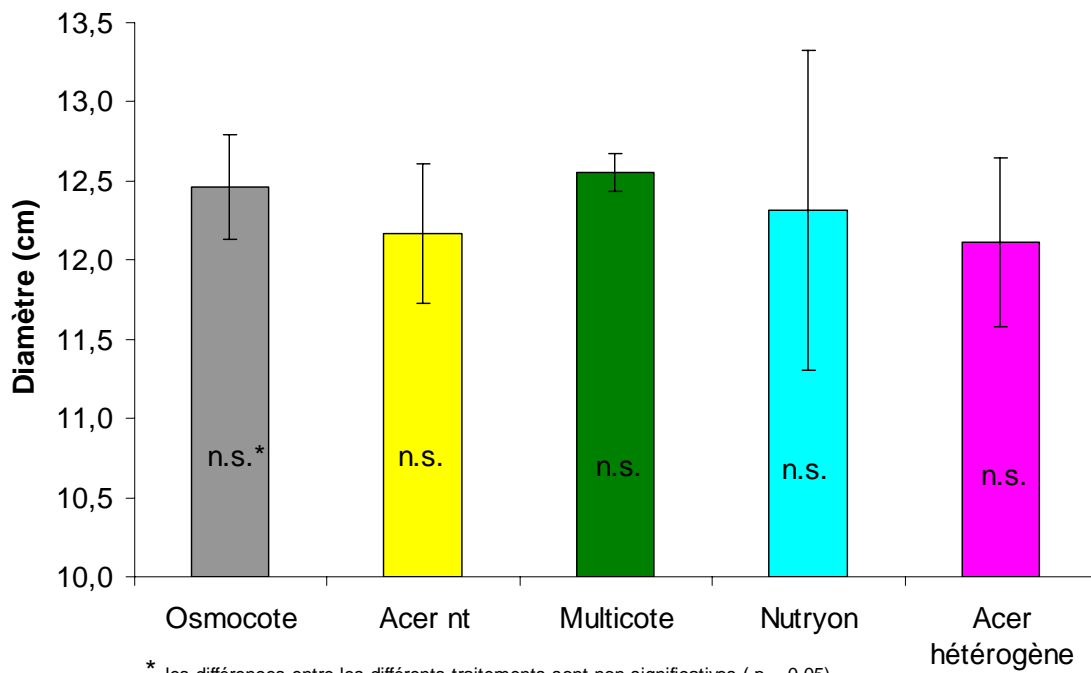


Figure 85. Concentration d'azote foliaire dans *Acer* 'Autumn Blaze' pour 5 types d'ELC et en fonction du temps

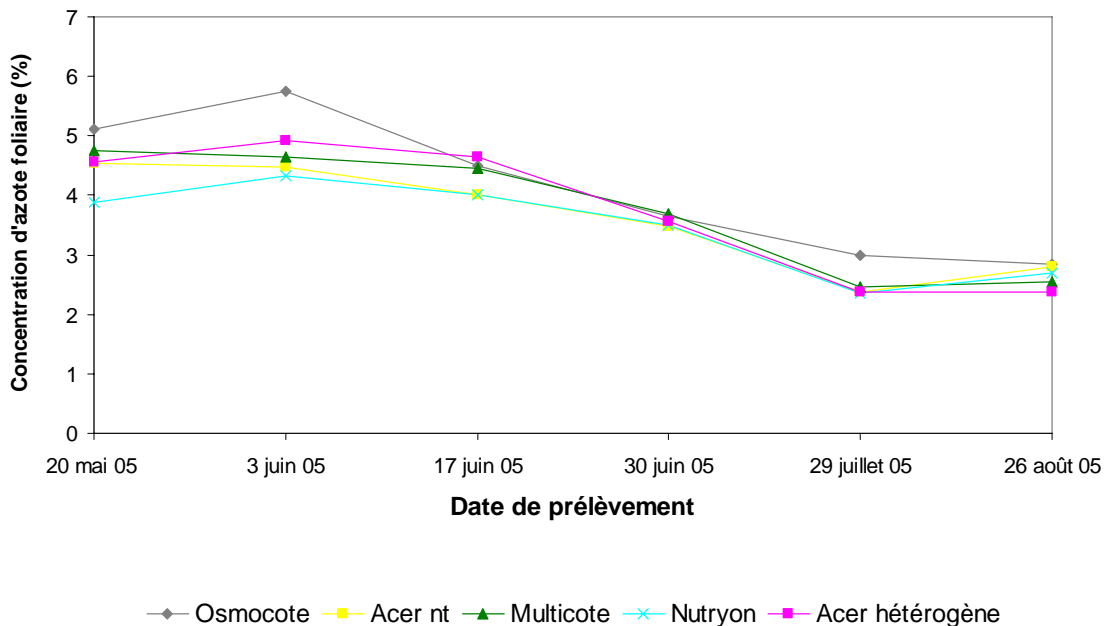


Figure 86. Concentration d'azote dans le substrat de *Malus* 'MacIntosh' pour 5 types d'ELC et en fonction du temps

