

Université de Montréal

Compétition interspécifique et plasticité morphologique chez *Phragmites australis*
et le complexe *Typha latifolia-Typha angustifolia*.

Par

Marie-Eve Bellavance

Département de Sciences Biologiques
Faculté des Arts et des Sciences

Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures
En vue de l'obtention du grade de Maître ès Sciences (M. Sc.)
en Sciences Biologiques

Décembre 2006

© Marie-Eve Bellavance, 2006



OK

3

US4

2007

V.006

AVIS

L'auteur a autorisé l'Université de Montréal à reproduire et diffuser, en totalité ou en partie, par quelque moyen que ce soit et sur quelque support que ce soit, et exclusivement à des fins non lucratives d'enseignement et de recherche, des copies de ce mémoire ou de cette thèse.

L'auteur et les coauteurs le cas échéant conservent la propriété du droit d'auteur et des droits moraux qui protègent ce document. Ni la thèse ou le mémoire, ni des extraits substantiels de ce document, ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans l'autorisation de l'auteur.

Afin de se conformer à la Loi canadienne sur la protection des renseignements personnels, quelques formulaires secondaires, coordonnées ou signatures intégrées au texte ont pu être enlevés de ce document. Bien que cela ait pu affecter la pagination, il n'y a aucun contenu manquant.

NOTICE

The author of this thesis or dissertation has granted a nonexclusive license allowing Université de Montréal to reproduce and publish the document, in part or in whole, and in any format, solely for noncommercial educational and research purposes.

The author and co-authors if applicable retain copyright ownership and moral rights in this document. Neither the whole thesis or dissertation, nor substantial extracts from it, may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

In compliance with the Canadian Privacy Act some supporting forms, contact information or signatures may have been removed from the document. While this may affect the document page count, it does not represent any loss of content from the document.

Université de Montréal
Faculté des Études Supérieures

Ce mémoire intitulé :
Compétition interspécifique et plasticité morphologique chez *Phragmites australis*
et le complexe *Typha latifolia-Typha angustifolia*.

Présenté par
Marie-Eve Bellavance

A été évalué par un jury composé des personnes suivantes :

Dr. Luc Brouillet
Président-rapporteur

Dr. Jacques Brisson
Directeur de recherche

Dr. Sylvie de Blois
Membre du jury

Résumé

Au cours des dernières décennies, un haplotype eurasiatique du roseau commun (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.) a connu une expansion rapide dans les milieux humides de l'Amérique du Nord, facilitée par des perturbations anthropogéniques. Cette étude porte sur la compétition interspécifique entre le roseau commun et les quenouilles (*Typha latifolia* L. et *Typha angustifolia* L.) en milieux naturels et contrôlés. Nos résultats suggèrent que le roseau commun progresse dans des colonies monospécifiques établies de quenouilles mais qu'il colonise plus rapidement un espace sans végétation que ces dernières. Lorsque la compétition est maximisée en conditions expérimentales, des effets négatifs sont mesurés tant pour le roseau commun que pour les quenouilles. Ils peuvent tous deux être plastiques au niveau de certains traits, tel la hauteur de la tige et l'allocation de la biomasse. Globalement, notre étude indique que le roseau commun a un avantage compétitif sur les quenouilles. Cette espèce continuera donc de progresser et de repousser les espèces indigènes de leur milieu.

Mots clés: roseau commun, quenouille à feuilles étroites, quenouille à feuilles larges, compétition interspécifique, dynamique spatiale, plasticité morphologique, marais d'eau douce, fossés de drainage, perturbations.

Abstract

Over the last decades, common reed (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.) has dramatically increased in North American wetlands, probably driven by anthropogenic disturbances. In this study, we examined interspecific competition between common reed and cattails (*Typha latifolia* L. and *Typha angustifolia* L.) in natural and in controlled conditions. Our results suggest that common reed is progressing in well established monospecific cattails stands and that common reed is faster than cattails at colonizing disturbed unvegetated sites. When competition is experimentally maximized, there are measurable detrimental effects on both common reed and cattails. Both can exhibit morphological plasticity in certain traits, such as shoot height and biomass allocation. Overall, this study indicates that common reed has a competitive advantage over cattails. This species will thus continue to progress at the expense of more desirable native species.

Key-words: common reed, narrow-leaved cattail, broad-leaved cattail, interspecific competition, spatial dynamics, morphological plasticity, freshwater marshes, roadside ditches, disturbances.

Table des Matières

Résumé	iii
Abstract	iv
Table des Matières.....	v
Liste des Tableaux.....	vii
Liste des Figures.....	ix
Remerciements	x
Chapitre 1 : Introduction	1
1.1 La compétition interspécifique chez le roseau commun, la quenouille à feuilles étroites et la quenouille à feuilles larges.....	2
1.2 La plasticité phénotypique.....	5
1.3 Objectifs du projet	8
1.4 Méthodologie.....	9
1.5 Organisation du mémoire	13
 Chapitre 2: Competition dynamics and morphological plasticity of common reed and cattails in freshwater marshes and roadside ditches.....	 14
2.1 Abstract	14
2.2 Introduction	15
2.3 Material and Methods.....	18
2.3.1 Freshwater Marshes surveys.....	18
2.3.2 Roadside ditches survey	20
2.4 Statistical Analysis	22
2.5 Results	24
2.5.1 Freshwater Marshes surveys.....	24
2.5.2 Roadside ditches survey	27
2.6 Discussion	31
2.7 Conclusion.....	35
 Chapitre 3: Interspecific competition and morphological plasticity in common reed and cattails: effect of disturbance and life-history stage.....	 37
3.1 Abstract	37
3.2 Introduction	38
3.3 Material and Methods.....	41
3.3.1 Roadside ditches experiment.....	41
3.3.2 Basins experiment	43
3.3.3 Pots experiment	46
3.4 Statistical analysis	47
3.5 Results	48
3.5.1 Roadside ditches experiment.....	48
3.5.2 Basins experiment	50

3.5.3 Pots experiment	53
3.6 Discussion	56
3.6.1 Interspecific competition between common reed and cattails.....	56
3.6.2 Morphological plasticity.....	59
3.7 Conclusion.....	61
Chapitre 4: Conclusion générale	63
Bibliographie	66
ANNEXE 1.....	xii
ANNEXE 2.....	xiv
ANNEXE 3.....	xvii
ANNEXE 4.....	xx
ANNEXE 5.....	xxv
ANNEXE 6.....	xxx
ANNEXE 7.....	xxxv
ANNEXE 8.....	xxxvi
ANNEXE 9.....	xl
ANNEXE 10.....	xliv
ANNEXE 11.....	xlvi
ANNEXE 12.....	xlvi
ANNEXE 13.....	liii
ANNEXE 14.....	liv
ANNEXE 15.....	lviii

Liste des Tableaux

Table I. Mean values (\pm S. D.) and results of ANOVA (p value) for biomass, morphological characteristics and biomass allocation according to the treatment for shoots of common reed.....	29
Table II. Mean values (\pm S. D.) and results of ANOVA (p value) for biomass, morphological characteristics and biomass allocation according to the treatment for shoots of cattails with inflorescence.....	30
Table III. Mean values (\pm S. D.) and results of ANOVA (p value) for biomass and morphological characteristics according to the treatment for shoots of cattails without inflorescence.....	30
Table IV. Mean values (\pm S. D.), <i>T</i> -tests results for progression and density and ANOVA results for biomass, morphological characteristics and biomass allocation according to the treatment for common reed in the roadside ditches experiment.....	49
Table V. Mean values (\pm S. D.), <i>T</i> -test results for density and ANOVA results for biomass and morphological characteristics according to the treatment for cattails in the roadside ditches experiment.....	49
Table VI. Mean values (\pm S. D.) of density, below/aboveground biomass ratio, biomass per basin, biomass per shoot, morphological characteristics and biomass allocation according to the treatment for shoots of common reed in the basins experiment.....	51
Table VII. Mean values (\pm S. D.) of density, below/aboveground biomass ratio, biomass per basin, biomass per shoot, morphological characteristics and biomass allocation according to the treatment for shoots of cattails in the basins experiment.....	52

Liste des Tableaux (suite)

Table VIII. Mean values (\pm S. D.) and ANOVA results (p value) for density, below/aboveground biomass ratio, biomass, morphological characteristics and biomass allocation according to the treatment for shoots of common reed in the pots experiment.....	54
Table IX. Mean values (\pm S. D.) and ANOVA results (p value) for density, below/aboveground biomass ratio, biomass and morphological characteristics according to the treatment for shoots of cattails in the pot experiment.....	55

Liste des Figures

Figure 1. Methodology used to study the competition dynamic between common reed and cattails in the marshes.....	19
Figure 2. Design for density measures in roadside ditches. The point 0 corresponds to the contact zone of common reed and cattails in 2003.....	21
Figure 3. Example of graph used to calculate the position of centroid of density of common reed in one particular site.....	23
Figure 4. Mean progression (\pm S. D.) and percentage of advance for common reed and cattails in Parc national des Iles-de-Boucherville freshwater marsh in 2004 and 2005.....	25
Figure 5. Mean progression (\pm S. D.) and percentage of advance for common reed and cattails in Parc-Nature de la Pointe-aux-Prairies freshwater marsh in 2004 and 2005.....	26
Figure 6. Mean progression (\pm S. D.) of centroid of density in roadside ditches for common reed and cattails in 2004 and in 2005.....	28
Figure 7. Cross-section of a competition basin before removal of the central panel.....	45
Figure 8. Aerial view of the basins setup.....	45

Remerciements

Je tiens tout d'abord remercier Jacques Brisson (directeur) de m'avoir proposé ce projet de recherche ainsi que pour l'appui, la confiance et la générosité qu'il m'a témoigné au long des années suivantes. Cette recherche a été des plus enrichissantes. Je souhaite aussi remercier mes compagnons de laboratoire pour leurs conseils, leurs encouragements et les maintes discussions qui ont enrichi cette recherche, soit Vincent Gagnon, Joëlle Midy, Maud Fillion, Florent Chazarenc, Gabriel Maltais-Landry, Bastien Fontaine, Patrick Boivin, Étienne Paradis et Marie Lapointe. Je remercie également Vincent Gagnon, Étienne Paradis, Jean-François Dallaire, Carole Radix et David Maneli pour leur travail de terrain ou de mesures en laboratoire, et sans qui ce travail n'aurait pu être possible. Je remercie une fois de plus Vincent Gagnon qui a dessiné les figures présentées dans ce mémoire. Merci à David Maneli et Sébastien Fiset pour la révision de l'anglais des chapitres 2 et 3. Messieurs Denis Lauzer et Stéphane Daigle sont aussi à remercier, respectivement pour la culture in vitro de semis et pour certaines analyses statistiques et de nombreux conseils à ce sujet. Merci à Étienne Laliberté pour son aide avec les logiciels statistiques et de SIG et à Gabriel Teodorescu qui m'a grandement aidé pour la préparation de mes expériences en bassins et en pots. Je tiens aussi à remercier tout le personnel du jardin Botanique de Montréal qui m'a aidé à maintes occasions.

Les chercheurs du *Projet Phragmites*, soient Claude Lavoie, Sylvie de Blois, Mathieu Maheu-Giroux, Yvon Jodoin et Benjamin Lelong sont aussi à remercier pour l'apport de leurs connaissances élargies de l'envahissement du roseau commun au Québec.

Madame Dominique Bédard de la direction Laval-Milles-Iles du MTQ, Madame Danielle Châtillon du Parc national des Iles-de-Boucherville et Madame Sylvie Comtois, des Parcs Natures de Montréal, sont à remercier pour leur grande aide afin obtenir les permis permettant de travailler en bordure des autoroutes et dans les marais et pour trouver des sites propice à ce projet.

Je suis également reconnaissante à l'IRBV pour la Bourse Jacques Rousseau qui m'a permis d'effectuer un stage à l'été 2006 au *Jackson Estuarine Laboratory* de l'*University of New Hampshire*. Je remercie David M. Burdick de m'avoir accueillie dans son laboratoire ainsi que Gregg Moore et Chris Peter pour m'avoir tant appris sur les marais côtiers salins, de magnifiques écosystèmes.

Je remercie grandement ma famille, mes parents Martine et Jean-Yves, ma sœur Véronique, ainsi que Maurice et Charles et mes bons vieux amis qui se reconnaissent. Vous m'avez encouragé tout au long de mes études de maîtrise de biens de façons. Un merci spécial à David Maneli, mon compagnon de vie qui m'a prodigué soutien et encouragements tout au long de ce projet et qui comprends mieux que quiconque cette aventure que les études supérieures, car il est en plein dedans.

Cette recherche a été rendue possible grâce au financement du Conseil de recherche en sciences naturelle et génie du Canada (CRSNG) par le biais d'une bourse d'été et d'une Bourse d'études supérieures du Canada pour la maîtrise attribuée à Marie-Eve Bellavance ainsi que par une subvention à la découverte octroyée à Jacques Brisson.

Chapitre 1 : Introduction

En Amérique du Nord, y compris au Québec, la composition en espèces des marais et autres milieux humides change rapidement due à la dominance croissante de macrophytes envahissants (Farnsworth et Meyerson, 2003, Minchinton et al. 2006) tel le roseau commun (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.; Poaceae). Historiquement, cette espèce indigène a été une composante stable des marais nord-américains. Cependant, au cours des dernières décennies, elle a emprunté un comportement de plante envahissante dans les marais salins, les fossés de drainage et les milieux humides (Mal et Narine, 2004). Au Québec, en 1950, le roseau commun n'était présent qu'en quelques stations éparses (Gervais et al. 1993). Depuis, il a connu une forte expansion dans les milieux humides en général (Gervais et al. 1993; Lavoie et al. 2003). Il a récemment été démontré qu'un haplotype exotique originaire d'Eurasie, l'haplotype M, similaire morphologiquement aux haplotypes natifs de l'Amérique du Nord, serait responsable de la propagation récente de l'espèce (Saltonstall, 2002). Au Québec, c'est ce même haplotype eurasiatique qui est envahissant, bien que quelques colonies de l'haplotype indigène aient été trouvées sur le territoire (Jodoin, 2006).

L'expansion rapide de cet haplotype exotique aurait été facilitée par des perturbations anthropogéniques (Minchinton et Bertness, 2003) tel que le développement à grande échelle des réseaux routiers et ferroviaires (Gervais et al. 1993; Saltonstall, 2002). Au Québec, les routes semblent d'ailleurs être un vecteur de choix pour la propagation de l'espèce (Maheu-Giroux, 2005; Jodoin, 2006). La construction de ces réseaux perturbe grandement le milieu et ne laisse que peu ou pas de végétation sur son passage, ce qui laisse le champ libre à des espèces pouvant profiter des perturbations. Le roseau commun serait

d'ailleurs avantage par l'enlèvement ou la modification de la matrice naturelle de végétation (Minchinton et Bertness, 2003). De plus, le transport de rhizomes par la machinerie pourrait également être en cause dans la propagation de l'espèce, ainsi que la perturbation des sols (Gervais et al. 1993). Depuis quelques années, on observe le long des autoroutes québécoises des colonies monospécifiques de roseau commun en alternance avec des colonies mixtes de quenouilles à feuilles étroites (*Typha angustifolia* L.; Typhaceae) et de quenouilles à feuilles larges (*Typha latifolia* L.; Typhaceae).

Le roseau commun, la quenouille à feuilles étroites et la quenouille à feuilles larges sont des macrophytes de forme coloniale ayant une morphologie relativement semblable, avec des rhizomes et des racines souterraines et des tiges herbacées simples de hautes tailles. Ces monocotylédones occupent les milieux humides, y forment des monocultures denses et ont une forte multiplication végétative (Grace et Harrison, 1986; Mal et Narine, 2004). La zone de contact entre les colonies de roseau commun et de quenouilles est par conséquent caractérisée par des interactions compétitives probablement intenses.

1.1 La compétition interspécifique chez le roseau commun, la quenouille à feuilles étroites et la quenouille à feuilles larges

Toutes les plantes ont besoin de nutriments, d'eau, de lumière et d'espace (Silvertown et Charlesworth, 2001). La compétition interspécifique est l'effet négatif sur le *fitness* que produit une espèce sur une autre par la consommation ou la limitation de l'accès à ces ressources de base (Burdick et Konisky, 2003). La performance des espèces dépend donc de leur habileté à obtenir et à utiliser ces ressources (Firbank et Watkinson, 1990) de façon optimale. La compétition pour ces dernières est par conséquent l'un des modes dominants d'interactions entre les espèces (Silvertown et Charlesworth, 2001).

La compétition interspécifique peut affecter la composition des communautés végétales puisqu'elle détermine si la coexistence stable des espèces est possible ou non (Silvertown et Charlesworth, 2001). Afin de comprendre la dynamique et la structure de ces communautés, il est donc primordial d'étudier les interactions compétitives (Gibson et al. 1999).

À ce jour, quelques études ont porté sur les interactions compétitives entre le roseau commun et la quenouille à feuilles larges ou la quenouille à feuilles étroites. Il est à noter que les études traitées ici ne mentionnent pas explicitement l'haplotype du roseau commun impliqué dans la recherche. Toutefois, dans le cas des études les plus récentes prenant place dans le nord-est de l'Amérique du Nord, on peut présumer que c'est de l'haplotype eurasiatique M dont il est question, puisque c'est le plus commun dans cette région (Saltonstall, 2002). L'haplotype M est aussi largement présent en Europe et c'est probablement de celui-ci dont on traite dans les études menées en Europe (Saltonstall, 2002). Dans une expérience en pots, des graines de roseau commun et de quenouille à feuilles larges ont été semées en monoculture et en culture mixte (Szczepanska et Szczepanski, 1982). À la fin de la saison de croissance, la biomasse de chaque espèce en monoculture a été comparée à celle de chaque espèce en culture mixte. En situation de compétition, le roseau commun a atteint une biomasse plus faible que la biomasse théorique calculée à partir des monocultures, alors que la quenouille à feuilles larges a atteint une biomasse plus élevée en compétition qu'en monoculture. Dans cette expérience, la quenouille à feuilles larges est plus compétitive que le roseau commun (Szczepanska et Szczepanski, 1982).

De plus, dans des expériences incluant des stress abiotiques telles que la salinité et l'inondation, Burdick et Konisky (2003) et Konisky et Burdick (2004) ont trouvé que, sous

certaines conditions, la quenouille à feuilles étroites peut réduire la biomasse du roseau commun de 59%, alors que la biomasse de la quenouille à feuilles étroites peut être augmentée de 29% lorsqu'en compétition avec le roseau commun.

La dynamique de compétition entre espèces peut être modifiée par les conditions abiotiques retrouvées dans le milieu. Dans une expérience de compétition impliquant le *Spartina alterniflora* et le roseau commun, le premier était dominant dans un milieu plus immergé alors que le second dominait dans un milieu non immergé (Wang et al. 2006). Les deux espèces coexistaient dans un milieu moyennement immergé (Wang et al. 2006). En milieu naturel, les conditions climatiques peuvent également affecter les conditions abiotiques et changer la dynamique de compétition dans les communautés.

La compétition interspécifique peut également être variable temporellement. Mal et al. (1997) ont mené une expérience de compétition d'une durée de 4 ans entre la quenouille à feuilles étroites et la salicaire pourpre en utilisant quatre densités de départ et quatre proportions de chaque espèce. À la fin de la première année, la quenouille à feuilles étroites était avantagée dans tous les mélanges utilisés, alors qu'à la fin de la dernière année, c'est la salicaire pourpre qui dominait dans tous les mélanges (Mal et al. 1997). De même, le taux global de production de ramets (ORP) pour la première année était supérieur à 1 pour la quenouille à feuilles étroites et inférieur à 1 pour la salicaire pourpre, indiquant que la croissance clonale s'était produite pour la première mais pas pour la seconde. À la fin de la quatrième année, Le taux global de production de ramets était inférieur à 0,4 pour la quenouille à feuilles étroites et supérieur ou égal à 1 pour la salicaire pourpre (Mal et al. 1997). Cette expérience semble donc indiquer que la quenouille à feuilles étroites peut avoir un avantage compétitif à court terme contre la salicaire pourpre, mais que cet avantage tend à se déplacer vers cette dernière à plus long terme (Mal et al. 1997).

Les interactions compétitives entre espèces peuvent également être variables selon la taille de la plante et le stade de développement. Par exemple, selon que la compétition entre les *T. latifolia* et *T. domingensis* est observée aux stades juvéniles ou adultes, le résultat n'est pas le même (Grace, 1985).

D'autres études sur les relations dynamiques et de compétition ont été menées entre les *T. latifolia*, *T. angustifolia* et *P. australis* et d'autres espèces de milieux humides, notamment *Typha domingensis*, *Lythrum salicaria*, *Phalaris arundinacea*, *Spartina alterniflora*, *Spartina patens*, *Glyceria maxima*, *Juncus gerardii*, *Scirpus maritimus*, *Alisma triviale*, *Sium suave*, *Epilobium hirsutum* et plusieurs autres (Buttery et Lambert, 1965; Grace et Wetzel, 1981; Grace, 1985; Grace, 1987; Grace, 1988; Hara et al. 1993; Weihe et Neely, 1997; Keddy et al. 1994; Mal et al. 1997; Wetzel et van der Valk, 1998; Grace et Wetzel, 1998; Pike et Havens 1999; Keddy et al. 2000; Burdick et Konisky, 2003; Minchinton et Bertness, 2003; Konisky et Burdick, 2004; Lenssen et al. 2004; Rickey et Anderson, 2004; Miklovic et Galatowitsch, 2005; Wang et al. 2006). Les facteurs généraux les plus souvent cités pour expliquer les habiletés compétitives supérieures des macrophytes sont leur résistance accrue à des variations dans le milieu, tels la salinité, le niveau d'eau et les perturbations, leur propagation végétative rapide et vigoureuse, et leur capacité à former des populations très denses, supprimant les compétiteurs (Hara et al. 1993, Grace et Wetzel 1998, Pike et Havens 1999).

1.2 La plasticité phénotypique

Dans une communauté, l'équilibre de la compétition entre les espèces peut être modifié par la plasticité phénotypique, soit la production par un génotype donné de types physiologiques et morphologiques différents en réponse à des conditions environnementales variables (Callaway et al. 2003). Ces conditions incluent les variations

dans les conditions abiotiques, les perturbations, le broutage par les herbivores, le parasitisme, les relations mutualistes, ainsi que l'absence ou la présence et l'identité des voisins (Callaway et al. 2003). Le voisinage d'une espèce peut donc causer des réponses plastiques chez cette dernière (Umeki, 1995; Callaway et al. 2003) et ainsi modifier les relations dynamiques entre espèces. La compétition et la plasticité sont donc étroitement liées.

Dans un milieu où les ressources sont variables comme les milieux humides, la plasticité est un caractère qui contribue à augmenter la compétitivité (Claridge et Franklin, 2002). En effet, les traits plastiques d'une plante peuvent lui permettre de tamponner les variations spatiales et temporelles des ressources (Callaway et al. 2003) et d'en optimiser l'acquisition et l'usage (Sorrensen-Cothorn et al. 1993; Callaway et al. 2003). En général, on croit également qu'un haut degré de plasticité phénotypique est lié à des habiletés compétitives et d'invasibilité supérieures, et que les espèces exotiques sont particulièrement plastiques (Alpert et Simms; 2002, Claridge et Franklin, 2002; Callaway et al. 2003; Peperkorn et al. 2005).

Le niveau de plasticité phénotypique peut être variable selon le stade de la vie d'une plante (Callaway et al. 2003). Aussi, une réponse plastique qui a lieu plus tard perturbe moins le développement qu'une réponse trop précoce (Alpert et Simms, 2002). La plasticité pourrait également être plus avantageuse dans les milieux où les ressources sont abondantes puisque la disponibilité élevée des ressources rendrait la croissance, l'ajout et le *turn over* des modules plus rapide (Alpert et Simms, 2002).

La plasticité morphologique fait plus spécifiquement référence à l'ajustement de l'architecture de la plante, autant au niveau aérien que souterrain. Par exemple, l'allocation de la biomasse, la hauteur des tiges et la morphologie des racines peuvent être modifiées

pour contrer les effets négatifs de la compétition (Callaway et al. 2003). La plasticité morphologique est commune chez plusieurs plantes clonales et maintes expériences ont porté sur la plasticité d'espèces clonales en réponse à la présence ou à l'identité des voisins (Callaway et al. 2003).

Au niveau des parties souterraines, la croissance dans des directions exemptes de voisins (Brisson et Reynolds, 1994) et la modification de la longueur des rhizomes entre les tiges aériennes (Wolfer et Straile, 2004) sont des exemples de plasticité morphologique. Wolfer et Straile (2004) ont trouvé que la longueur des entrenœuds des rhizomes de *Potamogeton perfoliatus* est plastique selon l'intensité de la compétition dans son environnement. Aussi, Schmid et Bazzaz (1990) ont trouvé que, dans un sol compact, les réseaux de rhizomes de certaines espèces de *Symphyotrichum* et de *Solidago* sont moins étendus que dans un sol moins compacté. Toutefois, de Kroons et Hutchings (1995) ont montré qu'au niveau souterrain, la plasticité des plantes à rhizomes serait moindre que celle des plantes à stolons, ce qui serait dû à la fonction de stockage des rhizomes.

Au niveau des parties aériennes, la plasticité semble commune chez les plantes à rhizomes, par exemple, par la variation dans la longueur de la tige ou des entrenœuds. Pour deux espèces à rhizomes de marais salins, *J. gerardi* et *S. alterniflora*, les plantes cultivées à densité élevée, donc en situation de forte compétition, ont développé une tige plus longue et plus mince que celles qui étaient cultivées à des densités plus faibles (Harley et Bertness, 1996). Cette réponse, qui permet à la plante d'améliorer l'interception de la lumière, a été observée chez plusieurs espèces (Jarzyna, 2002)

Quelques études ont porté sur la plasticité du roseau commun en lien avec certaines conditions abiotiques. Par exemple, une étude par Vretare et al. (2001) a montré que le roseau commun est plastique en réponse à la profondeur de l'eau. Lorsque l'eau est

profonde, l'espèce alloue plus de ressources à la masse des tiges, qui sont alors moins nombreuses mais plus hautes (Vretare et al. 2001). Également, Clevering (1999) a montré que les clones de roseau commun provenant de milieux fertiles sont plus plastiques que ceux provenant de milieux pauvres.

Quelques études ont également effectué des mesures de plasticité sur des espèces de quenouilles. Wetzel et van der Valk (1998) ont trouvé qu'au stade de semis, la quenouille à feuilles larges a alloué une plus grande biomasse à sa tige lorsqu'en compétition avec le *P. arundinacea*. Une étude par Weisner et Miao (2004) a démontré que le *T. domingensis* a une certaine plasticité en réponse à la profondeur de l'eau. En effet, l'allocation à la biomasse foliaire de cette espèce a augmenté lorsque le niveau d'eau était plus haut. Cette réponse aurait pour effet de maintenir l'apport d'oxygène à partir des parties aériennes vers les parties souterraines (Weisner et Miao, 2004). On connaît peu la plasticité phénotypique du roseau commun et des quenouilles lorsqu'en compétition interspécifique, plasticité qui pourrait favoriser les habiletés compétitives de l'une ou l'autre et ainsi faire pencher l'équilibre de la compétition, favorisant l'une d'elles.

1.3 Objectifs du projet

Le présent projet comporte à la fois des expériences en milieux contrôlés et des travaux en milieu naturel. Il s'articule en deux volets. Le premier volet est observationnel et vise tout d'abord à vérifier, en étudiant la dynamique de compétition, si la progression du roseau commun dans les marais et les fossés de drainage se fait au détriment des quenouilles et si cette dynamique est variable dans le temps. Il vise aussi à vérifier si la morphologie du roseau commun et des quenouilles est plastique en réponse à la compétition interspécifique. Le premier volet inclut donc les objectifs spécifiques suivants:

- 1) Déterminer l'effet de la compétition interspécifique sur la croissance végétative à la zone de contact du roseau commun et des quenouilles dans les milieux humides et les fossés de drainage autoroutiers.
- 2) Déterminer la variabilité temporelle de la compétition interspécifique entre le roseau commun et les quenouilles dans les marais et les fossés de drainage autoroutiers.
- 3) Déterminer l'effet de la compétition interspécifique sur le roseau commun et les quenouilles et la plasticité morphologique en réponse à cette compétition.

Le second volet est expérimental et il vise à vérifier si l'enlèvement de la matrice de végétation dans les fossés de drainage favorise la croissance végétative du roseau commun lorsque comparé à des colonies intactes. Il vise aussi à vérifier si la dynamique de compétition interspécifique entre le roseau commun et les quenouilles est la même selon le stade de la vie, mature ou semis, et si ces stades sont morphologiquement plastiques. Les objectifs que nous poursuivons dans le second volet sont:

- 1) Déterminer l'effet de l'enlèvement de la matrice de végétation sur la croissance végétative et la plasticité morphologique du roseau commun et des quenouilles dans les fossés de drainage autoroutiers.
- 2) Déterminer l'effet de la compétition interspécifique et la plasticité morphologique du roseau commun et des quenouilles selon le stade de développement (mature ou semis).

1.4 Méthodologie

Le premier volet de cette étude comporte tout d'abord des travaux en marais naturels qui tentent de répondre en partie aux objectifs 1 et 2. Pour ce faire, deux marais à quenouilles où il y a vraisemblablement envahissement par le roseau commun ont été

sélectionnés, un premier situé au parc national des Iles-de-Boucherville (PNIB) et un deuxième au parc-nature de la Pointe-aux-Prairies (PNPP). Dans ces milieux, la dynamique du roseau commun et des quenouilles a été étudiée en 2003, 2004 et 2005, l'année 2003 étant l'année de référence.

Ce premier volet comporte également des travaux en fossés de drainage autoroutiers. En 2003, huit zones de contact entre le roseau commun et les quenouilles ont été sélectionnées le long de l'autoroute 640 entre Deux-Montagnes et St-Joseph- du-Lac afin de répondre aux objectifs 1, 2 et 3 du premier volet. Des mesures de progression et de densité ont été effectuées dans les colonies monospécifiques de roseau commun et de quenouilles de part et d'autres de la zone de contact ainsi qu'à la zone de contact. Des mesures morphométriques ont également été effectuées en 2005 sur des tiges de roseau commun et de quenouille provenant de leurs colonies monospécifiques respectives ainsi que des zones de contact interspécifiques.

Le deuxième volet comprend des expériences en fossés de drainage, en bassins et en pots. L'expérience en fossés de drainage tente de répondre aux objectifs 1 et 2. En juin 2005, 12 zones de contact entre le roseau commun et les quenouilles ont été sélectionnées le long de l'autoroute 640 entre Deux-Montagnes et St-Joseph- du-Lac. Dans six de ces zones, le substrat a été excavé sur une longueur de 5 mètres, les rhizomes en ont été retirés, puis le substrat a été remplacé. Les six autres zones ont été laissées intactes. Des mesures de densité et de progression du roseau commun et des quenouilles ont été effectuées en 2005 et 2006. Des mesures morphologiques ont aussi été effectuées sur des tiges ayant recolonisé la zone où la matrice de végétation a été enlevée, ainsi que sur des tiges provenant des sites intacts adjacents.

L'expérience en bassins tente de répondre aux objectifs 1 et 2 du deuxième volet. En 2003, 9 bassins ont été divisés en deux sections égales par une cloison étanche, puis remplis de gravier et d'eau. Cinq bassins ont été désignés pour le traitement compétition, c'est-à-dire que l'une des moitiés a été plantée avec 10 rhizomes de quenouilles et l'autre avec 10 rhizomes de roseau commun. Deux bassins ont été désignés comme témoins quenouilles et ils sont donc occupés par des quenouilles dans une moitié seulement, l'autre étant laissée exempte de plantes. Deux autres bassins ont été désignés comme témoin roseau commun. On a donc voulu comparer le traitement compétition avec le traitement sans compétition. Lorsque l'établissement des plantes a été satisfaisant, les cloisons centrales ont été retirées afin de permettre la compétition interspécifique pour les traitements compétition, et la colonisation de la section exempte de plantes pour les traitements témoins. À l'été 2005, suite à la période de compétition, des mesures de compétition et morphométriques ont été effectuées afin de comparer le traitement avec compétition et le traitement sans compétition, et ce séparément pour le roseau commun et pour les quenouilles.

L'expérience en pots porte sur la compétition et la plasticité morphologique chez les semis et vise à répondre en partie à l'objectif 3. Des semis de roseau commun et de quenouille à feuilles étroites ont été obtenus en culture *in vitro*. Quarante-huit pots remplis de gravier ont été placés dans 12 boîtes rectangulaires étanches et remplies d'eau, qui contenaient donc chacune quatre pots. Dans chaque boîte, deux pots correspondaient au traitement compétition, et un semis de roseau commun et un de quenouille à feuilles étroites y ont été plantés. Un dernier pot correspondait au traitement témoin quenouille et a été planté d'un semis de quenouille. Un autre pot correspondait au traitement témoin roseau

commun. En novembre 2005, des mesures de compétition et morphométriques ont été effectuées.

Il est à noter que dans les observations et expériences menées dans cette étude, exception faite de l'expérience en pot, nous n'avons pas fait de distinction entre les quenouilles à feuilles étroites et à feuilles larges due au grand nombre d'individus présentant des caractères intermédiaires, suggérant l'hybridation de ces deux espèces. L'hybridation serait fréquente dans le nord-est de l'Amérique du Nord. Marburger et al. (2006) ont d'ailleurs trouvé que, dans trois parcs nationaux de la région des Grands-Lacs, la majorité des quenouilles étaient des hybrides de quenouilles à feuilles étroites et à feuilles larges, donc l'espèce *Typha x glauca*. De plus, il serait très difficile de distinguer les deux espèces parentales et l'hybride en ne se basant que sur des caractères morphologiques quantitatifs puisqu'il y a recouvrement de ces caractères (Marcinko Kuehn et White, 1999). Une étude de Marcinko Kuehn et White (1999) a montré qu'aucun des caractères morphologiques communément utilisés sur le terrain pour identifier ces espèces de quenouilles, soit la largeur des feuilles, la longueur de la séparation entre les épis staminés et pistillés, la largeur et la longueur de l'épi pistillé, ou aucune combinaison de ces mesures, ne sont diagnostiques pour les quenouilles. Dans ce mémoire, à moins de spécification contraire, le terme quenouille englobe donc le complexe *Typha latifolia-Typha angustifolia*, qui comprend ces 2 espèces et l'hybride *Typha x glauca*,

Ces suivis et expériences en milieux contrôlés et naturels vont permettre de mieux comprendre la dynamique de compétition à petite échelle de l'haplotype exotique du roseau commun et des quenouilles à feuilles étroites et à feuilles larges ainsi que l'impact d'une perturbation sur cette dynamique. Ces travaux vont contribuer à améliorer notre compréhension sur la nature et l'effet de la compétition entre plantes voisines, notamment

en ce qui a trait à l'importance de la plasticité morphologique et ses conséquences au niveau de la dynamique des populations et des communautés en milieu naturel. Aussi, ils permettront de mieux comprendre les règles régissant le succès d'invasion des milieux humides et des fossés de drainage par des macrophytes aquatiques et paver la voie à une meilleure gestion de ces écosystèmes.

1.5 Organisation du mémoire

Le premier chapitre du mémoire est l'introduction générale présentée précédemment. Le second chapitre est écrit sous forme d'article et présente la partie observationnelle de l'étude de la compétition interspécifique et de la plasticité du roseau commun et des quenouilles en fossés de drainage (volet 1). Le troisième chapitre est aussi sous forme d'article et présente le volet expérimental de notre étude et inclut une expérience d'enlèvement de la végétation en fossés de drainage ainsi que l'étude de la compétition et de la plasticité du roseau commun et des quenouilles aux stades adulte et juvénile. Une conclusion générale répond par la suite aux objectifs de recherche présentés dans l'introduction.

Il est à noter que les chapitres deux et trois seront soumis pour publication avec pour auteurs Marie-Eve Bellavance et Jacques Brisson. Le premier auteur (Marie-Eve Bellavance) a effectué les observations et expériences ainsi que le travail de rédaction des articles. Le deuxième auteur (Jacques Brisson) a supervisé la recherche et corrigé et commenté les manuscrits.

Afin d'alléger le texte, les résultats bruts ont été placés en annexe à la fin du mémoire.

Chapitre 2: Competition dynamics and morphological plasticity of common reed and cattails in freshwater marshes and roadside ditches.

2.1 Abstract

Over the last decades, common reed has significantly increased in natural and anthropogenic wetlands of eastern North America and stands of this species are now commonly found in those habitats, alternating with mixed stands of narrow-leaved and broad-leaved cattail. These macrophytes share many characteristics, thus the contact zone between common reed stands and cattail stands is probably characterized by intense competitive interactions. In this study, we conducted ecological survey over three years in roadside ditches and freshwater marshes to examine the competition dynamic between common reed and cattails, and the morphological plasticity in response to interspecific competition. Results indicate that common reed is clearly gaining ground, at the expense of cattails, in roadside ditches and freshwater marshes. We also found annual variability in the competition dynamic of these species, suggesting that factors other than competition might play a role in those communities, such as water level fluctuation. Interspecific competition had a detrimental effect on both common reed and cattail biomass. However, common reed showed morphological plasticity in shoot height, number of nodes, and internodes length, while cattails did not show plasticity in the traits measured. Overall, this study shows that common reed has a competitive advantage over cattails in roadside ditches and freshwater marshes.

Key-words: common reed, narrow-leaved cattail, broad-leaved cattail, *Phragmites australis*, *Typha angustifolia*, *Typha latifolia*, interspecific competition, competition dynamic, morphological plasticity, roadside ditches, freshwater marshes, macrophytes.

2.2 Introduction

Species composition has greatly changed over the last decades in North American wetlands, largely due to the invasion of exotic species (Farnsworth and Meyerson, 2003; Minchinton et al. 2006), such as the common reed (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.). It has recently been shown that the current invasion of this species is due to the introduction, towards the end of the 19th century, of an Eurasian haplotype that is now the most common and widely distributed haplotype in North America (Saltonstall, 2002). In the 1950s, common reed was found at a few scattered sites in the northeastern part of its American distribution (Gervais et al. 1993). Since then, it has significantly increased in abundance in natural (Lavoie et al. 2003) and anthropogenic wetlands (Delisle et al. 2003; Maheu-Giroux and de Blois, 2005; Jodoin, 2006). Common reed stands, in alternance with mixed stands of narrow-leaved (*Typha angustifolia* L.) and broad-leaved cattails (*Typha latifolia* L.), are now very common in wetland habitats. Those three colonial macrophytes share many characteristics, such as a similar morphology, characterized by unbranched shoots that can reach a great height at maturity and rhizomes and roots as underground structures. In their habitat, they usually form dense monospecific stands due to their strong vegetative propagation. They can also thrive in a wide range of abiotic conditions (Marks et al. 1994; Mal and Narine, 2004; Grace and Harrison, 1986). Consequently, the contact zone between common reed stands and cattails stands is probably characterized by intense competitive interactions.

Interspecific competition is one of the dominant types of interaction between species (Gopal and Goel, 1993; Silvertown and Charlesworth, 2001). It can determine whether stable plant species coexistence is possible, thus influencing the composition, structure, and dynamic of a community (Silvertown and Charlesworth, 2001). Interspecific

competition may vary in time (Mal et al. 1997) and be influenced by different abiotic conditions (Wang et al. 2006), which can also change over time. Long-term observations are thus required to get the most accurate study of competition dynamics (Mal et al. 1997).

In Europe, a competition experiment showed that broad-leaved cattail is a better competitor than common reed (Szczepanska and Szczepanski, 1982). Indeed, broad-leaved cattail had a higher biomass when competing with common reed than in monoculture while common reed biomass was lower when competing with cattail than when in monoculture. Moreover, in experiments including salinity and flooding as stressors, it was found that competition between common reed and narrow-leaved cattail reduced the relative aboveground growth (RABG) of common reed, while narrow-leaved cattails RABG was enhanced (Burdick and Konisky, 2003; Konisky and Burdick, 2004). Yet, in eastern Canada, common reed seems to have a competitive advantage over cattails. Contrary to results from controlled experiments, observational studies have shown that common reed is very competitive and can displace native wetland species (Lavoie et al. 2003). In a study of plant diversity in marshes, it was found that common reed can suppress other wetland species, thus dominating the habitats it invades (Keller, 2000). Another study showed that, in a reclaimed polder where broad-leaved cattails and *Senecio congestus* were previously dominant, common reed became dominant in three years (Clevering and van der Toorn, 2000).

In a plant community, phenotypic plasticity, a property that increase fitness, can alter the balance of competition (Callaway et al. 2003; Trewavas, 2003). It can be defined as the changes in the phenotype of an organism induced by different environmental conditions (Alpert and Simms, 2002; Callaway et al. 2003; Kurashige and Agrawal, 2005). These conditions are numerous and include the presence or absence, and even the identity,

of neighbors (Umeki, 1995; Callaway et al. 2003). Thus, plasticity in response to neighbors may influence the dynamic relationship between competing species.

Phenotypic plasticity in relation to abiotic factors has been investigated in common reed (Clevering, 1999; Vretare et al. 2001). Clevering (1999) showed that clones of common reed originating from infertile habitats were less plastic than those from fertile and eutrophicated habitats. Vretare et al. (2001) found that common reed exhibits phenotypic plasticity in biomass allocation and morphology when exposed to different water depths. Plasticity in broad-leaved and narrow-leaved cattails has also been included in some studies. Wetzel and van der Valk (1998) found that broad-leaved cattail seedlings allocated more to stem when in competition with *Phalaris arundinacea*.

In this study, we examine the interspecific competition between common reed and cattails, and the morphological plasticity in response to competition, in natural and anthropogenic wetlands.

Our specific objectives are to:

- 1) Determine the spatial dynamic of common reed and cattails at their contact zone and the annual variation of this dynamic in freshwater marshes and in roadside ditches.
- 2) Determine the effects of interspecific competition on common reed and cattails and the morphological plasticity in response to this competition.

In order to fulfill these objectives, we monitored, over the course of three years, the progression of common reed and cattails in two freshwater marshes, as well as the progression of common reed and the densities of common reed and cattails in roadside ditches. We also measured several morphological parameters on common reed and cattails

collected in roadside ditches to evaluate their degree of morphological plasticity when in interspecific competition or in monospecific stands.

2.3 Material and Methods

2.3.1 Freshwater Marshes surveys

Two inland freshwater marshes were selected for the surveys that were carried out between August 2003 and September 2005. The first marsh is located in parc national des Iles-de-Boucherville (PNIB) (Latitude: 45°35'52.98" N; Longitude: 73°28'02.24" W). The second marsh is located in parc-nature de la Pointe-aux-Prairie (PNPP) (latitude: 45°41'13.33" N; longitude: 73°31'27.67" W). Both parks are in Québec, Canada. In these marshes, common reed and cattails meet at a contact zone that is 22.8 m long in the PNIB and 27.6 m long in the PNPP.

In the two marshes, a 60 meters measuring tape was pulled along the interspecific zone of the marsh where common reed and cattails come in contact. Every 30 cm, the perpendicular distance between the tape and the cattail closest to the common reed zone was measured (Figure 1), and reciprocally for common reed. There were 76 measuring points in PNIB and 92 in PNPP. Every year, the measuring tape was positioned following the same transect. This allowed us to determine the limits of each species as well as of the interspecific zone and monospecific zones for each year. We were thus able to calculate their mean annual progression and the annual percentage of advances (annual percentage of points where the species advances in the competition zone). Year 2003 serves as the reference year. The measured progressions are not necessarily linear. Indeed, progression could be due to lateral colonization.

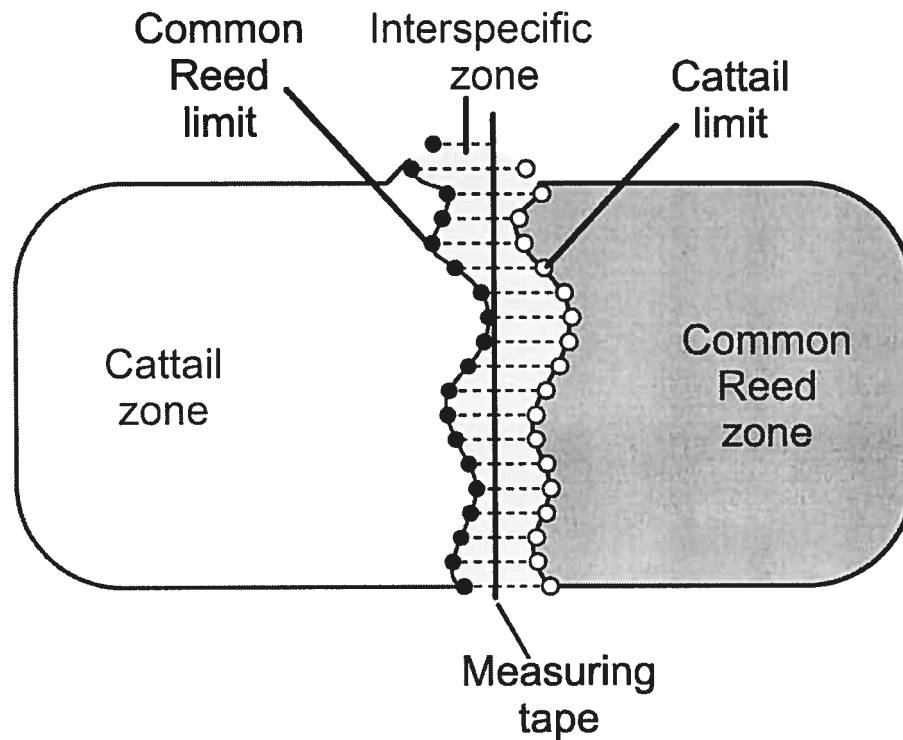


Figure 1. Methodology used to study the competition dynamic between common reed and cattails in the marshes. The black vertical line represents the measuring tape. The horizontal dotted lines at the right side of the measuring tape represent the distance from the tape to the cattail nearest to the common reed zone. The horizontal line left of the measuring tape represents the distance from the measuring tape to the common reed shoot nearest to the cattail zone. Nearest cattail to the common reed zone and nearest common reed to the cattail zone are respectively represented by white and black dots.

2.3.2 Roadside ditches survey

Sites are located in roadside ditches along highway 640 between exits 8 (Deux-Montagnes; latitude: 45°32'38.69" N; longitude: 73°55'37.49" W) and 2 (St-Joseph-du-Lac; latitude: 45°31'45.85" N; longitude: 73°58'21.23" W), Quebec, Canada. This survey took place between June 2003 and September 2005.

At the end of the 2003 growing season, 8 contact zones between common reed and cattails stands in roadside ditches were selected. The main selection criterion was that stands had to be at least 10 meters long for each species. In this experiment, we did not differentiate between narrow-leaved and broad-leaved cattails due to a large number of individuals with intermediate characters, suggesting hybridization. Indeed, Marburger et al. (2006) found that in three Great Lakes national parks, the majority of cattails were hybrids of these two species.

At the 8 contact zones, temporary markers (pigtales and flags) were used to identify the last common reed shoot in a cattail stand, in order to monitor the annual progression of this species over the years. This point was noted as the point 0, and from there, the progression of common reed in the cattail stand was measured at the end of each growing season in 2004 and 2005. Progression of cattails could not be measured in the same way, however. Since a few cattail shoots were present along the total length of the common reed stands, we could not identify the definite ending point of cattail stands. However, since cattail density was very low, we considered common reed stands as monospecific. Rather, we developed a measure of dynamics based on spatial changes in densities, applied to common reed and cattail. From point 0, shoot density in stands was measured at the end of each growing season in 2003, 2004 and 2005, in order to evaluate the progression of the

stands over the years. Every two meters of a total of 20 meters, 10 meters in cattail and 10 in common reed stands, shoots included within a circular quadrat were counted (Figure 2).

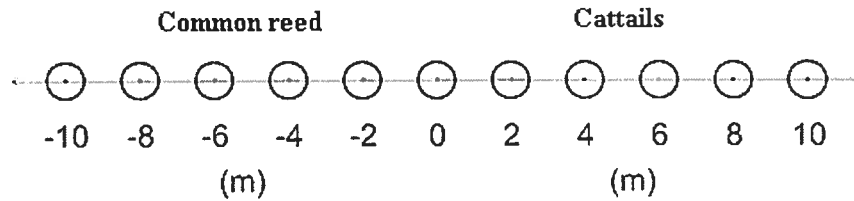


Figure 2. Design for density measurements in roadside ditches. Point 0 corresponds to the contact zone of common reed and cattails in 2003.

For a given site and a given year, common reed densities were represented in a graph according to the distance from the contact zone in 2003 (point 0). The surface under the polygon on the graph was calculated and the position of the centroid of the total density was calculated (Figure 3). Thus, the centroid of density corresponds to the distance from point 0 where the surface of the polygon is divided in two halves. The same was done for cattails. The year 2003 corresponds to the reference year to calculate the centroid of density progression. The annual progression of the centroid of density provided a measure of progression for cattails and added a complementary measure for common reed. Observations have shown that common reed expands by extending the limits of its stands with long colonizing tillers and that dense new shoots appear the following years behind those pioneers (Farnsworth and Meyerson, 1999; Windham, 1999). In a removal experiment, it was found that the dense phalanx is more important than the colonizing tillers in the common reed colonization process (Farnsworth and Meyerson, 1999). It might thus be important to consider density behind the pioneer tillers. The measure of the centroid

of density might provide a better understanding of the progression of common reed stands than the measure of progression of shoots penetrating cattail stands.

In September 2005, in each of the 8 sites, aboveground parts of common reed and cattails were collected in order to see the morphological differences between shoots that are under interspecific competition and those in monospecific stands. Twelve common reed shoots were cut to ground level in the monospecific common reed stands and twelve more in interspecific stands. The same was done for cattails. Cattails with inflorescences were also collected but the number varied at each site since they were very few, particularly in interspecific stands. The measures taken were shoot height, shoot diameter, number of leaves, leaf biomass, inflorescence biomass, and for common reed only, number of nodes, the length of the first 9 internodes, and stem biomass. From those measures, total aboveground biomass was calculated as well as biomass allocation to leaves and to inflorescences, and for common reed only, biomass allocation to stems.

2.4 Statistical Analysis

T-tests were used to test for differences between annual mean progression between common reed and cattails in freshwater marshes and roadside ditches. Pearson correlation was used to test for correlation of progression between species for a given year. Analysis of variance (ANOVA) was used to test for differences in morphological characters (cited in the above paragraph) between treatments (interspecific competition vs. monospecific stands). Data were submitted to rank transformation when model assumptions of normality and/or homoscedasticity of variance were not met. All values are given as arithmetic means \pm standard deviation (S. D.). Results of statistical tests are considered significant when $p < 0.05$.

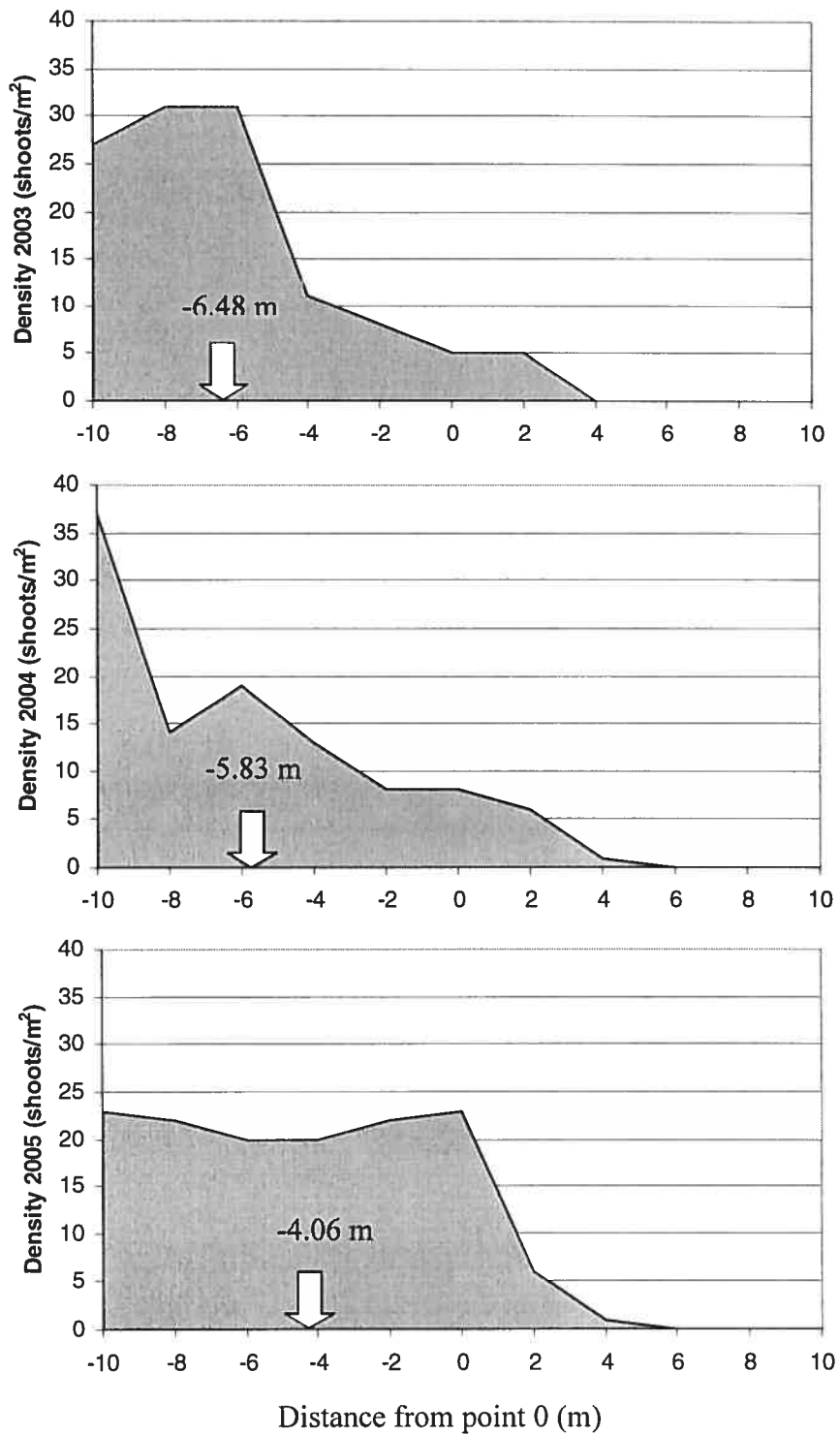


Figure 3. Example of graphs used to calculate the position of the centroid of density of common reed at one particular site. Arrows indicate the position of the centroid of density for each year.

2.5 Results

2.5.1 Freshwater Marshes surveys

Overall, we found that in freshwater marshes, the dynamic of common reed and cattails is complex, with annual variation in the percentages of advance and mean advances for both species, but with an overall advantage in favor of the common reed.

In the PNIB marsh, for the years 2004 and 2005, common reed had a greater mean progression ($p < 0.001$ for both years) and a higher percentage of advance than cattail (Figure 4). However, there is no correlation between common reed and cattail progression in 2004 and in 2005. In 2005, common reed mean progression ($p < 0.001$) and percentage of advance are greater than in 2004. For cattail, the trend is opposite, with lesser mean progression ($p < 0.001$) and lower percentage of advance in 2005 than in 2004.

In the PNPP marsh, in 2004, common reed and cattail mean progressions are not significantly different ($p = 0.154$), and percentages of advance are similar (Figure 5). In 2005, common reed had a longer mean progression ($p = 0.005$) and a higher percentage of advance than cattail. There is no correlation between progressions of species for a given year. Common reed mean progression is not significantly different between 2004 and 2005 ($p = 0.560$), but percentage of advances is higher in 2005. In 2004, cattails had a higher mean progression ($p < 0.001$) and a higher percentage of advance than in 2005. Correlations between common reed and cattail progressions in 2004 and 2005 are not significant.

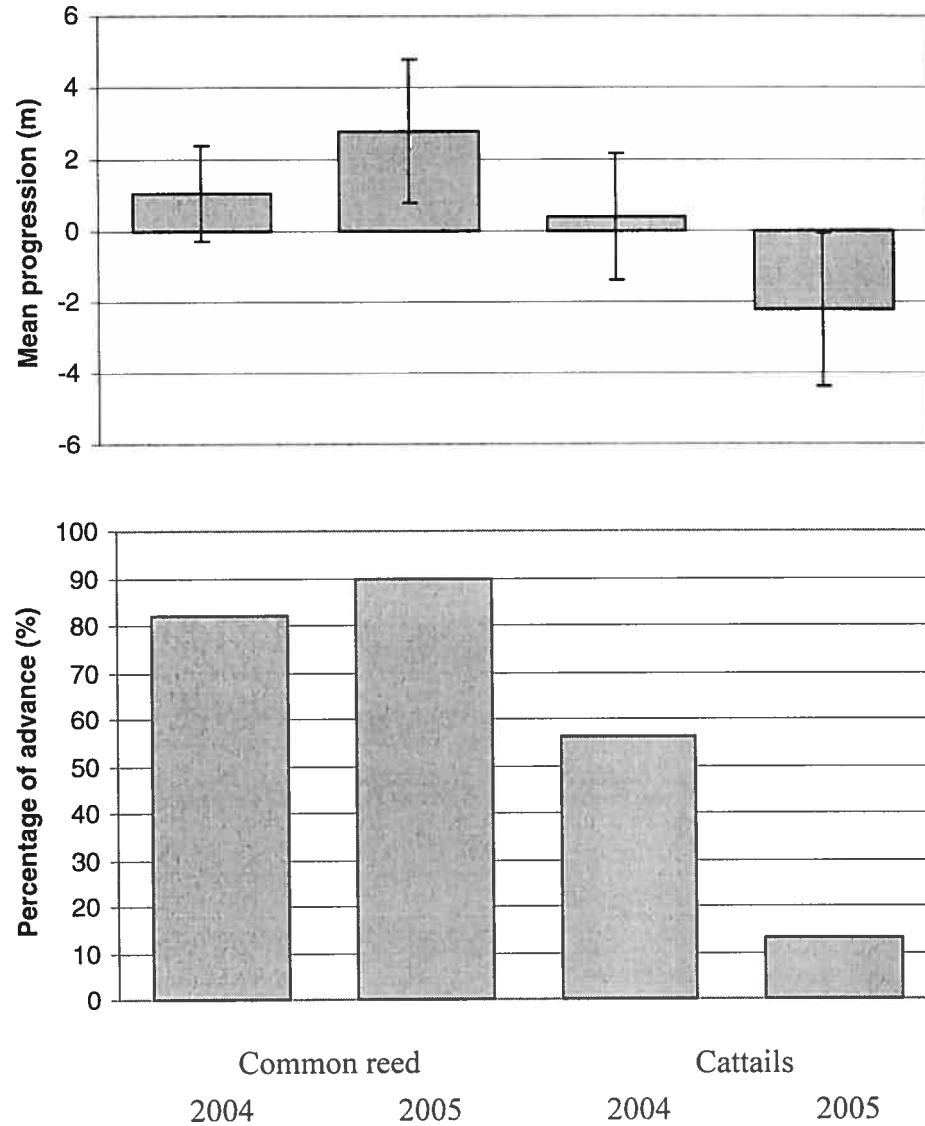


Figure 4. Mean progression (\pm S. D.) and percentage of advance for common reed and cattail in the Parc national des Iles-de-Boucherville freshwater marsh in 2004 and 2005.

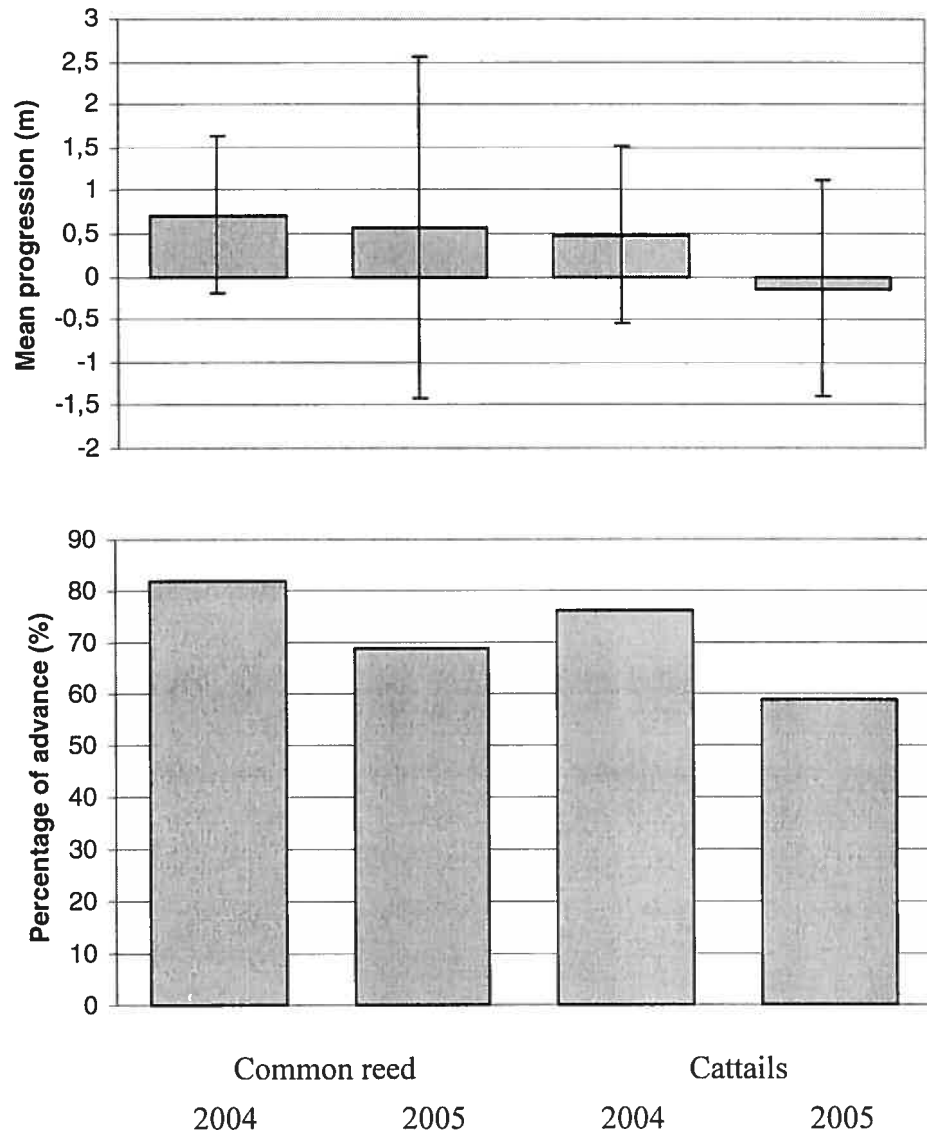


Figure 5. Mean progression (\pm S. D.) and percentage of advance for common reed and cattail in the Parc-nature de la Pointe-aux-Prairies freshwater marsh in 2004 and 2005.

2.5.2 Roadside ditches survey

In roadside ditches, the dynamics of common reed and cattail is more stable spatially and temporally than in marshes. Again, common reed has a strong overall progression at the expense of cattail.

In 2004 at the 8 sites studied, common reed mean progression from point 0 was 1.7 ± 0.6 m, with a minimum of 1 m and a maximum of 2.9 m. In 2005, mean progression was 3.7 ± 1.5 m, with a minimum of 2 m and a maximum of 5.6 m. For both years, common reed progressed in the cattail zone at the 8 sites.

When considering the progression of the centroids of density over the years, common reed mean centroid advanced in 7 of the 8 sites and cattails mean centroid regressed in 7 of the 8 sites. There is a tendency, though not a significant one, for mean common reed progression and mean cattail progression to be different in 2004 ($p= 0.067$), and the difference is significant in 2005 ($p= 0.040$) (Figure 6). There is no significant difference between common reed mean centroid progression in 2004 and 2005 ($p= 0.881$), and this is also the case for cattails ($p= 0.975$). There is a strong negative correlation between common reed and cattails progression in a particular site in 2004 (Pearson= -0.649; p value= 0.082) and in 2005 (Pearson= -0.629; p value= 0.095).

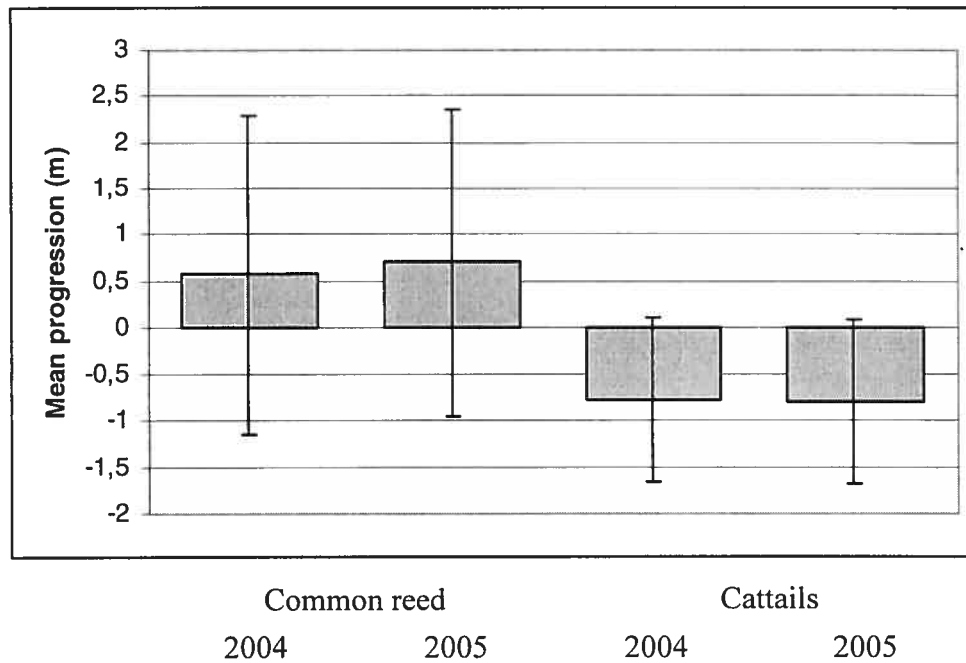


Figure 6. Mean progression (\pm S. D.) of centroid of density for common reed and cattail in roadside ditches along highway 640 between Deux-Montagnes and St-Joseph-du-Lac in 2004 and in 2005.

Generally, at the morphological level, we found that both common reed and cattail are affected by interspecific competition and that common reed is a highly plastic species, at least for the morphological traits we measured.

For common reed, leaf biomass, stem biomass and total aboveground biomass per shoot are higher in monospecific stands than when competing against cattail (Table I). This species is taller, has more nodes, and the lengths of internodes 3 to 9 are greater when grown in monospecific than in interspecific zones (Table II). There is also a tendency for common reed in monospecific stands to have a larger stem diameter, although the difference is not significant (Table I). Percent biomass allocation to inflorescences is also lower when in monospecific stands (Table I). For cattail with inflorescences, the only

variable significantly affected by the treatment is total aboveground biomass, which is higher in monoculture (Table II). There is also a tendency for leaf and inflorescence biomass to be higher in monospecific stands, although differences are not significant when compared to interspecific competition treatment (Table II). For cattail with no inflorescences, no variable is affected by the treatment (Table III).

Table I. Mean values (\pm S. D.) and results of ANOVA (p value) for biomass, morphological characteristics, and biomass allocation according to the treatment for shoots of common reed. Rank transformation of data is indicated by an asterisk (*). P values < 0.1 are in bold.

Common reed	Interspecific competition	Monospecific stand	p value
<i>Biomass per shoot</i>			
Leaf (g)*	6.7 \pm 3.0	8.8 \pm 3.3	0.013
Inflorescence (g)*	4.3 \pm 2.6	4.5 \pm 3.1	0.916
Stem (g)*	25.8 \pm 12.5	32.5 \pm 15.0	0.017
Total aboveground biomass (g)*	36.8 \pm 17.1	45.8 \pm 20.4	0.024
<i>Morphological characteristics</i>			
Height (cm)*	257.7 \pm 35.7	303.6 \pm 37.5	<0.001
Diameter (cm)	0.79 \pm 0.18	0.84 \pm 0.18	0.08
Number of leaves*	11.3 \pm 1.6	11.9 \pm 2.1	0.145
Number of nodes*	19.8 \pm 2.4	22.4 \pm 2.5	<0.001
Length of internode 1 (cm)*	10.5 \pm 5.4	10.7 \pm 5.4	0.825
Length of internode 2 (cm)	15.6 \pm 6.3	16.1 \pm 6.5	0.647
Length of internode 3 (cm)*	18.8 \pm 5.9	20.8 \pm 6.3	0.049
Length of internode 4 (cm)*	21.4 \pm 6.1	23.4 \pm 5.4	0.012
Length of internode 5 (cm)*	20.8 \pm 4.9	23.9 \pm 4.7	0.005
Length of internode 6 (cm)	19.6 \pm 4.3	22.5 \pm 4.3	0.002
Length of internode 7 (cm)	17.5 \pm 4.3	20.2 \pm 4.6	0.005
Length of internode 8 (cm)	15.7 \pm 3.99	17.6 \pm 4.5	0.020
Length of internode 9 (cm)	14.4 \pm 3.4	15.9 \pm 3.9	0.021
<i>Biomass allocation</i>			
Leaf (%)*	19.0 \pm 5.4	20.0 \pm 4.1	0.139
Inflorescence (%)*	11.3 \pm 3.9	9.3 \pm 4.1	0.010
Stem (%)*	69.6 \pm 6.6	70.7 \pm 3.9	0.240

Table II. Mean values (\pm S. D.) and results of ANOVA (p value) for biomass, morphological characteristics, and biomass allocation according to the treatment for shoots of cattail with inflorescence. Rank transformation of data is indicated by an asterisk (*). P values < 0.1 are in bold.

Cattails with inflorescence	Interspecific competition	Monospecific stand	p value
<i>Biomass per shoot</i>			
Leaf (g)	16.7 \pm 6.0	23.4 \pm 7.8	0.080
Inflorescence (g)	6.1 \pm 2.5	7.3 \pm 2.2	0.064
Total aboveground biomass (g)	22.8 \pm 7.7	30.7 \pm 9.1	0.042
<i>Morphological characteristics</i>			
Height (cm)	194.4 \pm 17.7	192.6 \pm 18.0	0.845
Diameter (cm)	1.2 \pm 0.3	1.3 \pm 0.3	0.893
Number of leaves	6.4 \pm 1.1	6.8 \pm 1.0	0.844
<i>Biomass allocation</i>			
Leaf (%)*	72.9 \pm 6.3	75.5 \pm 5.7	0.663
Inflorescence (%)*	27.0 \pm 6.3	24.5 \pm 5.7	0.663

Table III. Mean values (\pm S. D.) and results of ANOVA (p value) for biomass and morphological characteristics according to the treatment for shoots of cattail without inflorescence. There is no biomass allocation value since 100% of aboveground biomass is allocated to leaves. Rank transformation of data is indicated by an asterisk (*).

Cattails without inflorescence	Interspecific competition	Monospecific stand	p value
<i>Biomass</i>			
Leaf (Total aboveground biomass) (g)*	16.5 \pm 7.0	18.3 \pm 9.2	0.630
<i>Morphological characteristics</i>			
Height (cm)*	218.7 \pm 27.0	211.1 \pm 30.3	0.190
Diameter (cm)*	1.5 \pm 0.4	1.7 \pm 0.6	0.333
Number of leaves	6.3 \pm 1.3	6.2 \pm 1.2	0.968

2.6 Discussion

Results from the spatial dynamics surveys in freshwater marshes and roadside ditches indicate that common reed was clearly gaining ground in those habitats during the period of the surveys. In the PNIB marsh, common reed had the advantage over cattail in 2004 and 2005, and in 2005 at PNPP. However, the non-significant correlations between common reed and cattail progressions for 2004 and 2005 in both marshes show that, in those habitats, the advance of common reed may not be directly linked to regression of cattail, and vice versa. Thus in marshes, other factors than competition alone may act in the spatial dynamics of these species. An important factor of the distribution of common reed and cattail in wetlands is the water level (Grace and Wetzel, 1981; Marks et al. 1994). Common reed has been found to occupy shallower water than narrow-leaved cattail (Asaeda et al. 2005). Moreover, common reed advance is hindered by high water level and it can retreat when water level is higher than 50 centimeters (Hudon et al. 2005). Windham (1999) also found that, within a marsh, there are variations among micro-sites in the rate of expansion of common reed. Even if our surveys were not designed to take water level in account, it seems that in marshes, where there is a lot of spatial heterogeneity, water level might play an important role in the competition dynamic of common reed and cattail. The different spatial dynamic between the two sites surveyed might also be the result of different water levels, since the marsh in PNIB had a lower relative water level than that in PNPP (personal observation). This could provide an explanation for the greater mean progression of common reed and the lesser mean progression of cattail in the former marsh when compared to the latter. Comparison of common reed rates of expansion measured in different studies has shown that this rate varies among marshes (Farnsworth and Meyerson, 2003).

Mean progression of common reed and cattail vary annually in the marshes surveyed and these variations influence the dynamic of competition. However, for common reed, this is only true in PNIB, where mean advance in 2005 is twice as the mean advance in 2004. For cattail, there are annual variations in both marshes. These annual differences in progression could be due to climatic conditions such as temperature and precipitations, which influence water level. This is consistent with results from Hudon et al. (2005) who found annual variability in vegetative gains of common reed, with maximal gains measured the year following a fall in water level.

In roadside ditches, there is a strong pattern of advance of common reed over cattail in 2004 and 2005. Indeed, common reed shoots advanced in cattail stands at all sites, and mean progression of the centroid of density is an advance for common reed and a regression for cattail in both years. The results of the Pearson test also clearly indicate that the advance of common reed stands is strongly linked to the regression of cattail stands. Since roadside ditches are man-made and regularly maintained, they are characterized by less spatial heterogeneity in water level than are marshes and they generally have a lower water level. Interspecific competition might thus play a more important role in the dynamic of these species in roadside ditches than in marshes, and common reed could be advantaged in the former habitat. When comparing the intrinsic growth rates of common reed in linear anthropogenic wetlands such as roadside ditches with the growth rates of natural wetlands measured in other studies, Maheu-Giroux (2005) found higher rates in anthropogenic wetlands. Moreover, the presence of cattail at very low densities in common reed stands could indicate that cattail was previously dominant in roadside ditches and is now being outcompeted by common reed. In roadside ditches, there seems to be more stability in the annual progression of common reed and cattail stands.

If common reed has an obvious advantage in the spatial dynamic in marshes and roadside ditches, there is however a negative effect of interspecific competition on common reed and cattail biomass. For common reed, this result is in accordance with Szczepanska and Szczepanski (1982) who found that common reed shoot biomass is lower when in competition with broad-leaved cattail than in monoculture. This result is also concordant with studies from Burdick and Konisky (2003) and Konisky and Burdick (2004) who found that competition with cattail reduces common reed relative aboveground growth (RABG). For cattail with inflorescences, our results are not concordant with Szczepanska and Szczepanski (1982), since they found that cattail shoots were heavier when in competition with common reed. They are also not concordant with the results of Burdick and Konisky (2003) and Konisky and Burdick (2004), who found that the relative RABG of cattails is enhanced when competing with common reed. However, for cattail without inflorescence, there was no difference between treatments in aboveground biomass.

Competition not only affected the biomass of common reed but also its morphology and biomass allocation. Indeed, our results show that common reed exhibits morphological plasticity in the majority of the traits measured. With its longer shoots, higher number of nodes and longer internodes in monospecific stands, common reed seems to exhibit a shade-induced stem elongation response. This response, due to a decrease of the red to far-red light ratio, allows plants to adjust their morphology to improve light interception in dense stands (Harley and Bertness, 1996; Jarzyna, 2002; Kurashige and Agrawal, 2005).

Yet, total mean density, including common reed and cattail, is higher in the interspecific competition zones than in common reed monospecific stands: thus, the shade avoidance response should be encountered in common reed shoots from interspecific stands. The fact that this response occurs in monospecific stands could be explained by the

high density of dead common reed shoots that remain standing for years in such stands, which could add to the density of shoots. Moreover, since cattails are generally shorter than common reed, the density of cattails might have little effect on common reed light interception. Also, plants with crown that spread horizontally, like common reed, are known to compete more intensely for light when grown in dense stands than plants with vertical growth like cattail (Harley and Bertness, 1996). Generally, not much light reaches the ground in common reed stands due to high shoot density (Haslam, 1971a). Thus, competition for light seems to be more intense in monospecific common reed stands, triggering the stem-elongation response.

Contrary to common reed, cattail did not show plasticity in morphology or biomass allocation in this study. However, cattail without inflorescence appeared to be taller when competing against common reed than when in monospecific stands although the difference is not significant. This might still be a shade avoidance response, but not as striking as the common reed response. For cattail, this response would be triggered by shading from common reed, which is known to negatively affect its competitors by shading (Haslam, 1971b). Interestingly, in the interspecific competition zone, there was less cattail with inflorescence than in monospecific stands (personal observation). It might thus be better for competing cattail to invest in photosynthetic tissue since inflorescences might be too costly when competing against common reed. If this were the case, competition with common reed thus has a negative influence on cattail reproductive output. Since reproductive structures are considered to be indicator of competitive success (Weihe and Neely, 1997), this could be another sign that cattail is being outcompeted by common reed.

There might also be changes in belowground biomass and biomass allocation between aboveground and belowground parts according to the treatments. For example,

since common reed seems to compete intensely for light in monospecific stands, there might be a shift from belowground biomass towards aboveground biomass to enhance the capture of light. However, belowground parts were not included in this study and this remains to be studied.

2.7 Conclusion

Our results are consistent with the long-observed trend of common reed competitive dominance and progression over cattail in North America. The expansion of common reed has been demonstrated at broad scales (Delisle et al. 2003; Lavoie et al. 2003; Maheu-Giroux, 2005; Jodoin, 2006). Our study confirms at a fine scale that, in marshes and in roadside ditches, common reed slowly but surely progresses within cattail stands. Many studies have dealt with competitive interaction experiments between invasive and native wetland species, in the light of nitrogen enrichment, salinity, nutrient, water level, hydroperiod, *etc.* (Figiel et al. 1995; Wetzel and van der Valk, 1998; Burdick and Konisky, 2003; Miller and Zedler, 2003; Perry et al. 2004; Rickey and Anderson, 2004; Ba et al. 2006; Wang et al. 2006). Our results show that common reed invasion occurs even under ambient field conditions, however. It has been suggested that plasticity in general is an important factor of invasiveness of non-native species (Alpert and Simms, 2002; Claridge and Franklin, 2002; Callaway et al. 2003; Peperkorn et al. 2005). Our results suggest that common reed is a highly plastic species, at least the exotic haplotype, and this characteristic probably contributes to its advantage in the balance of competition with cattail, which don't seem to be very plastic.

Even if common reed advances at the expense of cattail in wetlands, competition with established cattail stands might be slowing down common reed progression. Moreover, exotic species such as common reed are known to take advantage of disturbance

(Minchinton and Bertness, 2003; Rickey and Anderson, 2004). In the event of a disturbance that would remove vegetation matrix in a wetland habitat, competition dynamic between common reed and cattail might be modified. Also, in such a newly opened habitat, seedling colonization might be possible for these species if ideal conditions are met. Thus, competition studies are needed to understand whether cattail has a negative effect on common reed spread or whether its presence or absence makes any difference. Also, the effects of perturbations on competitive interactions at the mature stage and competition at the seedling stage should be investigated. The detailed examination of competitive interactions between native and exotic species under different circumstances is needed if we want to understand why invasive exotics are so widespread.

Chapitre 3: Interspecific competition and morphological plasticity in common reed and cattails: effect of disturbance and life-history stage.

3.1 Abstract

Common reed has been spreading at the expense of native species in eastern North America. It has been suggested that anthropogenic disturbances facilitate the invasion of this species in wetland habitats. This study aimed to measure the effect of disturbances on common reed spread. We also examined interspecific competition between common reed and cattail at the mature and seedling stages as well as their morphological plasticity in response to competition. We found that common reed is faster than cattail at colonizing zones that have been disturbed and left unvegetated. Also, cattail does not slow down common reed progression in roadside ditches. When competition was maximized, there were strong competition effects on both common reed and cattail density and biomass, but those detrimental effects were stronger for cattail. Both species showed morphological plasticity in certain traits at the mature stage. There was no competition effect on common reed and narrow-leaved cattail seedlings and we found very few plastic traits at this stage. However, this is probably due to the density of seedlings that was too low at the start of the experiment. This study shows that common reed has a competitive advantage over cattail at the mature stage and that it can take a better advantage of disturbance than cattail.

Key-words: Common reed, narrow-leaved cattail, broad-leaved cattail, *Phragmites australis*, *Typha angustifolia*, *Typha latifolia*, interspecific competition, morphological plasticity, life- history stage, disturbance, experiment.

3.2 Introduction

Over the last decades, common reed (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.) has dramatically spread in North American wetlands and roadside ditches. Historically, this species had been a stable component of wetlands (Mal and Narine, 2004). It has recently been shown that the invasive common reed is an Eurasian haplotype whose spread was probably facilitated by disturbances such as construction of highways and railroads (Saltonstall, 2002). In the north-eastern part of its American distribution, the expansion of this exotic haplotype, which is also the most common, coincides with road development (Jodoin, 2006).

Road construction is often associated with the clearing of vegetation over large areas and disturbances of soils (Jodoin, 2006), which common reed can take advantage of (Grandtner, 1999; Minchinton and Bertness, 2003). Moreover, the disturbances created by road development could also potentially represent a window of opportunity for common reed to colonize the disturbed sites by sexual reproduction. Although common reed is thought to reproduce mainly by vegetative propagation (Gervais et al. 1993; Marks et al. 1994), seeds have shown the ability to germinate in the laboratory (Gervais et al. 1993; Maheu-Giroux, 2005). Seedlings have recently been found in roadside ditches in the Montreal area (Quebec, Canada), showing that the species can germinate in the field (personal observation). Moreover, Hudon et al. (2005) observed the establishment of new common reed stands in eastern Canada, probably resulting from seed germination. In southern France, Alvarez et al. (2005) also found that, when provided with the right conditions, common reed could colonize an empty space (mudflat) by seedlings establishment. Favorable germination conditions include exposed moist mudflats and fluctuating temperatures (Mal and Narine, 2004; Alvarez et al. 2005), conditions that could

possibly be encountered after a disturbance such as road construction. Thus, common reed could potentially colonize disturbed sites by vegetative propagation and by sexual reproduction.

In Quebec roadside ditches, common reed stands are commonly found alternating with mixed stands of narrow-leaved (*Typha angustifolia* L.) and broad-leaved cattails (*Typha latifolia* L.). These three macrophytes share many characteristics. As common reed, cattail can reproduce sexually when moisture is sufficient and temperature and light are adequate (Grace and Harrison, 1986). The morphology of common reed and cattail is relatively similar, with rhizomes and roots as underground structures and aboveground shoots that can attain considerable height at maturity. Furthermore, they exhibit strong vegetative propagation in their wetland habitats, where they form dense monospecific stands (Grace and Harrison, 1986; Mal and Narine, 2004). Consequently, the contact zone between common reed and cattail stands is characterized by intense competitive interactions. The recent spread of common reed in roadside ditches strongly suggests this species has the competitive advantage over cattails (See Chapter 2).

In plant communities, competition is a significant process that acts to shape their structure and composition (Grace and Wetzel, 1981; Ba et al. 2006; Perry and Galatowitsch, 2006). By modifying the relative abundance of species, and thus resources availability, disturbances can alter the competitive interactions in communities (Minchinton and Bertness, 2003; Perry and Galatowitsch, 2006). When environmental conditions change, invasive grasses, such as common reed, often have an advantage in the competition for limiting resources that leads to the replacement of natives (Minchinton et al. 2006).

The expression of phenotypic plasticity can be the response of plants to competition (Kurashige and Agrawal, 2005). Phenotypic plasticity can be viewed as the production of

different phenotypes by one genotype in response to different conditions of the environment (Callaway et al. 2003; Trewavas, 2003; Garbey et al. 2004; de Kroon et al. 2005; Weijsschedé et al. 2006). Indeed, among the conditions that trigger plasticity is the presence or absence of neighbors and the identity of neighbors (Umeki, 1995; Callaway et al. 2003). Plastic responses can thus be triggered by another species, influencing the dynamic relations and thus the balance of competition between them (Callaway et al. 2003). Phenotypic plasticity differs among plant populations and species (Alpert and Simms, 2002), and it is also variable according to the life history stage of plants (Callaway et al. 2003). It has been suggested that plasticity in general is an important factor of invasiveness of non-native species (Alpert and Simms, 2002; Claridge and Franklin, 2002; Peperkorn et al. 2005). In a previous study, we found that common reed exhibits morphological plasticity in several traits such as stem height, number of nodes, and length of internodes, while cattail did not show any plasticity in the traits measured (See chapter 2).

The progress of common reed at the expense of cattail in wetland habitats raises several questions. Are disturbances such as road construction favoring the spread of common reed in wetland habitats? Is cattail slowing down common reed progression by interspecific competition? If ideal germination conditions are met for common reed and cattail in a disturbed area, what would be the effect of interspecific competition between seedlings? Since competition can be influenced by plasticity, is there any morphological plasticity in mature common reed and cattail, as well as in common reed and cattail seedlings, in response to competition?

In order to answer these questions, we performed competition experiments at three spatial scales. We monitored progression and density of common reed and cattail in

experimentally unvegetated sites as well as in undisturbed mature competing stands located in roadside ditches. We also carried out competition experiment between mature common reed and mature cattail in basins, as well as between seedlings of common reed and of narrow-leaved cattail in pots.

3.3 Material and Methods

3.3.1 Roadside ditches experiment

This experiment aims to compare progression of common reed and density of common reed and cattail when in interspecific competition (hereafter competition sites) or in sites that were unvegetated, and thus free of competition (hereafter unvegetated sites).

In May 2003, 12 contact zones between common reed and cattail stands located in roadside ditches were selected along highway 640 between exit 8 (Deux-Montagnes; latitude: 45°32'38.69" N; longitude: 73°55'37.49" W) and exit 2 (St-Joseph-du-Lac; latitude: 45°31'45.85" N; longitude: 73°58'21.23" W). The main selection criterion was that the stands had to be at least 10 m long. In this experiment, we did not differentiate between narrow-leaved and broad-leaved cattails since there is hybridization between these species. Indeed, Marburger et al. (2006) found that in three Great Lakes national parks, the majority of cattails were such hybrid.

Of the 12 sites, six were left intact. At these sites, temporary markers (pigtails and flags) were used to identify the last common reed shoot in a cattail stand. This point was noted as the point 0, and from there, the progression of common reed in the cattail stands was measured at the end of the growing season in 2005 and 2006. Progression of cattail could not be measured in the same way, since cattail shoots were present at a very low density in the common reed stands, so we could not identify the end point of stands. Density of common reed and cattail was also measured at their contact zone in 2005 and

2006. Moreover, density was measured in six monospecific stands of common reed and six of cattails.

At six other sites, vegetation was removed on a length of approximately 2.5 m on each side of the contact zone between the common reed and cattail stands. In June 2005, in order to remove rhizomes in the unvegetated zones, soil was removed to a depth of about 60 centimeters using a mechanical shovel and the soil was put back in place. This procedure created unvegetated sites, with common reed on one side and cattail on the other. In September 2005 and October 2006, progression of common reed and cattail at these sites was measured. Density of shoots was also measured in circular quadrats with the center located at 1 meter of the limit of the unvegetated zone. In 2006, shoots of common reed and cattail were collected in the unvegetated sites as well as in adjacent competition sites in order to compare morphology and biomass allocation of shoots growing in these two types of sites. Measures include shoot height, shoot diameter, number of leaves, leaf biomass, and for common reed only, number of nodes, and inflorescence and stem biomass.

Data measured in 2005 are not going to be presented here since that year, progression, density, and growth of common reed and cattail were much reduced compared to 2006. This might be due to the fact that the excavation to remove rhizomes and the vegetation matrix took place in June. For common reed, about half of the buds that give rise to next year shoots are formed before the winter of the previous year (Haslam, 1971a). For cattail, fall is associated with the formation of rhizomes that will support the new shoots emerging the following spring (Grace and Harrison, 1986). Thus, the disturbance we created certainly removed buds and new emerging shoots and quite possibly damaged rhizomes at the limit of the unvegetated sites. Common reed can form new buds in about two to four weeks (Haslam, 1971a), which would have postponed the growth of shoots in

July, but this species reaches its maximum growth in July or August (Mal and Narine, 2004). The time common reed and cattail took to form new buds and shoots probably significantly shortened the time they could grow during the summer 2005, whereas in 2006 they grew during the complete growing season.

3.3.2 Basins experiment

The objective of this experiment was to determine the effect of competition for space between common reed and cattails and the plasticity triggered by interspecific competition.

The basins experiment was held at the Montreal Botanical Garden, Montreal, Quebec, Canada, in an outside plant nursery (latitude: 45°33'28.30" N; longitude: 73°33'30.49" W), between May 2003 and September 2005.

In May 2003, 9 basins (120 cm long x 75 cm large x 40 cm deep) were separated in half by a central panel and then filled with gravel (5 to 10 mm in diameter) up to 10 cm from the top (Figure 7). The basins were filled with water up to the surface of the gravel. In five basins, one half was planted with ten common reed rhizomes and the other with ten cattail rhizomes, corresponding to interspecific competition basins (hereafter competition basins). Two other basins had one half planted with ten common reed rhizomes and the other half was left unplanted, and two others basins were planted with cattails following the same pattern (hereafter unvegetated basins). The treatments were designed so that competition basins were separated by an unvegetated basins and the orientation of each species was alternated (Figure 8). All planted rhizomes had one visible bud and were cut to a similar mass. Plants were fertilized every week for four weeks with 15:30:15 fertilizer (100 p.p.m.), then every week for four weeks with 20:20:20 fertilizer (150 p.p.m.). Each

basin was emptied of water before fertilization in order to prevent nutrient build-up. By July 2003, common reed started to show nutrient deficiency so fertilization was done every week with fish farm residue for the rest of the growing season, until September 2003. Shoot density was noted and standing biomass was cut, separated for each species, and dried at a standard weight. In April 2004, fertilization begun using a combination of 20:20:20 fertilizer and fish farm residue for the first 2 weeks, then fertilization was done with 20:20:20 fertilizer (150 p.p.m). On June 18, 2004, each planted unit was fully occupied by a dense mature population and the central panels were removed in every basin to let interspecific competition for space occur. At the end of summer, shoot density was noted and standing biomass was separated for each species and dried at a standard weight. Fertilization was done every week with 20:20:20 fertilizer (150 p.p.m.). At the end of August 2005, standing biomass was cut and separated for each species. Morphological measures were performed on shoots. Leaves, stems, and inflorescences were separated and dried at 30°C for four days and weighed. Underground biomass was extracted from the basins in May 2006, and roots and rhizomes of the specimens that invaded the competitor's half for competition treatment and the empty half for control treatment, were separated, dried at 30°C for eight days, and weighed.

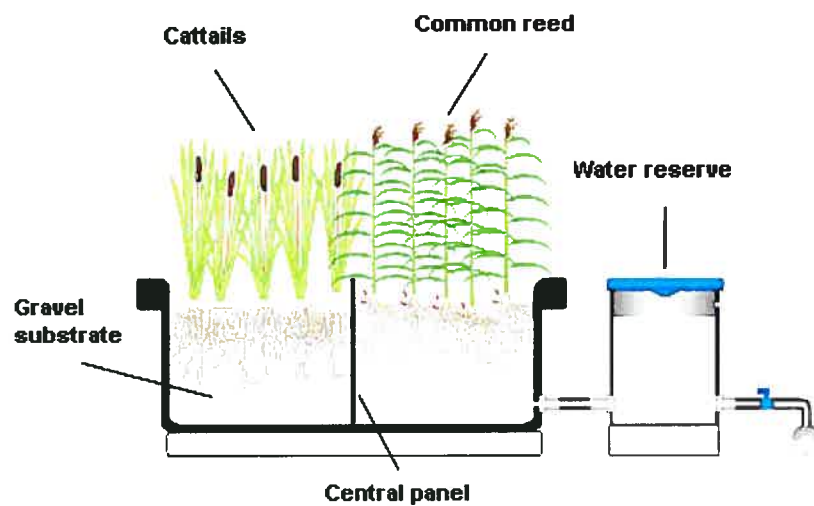


Figure 7. Cross-section of a competition basin before removal of the central panel.

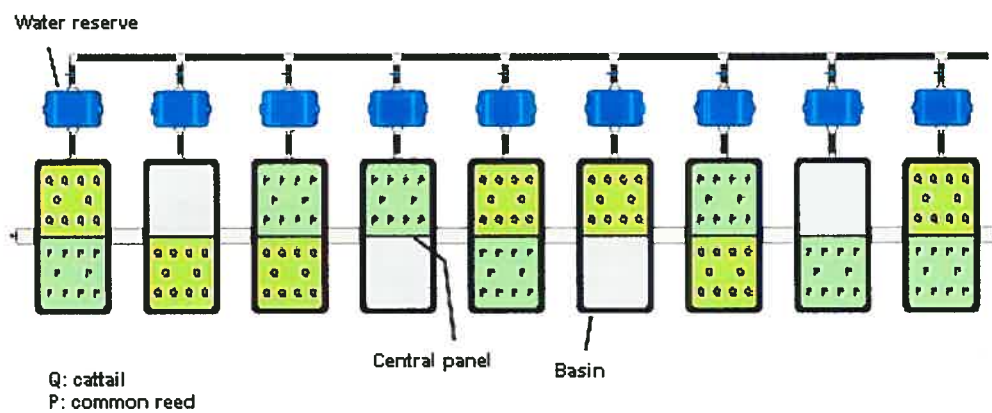


Figure 8. Aerial view of the basins setup.

3.3.3 Pots experiment

The objective of this experiment was to measure the effects of interspecific competition between seedlings of common reed and cattail as well as the morphological plasticity in response to competition.

The pots experiment was performed in a greenhouse at the Montreal Botanical Garden, Montreal, Quebec, Canada (latitude: 45°33'28.30" N; longitude: 73°33'30.49" W). This experiment took place between July 7, 2005, and November 10, 2005.

In July 7, 2005, seedlings of common reed and narrow-leaved cattail were obtained by in-vitro culture and medium size seedlings of each species were selected for the experiment. Forty-eight pots (13.5 cm long x 13.5 cm large x 13.5 cm deep) were filled with gravel (5 to 10 mm) up to 3 centimeters from top and then placed in rectangular plastic boxes (70 cm long x 15 cm large x 15 cm deep). Two of the four pots that were placed in each box were competition treatment, with one common reed and one narrow-leaved cattail seedling. The two other pots were control treatments, with one seedling of common reed or narrow-leaved cattail. Treatment of each pot was determined randomly in the 12 boxes in order to get a randomized block design. The boxes were emptied and filled with new nutritive solution of 21:5:20 fertilizer every week for the first four weeks, then of 20:20:20 fertilizer (150 p.p.m.) for the following weeks. After four weeks, common reed started to exhibit signs of nutritive deficiency and oligo-elements were added to the water. In between each emptying and filling with nutritive solution, water was added to maintain a fixed water level in the boxes. At the end of the experiment, the density, diameter and height of shoot, number of leaves, and internodes length (for common reed only), were measured. Plants were harvested and aboveground and belowground parts were separated and dried at 30° C

during four days in a plant dryer. Leaf, stem, root, and rhizome biomass were weighted separately.

3.4 Statistical analysis

T-tests were used to test for differences between mean annual progression and density between common reed and cattail in unvegetated and interspecific competition sites in roadside ditches. Analysis of variance (ANOVA) was used to test for differences between treatments in the roadside ditches experiment for shoot height, shoot diameter, number of leaves, leaf biomass, total aboveground biomass, percent biomass allocation to leaves, and for common reed only, number of nodes, stem biomass, inflorescence biomass, and percent allocation to stems and to inflorescences. ANOVA was also used to test for differences between treatments in the pots experiment for density, stem height, stem diameter, leaf biomass, stem biomass (common reed only), root biomass, rhizome biomass, percent biomass allocated to stem (common reed only), to leaf, to rhizomes, and to roots and belowground: aboveground biomass ratio. Data were submitted to rank transformation when model assumptions of normality and/ or homoscedasticity of variance were not met. Results of statistical tests are considered significant when $p < 0.05$. For the basins experiment, *t*-tests were used to test for differences between biomass and morphological measures for common reed in competition vs. no competition. The same was done for cattails. None of the *t*-tests were found to be significant, probably due to the low number of replicates. Consequently, only the mean values are going to be discussed for this experiment. All values are given as arithmetic means \pm standard deviation (S. D.).

3.5 Results

3.5.1 Roadside ditches experiment

Mean common reed progression in unvegetated sites and in competition sites are not significantly different (Table IV). For cattail, progression in unvegetated sites and competition sites could not be compared in the same way since progression in competition sites could not be measured. In unvegetated sites, common reed progression is significantly greater than cattail ($p < 0.001$). Mean common reed density is not significantly different between the treatments (Table IV) and this is also the case for cattail (Table V). In monospecific stands, mean common reed density is 33.7 ± 3.3 shoots/m², and is thus significantly higher than mean common reed density in unvegetated ($p < 0.001$) and in competition sites ($p < 0.05$). Mean density of cattail in monospecific stands, with 35.2 ± 7.0 shoots/m², is also higher than density in unvegetated sites ($p < 0.01$) and in competition sites ($p < 0.01$).

For common reed, shoots are taller, have more leaves and higher stem biomass and aboveground biomass in competition than in unvegetated sites (Table IV). There is also a tendency for common reed to have higher leaf biomass in competition sites (Table IV). For cattail, there is no significant difference in the morphological characteristics measured (Table V). There is, however, a tendency for cattails to be taller in competition sites than in unvegetated sites (Table V).

Table IV. Mean values (\pm S. D.), *T*-tests results for progression and density, and ANOVA results for biomass, morphological characteristics, and biomass allocation according to the treatment for common reed in the roadside ditches experiment. Rank transformation of data is indicated by an asterisk (*). P values < 0.1 are in bold.

Common reed	Unvegetated sites	Competition sites	p value
Progression (m)	3.9 \pm 0.3	3.3 \pm 1.6	0.437
Density (shoots/m ²)	21.0 \pm 4.4	17.5 \pm 9.5	0.471
<i>Biomass per shoot</i>			
Leaf (g)*	5.9 \pm 3.0	7.4 \pm 3.6	0.073
Inflorescences (g)	1.5 \pm 1.2	1.4 \pm 0.9	0.489
Stem (g)*	15.2 \pm 7.8	18.8 \pm 7.5	0.02
Total aboveground biomass (g)*	22.5 \pm 11.3	27.2 \pm 10.7	0.022
<i>Morphological characteristics</i>			
Height (cm)	234.6 \pm 41.8	268.1 \pm 31.9	0.044
Diameter (cm)	0.7 \pm 0.1	0.7 \pm 0.1	0.163
Number of leaves*	13.2 \pm 1.7	14.1 \pm 2.2	0.042
Number of nodes	16.5 \pm 2.3	16.7 \pm 2.8	0.821
<i>Biomass allocation per shoot</i>			
Leaf (%)	26.3 \pm 6.0	27.7 \pm 10.0	0.316
Inflorescence (%)	6.7 \pm 3.2	5.2 \pm 2.6	0.094
Stem (%)*	67.6 \pm 5.4	67.6 \pm 6.9	0.599

Table V. Mean values (\pm S. D.), *T*-test results for density, and ANOVA results for biomass and morphological characteristics according to the treatment for cattail in the roadside ditches experiment. There is no biomass allocation value since 100% of aboveground biomass is allocated to leaves. Rank transformation of data is indicated by an asterisk (*). P values < 0.1 are in bold.

Cattails	Unvegetated sites	Competition sites	Significance
Progression (m)	1.4 \pm 0.4	n. a.	n. a.
Density (shoots/m ²)	19.8 \pm 7.5	13.0 \pm 8.4	0.204
<i>Biomass per shoot</i>			
Total aboveground biomass (g)*	24.3 \pm 16.9	25.4 \pm 14.0	0.516
<i>Morphological characteristics</i>			
Height (cm)	194.5 \pm 36.7	222.4 \pm 29.2	0.096
Diameter (cm)	1.4 \pm 0.4	1.5 \pm 0.3	0.837
Number of leaves	6.4 \pm 1.4	6.3 \pm 1.1	0.509

3.5.2 Basins experiment

Common reed mean density is reduced 3.6 folds, on average, when colonizing basin sections already occupied by cattail when compared to unvegetated basins sections (Table VI). Cattails mean density is reduced 4.9 folds in basin sections occupied by common reed. Belowground biomass: aboveground biomass ratio is higher for competition treatment than for control treatment for common reed and cattail (Table VII). Total biomass per basin as well as leaf, stem, inflorescence, root and rhizome biomass per basin are all greatly reduced by competition for common reed (Table VI) and cattail (Table VII). Total biomass is reduced 2.3 folds for common reed (Table VI) and 4.2 folds for cattails when in interspecific competition (Table VII). For common reed, however, total biomass per shoot, as well as leaf, stem, inflorescence, root and rhizome biomass per shoot are higher when competing against cattail (Table VI). For cattail, total biomass per shoot as well as inflorescence, root and rhizome biomass per shoot are also higher but leaf biomass is lower when competing against common reed (Table VII). Common reed is taller when competing against cattail (Table VI), while it is opposite for cattail, which are shorter when competing against common reed (Table VII). Common reed allocates less biomass to leaves, and to stem, and more to inflorescence, root, and rhizome when competing against cattail (Table VI). Cattail has a similar allocation pattern, with lower allocation to leaves and higher allocation to inflorescence, root, and rhizome when competing against common reed (Table VII).

Table VI. Mean values (\pm S. D.) of density, below/aboveground biomass ratio, biomass per basin, biomass per shoot, morphological characteristics, and biomass allocation according to the treatment for shoots of common reed in the basins experiment.

^a Biomass per shoot values were calculated based on total biomass measured in basins divided by density.

Common reed	Unvegetated	Competition
Density (shoots/m ²)	267.0 \pm 26.0	73.8 \pm 20.2
Below/Aboveground biomass	0.26 \pm 0.05	0.39 \pm 0.09
<i>Biomass per basin</i>		
Leaf (g)	459.8 \pm 28.0	157.8 \pm 40.6
Stem (g)	1034.5 \pm 62.9	414.8 \pm 108.6
Inflorescence (g)	147.8 \pm 9.0	69.7 \pm 32.7
Roots (g)	137.6 \pm 26.6	90.2 \pm 41
Rhizomes (g)	298.1 \pm 77.3	176.6 \pm 78.5
Total Biomass (g)	2077.8 \pm 203.8	909.2 \pm 294.2
<i>Biomass per shoot^a</i>		
Leaf (g)	1.7 \pm 0.1	2.2 \pm 0.1
Stem (g)	3.9 \pm 0.1	5.7 \pm 0.4
Inflorescence (g)	0.6 \pm 0.1	0.9 \pm 0.2
Roots (g)	0.5 \pm 0.1	1.2 \pm 0.3
Rhizomes (g)	1.1 \pm 0.2	2.2 \pm 0.6
Total Biomass (g)	7.8 \pm 0.1	12.1 \pm 0.9
<i>Morphological characteristic</i>		
Height (cm)	159.0 \pm 3.8	170.1 \pm 7.4
<i>Biomass allocation per basins</i>		
Leaf (%)	22.2 \pm 0.8	17.9 \pm 2.1
Stem (%)	50.0 \pm 1.9	47.0 \pm 4.6
Inflorescence (%)	7.1 \pm 0.3	7.3 \pm 1.3
Roots (%)	6.6 \pm 0.6	9.5 \pm 1.9
Rhizomes (%)	14.1 \pm 2.3	18.3 \pm 4.0

Table VII. Mean values (\pm S. D.) of density, below/aboveground biomass ratio, biomass per basin, biomass per shoot, morphological characteristics, and biomass allocation according to the treatment for shoots of cattail in the basins experiment. ^a Biomass per shoot values were calculated based on total biomass measured in basins divided by density.

Cattails	Unvegetated	Competition
Density (shoots/m ²)	109.5 \pm 0.5	22.2 \pm 6.9
Below/Aboveground biomass	0.5 \pm 0.2	1.4 \pm 0.5
<i>Biomass per basin</i>		
Leaf (g)	1362.4 \pm 283.4	206.5 \pm 30.5
Inflorescence (g)	76.7 \pm 42.4	19.5 \pm 13.7
Roots (g)	144.8 \pm 3.1	65.9 \pm 9.8
Rhizomes (g)	580.7 \pm 113.3	226.4 \pm 52.4
Total Biomass (g)	2164.5 \pm 215.6	518.6 \pm 29.2
<i>Biomass per shoot^a</i>		
Leaf (g)	12.4 \pm 2.5	9.7 \pm 1.2
Inflorescence (g)	0.7 \pm 0.4	0.8 \pm 0.5
Roots (g)	1.3 \pm 0.1	3.3 \pm 1.4
Rhizomes (g)	5.3 \pm 1.1	11.8 \pm 5.4
Total Biomass (g)	19.8 \pm 1.9	25.6 \pm 7.7
<i>Morphological characteristic</i>		
Height (cm)	156.2 \pm 8.9	132.0 \pm 3.0
<i>Biomass allocation</i>		
Leaf (%)	62.3 \pm 6.9	39.9 \pm 7.3
Inflorescence (%)	3.4 \pm 1.6	3.7 \pm 2.6
Roots (%)	6.7 \pm 0.5	12.7 \pm 2.3
Rhizomes (%)	27.6 \pm 8.0	43.6 \pm 9.2

3.5.3 Pots experiment

We found little effect of competition on plant characteristics for both species. For common reed, the number of leaves is the only variable significantly affected by treatment, and it is higher in monospecific pots (Table VIII). For cattail, diameter is larger in the monospecific treatment than in the competition treatment. Cattail also tends to have higher leaf biomass per shoot and higher total biomass per shoot in monospecific pots than in competition with common reed (Table IX). All other biomass per shoot values and biomass allocation values are very closely similar in monospecific and interspecific pots for common reed and narrow-leaved cattail. For both species, mean density and all measures of mean biomass per pots (leaf, stem, root, rhizome and total biomass) are consistently greater in monospecific pots, but none of these differences are significant due to large variations in the data.

Table VIII. Mean values (\pm S. D.) and ANOVA results (p value) for density, below/aboveground biomass ratio, biomass, morphological characteristics, and biomass allocation according to the treatment for shoots of common reed in the pots experiment. Rank transformation of data is indicated by an asterisk (*). ^a Root biomass per shoot and rhizome biomass per shoot were calculated based on root and rhizome biomass per pot divided by shoot density. P values < 0.1 are in bold.

Common reed	Monospecific	Interspecific competition	p value
Density (shoots/pot)	10.1 \pm 4.1	8.5 \pm 3.7	0.197
Below/Aboveground biomass ratio	0.16 \pm 0.03	0.16 \pm 0.04	0.522
<i>Biomass per pot</i>			
Leaf (g)*	3.5 \pm 2.2	3.3 \pm 2.4	0.496
Stem (g)*	2.8 \pm 1.9	2.6 \pm 2.2	0.290
Roots (g)	0.57 \pm 0.36	0.49 \pm 0.40	0.299
Rhizomes (g)	0.45 \pm 0.28	0.42 \pm 0.49	0.209
Total Biomass (g)	7.36 \pm 4.66	6.74 \pm 5.27	0.413
<i>Biomass per shoot</i>			
Leaf (g)*	0.35 \pm 0.21	0.38 \pm 0.24	0.597
Stem (g)*	0.27 \pm 0.21	0.30 \pm 0.26	0.919
Roots (g)* ^a	0.05 \pm 0.02	0.05 \pm 0.03	0.698
Rhizomes (g) ^a	0.04 \pm 0.02	0.04 \pm 0.03	0.602
Total Biomass (g)*	0.67 \pm 0.26	0.71 \pm 0.34	0.586
<i>Morphological characteristics</i>			
Height (cm)	45.2 \pm 16.3	45.8 \pm 16.6	0.861
Diameter (cm)*	0.20 \pm 0.08	0.21 \pm 0.08	0.569
Number of leaves*	12.0 \pm 4.7	12.8 \pm 4.9	0.044
Number of nodes*	12.8 \pm 4.2	13.4 \pm 4.7	0.376
Length of internode 1 (cm)*	2.9 \pm 1.8	2.7 \pm 1.7	0.570
Length of internode 2 (cm)*	3.9 \pm 1.8	4.1 \pm 2.1	0.342
Length of internode 3 (cm)	4.9 \pm 2.0	4.8 \pm 2.2	0.886
Length of internode 4 (cm)	5.2 \pm 2.2	5.1 \pm 2.5	0.570
Length of internode 5 (cm)	4.9 \pm 2.2	4.9 \pm 2.4	0.736
<i>Biomass allocation</i>			
Leaf (%)	49.2 \pm 3.8	50.0 \pm 4.6	0.306
Stem (%)	37.1 \pm 2.8	36.6 \pm 4.1	0.169
Roots (%)	7.8 \pm 1.6	7.8 \pm 2.6	0.991
Rhizomes (%)	5.9 \pm 2.0	5.7 \pm 2.0	0.530

Table IX. Mean values (\pm S. D.) and ANOVA results (p value) for density, below/aboveground biomass ratio, biomass, and morphological characteristics according to the treatment for shoots of cattail in the pot experiment. Rank transformation of data is indicated by an asterisk (*).^a Root biomass per shoot and rhizome biomass per shoot were calculated based on root and rhizome biomass per pot divided by shoot density.

P values < 0.1 are in bold.

Cattails	Monospecific	Interspecific competition	p value
Density (shoots/pot)*	5.4 \pm 1.4	5.5 \pm 1.3	0.926
Below/Aboveground biomass ratio*	0.40 \pm 0.20	0.38 \pm 0.22	0.631
<i>Biomass per pot</i>			
Leaf (g)	9.23 \pm 3.35	7.68 \pm 3.38	0.237
Roots (g)*	0.78 \pm 0.24	0.66 \pm 0.34	0.165
Rhizomes (g)	2.40 \pm 0.55	1.98 \pm 1.11	0.186
Total Biomass (g)	12.42 \pm 3.57	10.32 \pm 4.40	0.171
<i>Biomass per shoot</i>			
Leaf (g)*	1.72 \pm 1.21	1.40 \pm 1.19	0.093
Roots (g) ^a	0.15 \pm 0.04	0.12 \pm 0.07	0.104
Rhizomes (g) ^a	0.50 \pm 0.18	0.37 \pm 0.20	0.141
Total Biomass (g)*	2.44 \pm 0.60	1.92 \pm 0.90	0.098
<i>Morphological characteristics</i>			
Height (cm)*	110.6 \pm 35.3	102.4 \pm 32.9	0.174
Diameter (cm)*	0.71 \pm 0.21	0.63 \pm 0.21	0.042
Number of leaves*	6.3 \pm 1.6	6.1 \pm 1.7	0.286
<i>Biomass allocation</i>			
Leaf (%)*	72.4 \pm 8.9	74.0 \pm 9.3	0.156
Roots (%)*	6.3 \pm 0.8	6.4 \pm 1.7	0.814
Rhizomes (%)*	21.3 \pm 8.7	19.5 \pm 7.9	0.962

3.6 Discussion

3.6.1 Interspecific competition between common reed and cattails

Overall, the experiments we conducted at different spatial scales indicate that common reed has a competitive advantage over cattail at the mature stage.

Results from the roadside ditches experiment show that after a disturbance that left unvegetated zones, cattail has the possibility to colonize the newly opened spaces. However, common reed seems to pre-empt the establishment of cattail, an ability found in fast-growing exotic species (Perry and Galatowitsch, 2006). Indeed, common reed is significantly faster than cattail at colonizing unvegetated sites. Also, the linear progression of common reed is only slightly longer in unvegetated sites compared to competition sites. This suggests that common reed spread is not much slowed down by competition with cattail and that it is a good invader in established vegetation (Also see chapter 2). Yet, broad-leaved cattail has been found to delay the progression of common reed (Haslam, 1971b). However, it is possible that cattail was not dense enough in roadside ditches to reduce common reed advance. The dominance of common reed in wetland habitats might thus be due to its rapid spread in open or disturbed sites in addition to its competitive advantage over other species once established.

In roadside ditches, common reed density is not significantly affected by cattail presence and the opposite is also true for cattail density, which is not affected by common reed presence. This result has to be interpreted with caution however. Even if the difference is not significant, density is slightly higher for both common reed and cattail in unvegetated sites compared to competition sites, suggesting that interspecific competition might have a negative effect on common reed and cattail density. The lack of significance could be due to the short period of time since the disturbance. Indeed, in unvegetated sites, optimal shoot

density might not have been reached yet. For common reed, the number of shoot arising from a vertical rhizome increases with time, with one aerial shoot the first year, up to six shoots the second, and more the third (Mal and Narine, 2004). Also, rhizomes at the edge of the unvegetated zones were damaged and full recovery of common reed rhizomes can take up to four years (Haslam, 1971b). Thus over the years, for common reed at least and possibly for cattails, more shoots will arise and this will probably lead to higher density in unvegetated sites than in competition sites. If it is the case, this would suggest that common reed and cattail do constrain each other.

In the basins experiment, there is an obvious effect of competition on both density and biomass. When in interspecific competition, both common reed and cattails density are greatly reduced, suggesting that they limit each other's abundance. This is in agreement with the results of Lenzen et al. (2004), who found that *P. australis* and *Epilobium hirsutum* inhibited each other abundance when in competition. Common reed and cattail biomass is also much reduced by competition. These competitive effects are probably due to the very high density attained in the basins parts that were planted at the beginning of the experiment. Indeed, in those parts, common reed and cattail mean density was 453 ± 91 shoots/m² and 184 ± 12 shoots/m², respectively, and basins were fully occupied by plants at the end of the experiment. Competitive pressure was probably increased by the space limitation (Szczepanska, 1977). Competition was maximized in basins, leading to measurable competitive effect. These results support the hypothesis that a very high density of cattail can adversely affect common reed. However, cattail density and biomass are negatively affected by interspecific competition to a greater extent for common reed in basins.

In roadside ditches, competition with common reed does not seem to have a detrimental effect on aboveground biomass per shoot for cattail, which did not have inflorescence in any of the sites studied. This is consequent with results from a previous experiment for cattail without inflorescence (See chapter 1). However, in basins, cattail leaf biomass per shoot is reduced when competing against common reed, while root and rhizome biomass per shoot are much higher, suggesting that competition for belowground resources was important for cattail. In roadside ditches, the lower aboveground biomass per shoot of common reed in unvegetated sites could indicate that this species allocates more biomass to belowground parts in order to colonize the unoccupied space faster. Indeed, in colonizing populations of common reed, horizontal rhizomes predominate and are wider than vertical rhizomes (Mal and Narine, 2004), and probably heavier. Belowground parts were not studied in this field experiment, so this remains to be investigated. Common reed leaf and stem biomass per shoot are higher in competition basins, as was found in roadside ditches. Inflorescence, root, rhizome, and total biomass per shoot are also higher in competition. This result, coupled with density measures from basins, suggests that common reed produces fewer shoots with a higher biomass when in competition. For common reed, this could possibly be a way to increase its fitness when in competition. In situations where competition is very low or absent, like in unvegetated sites, producing more shoots with a lower biomass could allow the species to occupy a greater area more rapidly.

The results from the pots experiment indicate that at the seedling stage, there are no significant effects of interspecific competition on common reed and narrow-leaved cattail. However, the tendency for narrow-leaved cattail to have lower leaf biomass could indicate that competition with common reed has a detrimental effect on this species, although not a significant one. This tendency is not concordant with results from Szczepanska and

Szczepanski (1982). In our experiment, the density at the start of the experiment might have not been high enough to cause competition between common reed and narrow-leaved cattail during an experiment of short duration.

3.6.2 Morphological plasticity

Overall, our results suggest that common reed and cattail exhibit some morphological plasticity in response to competition.

In roadside ditches, common reed had longer stems in competition sites, suggesting that this species exhibits a stem-elongation response due to shading by neighbors. This response, which is density-dependent (Callaway et al. 2003), is frequently exhibited by plants when they perceive competition for light (Kurashige and Agrawal, 2005). Interestingly, cattail also tended to be taller in competition than in unvegetated sites, which might also be a stem-elongation response. In a previous study, we also found that cattail without inflorescence was taller, although not significantly, when competing against common reed than in monospecific stands (See chapter 2). This response in both common reed and cattail might thus be due to the higher total density, including common reed and cattail shoots, found in competition sites compared to unvegetated ones. In addition to living shoots, dead standing common reed shoots from previous years probably contributed to shading of the living shoots in competition sites. We previously found a stem-elongation response in common reed shoots from monospecific stands, where density of both common reed living and dead shoot was higher than in interspecific competition sites (See chapter 2). In unvegetated sites, competition for light was probably negligible since density of common reed and cattail are lower and dead common reed shoots had been removed. At high density, fitness of phenotypes that shows an elongation response is higher than

phenotypes without elongation response, whereas at lower densities, fitness of non-elongated phenotypes is higher (Dudley and Schmitt, 1996). Also, as it was suggested earlier, shorter stems in unvegetated sites could be related to a higher biomass allocation to belowground parts to colonize the empty space faster.

In basins, common reed and cattail both seem to exhibit morphological plasticity in belowground/aboveground biomass ratio, height, and biomass allocation. Belowground/aboveground biomass ratio and biomass allocation indicate that when in interspecific competition, common reed and cattail allocated more biomass to belowground than to aboveground structures. This is particularly striking for cattail, suggesting that their biomass allocation can be highly plastic. In a competition experiment involving *Phalaris arundinacea* and *Echinochloa crusgalli*, Figiel et al. (1995) found that, with decreasing nutrient level, there was an increase in the root: shoot biomass ratio for both species. Aerts et al. (1991) found the same result for three shrubs species. Thus, in competition basins, belowground competition, possibly for nutrient, was probably more important than aboveground competition (Tilman, 1988).

Common reed is taller in interspecific competition, in agreement with roadside ditches results. Cattail is taller in the control treatment in basins, as opposed to what was measured in roadside ditches, which is likely due to their high biomass allocation to underground structure when in competition, which could have limited their aboveground growth.

In the pots experiment, traits exhibiting morphological plasticity were few. Common reed seedlings had a higher number of leaves in competition, possibly to receive more light since shoot height does not seem to be plastic in seedlings. However, there is no significant difference in leaf biomass per shoot between treatments and we did not measure

leaf area. Thus it is possible that leaves were smaller in competition than in monospecific pots. If it is the case, this result would represent a trade-off between leaf number and leaf area. If leaf area is higher in competition than in monospecific pots, then this might represent an adaptive shade avoidance response (Weijschedé et al. 2006). The smaller diameter of cattail in competition could be related to a tendency to have lower leaf biomass. Since phenotypic plasticity can differ according to the life history stage of the plant (Callaway et al. 2003), morphological plasticity in seedlings of common reed and narrow-leaved cattail could be minimal or negligible. It is possible that a higher density at the start of our experiment and a longer period of time could have led to greater measurable competitive effects and to the expression of morphological plasticity in both species.

3.7 Conclusion

This study shows that common reed progresses faster than cattail in unvegetated areas. Common reed could thus benefit more than cattails of disturbed areas created by road construction. Excavating roadside ditches for their maintenance could also favor the spread of this species. Once common reed is established in roadside ditches, it is not much slowed down by the presence of cattail.

However, when competition is maximized, both common reed and cattail can be negatively affected by interspecific competition and they both can respond to competition with morphological plasticity. At the mature stage, cattail seems to be more affected by competition than common reed. However, no competition effect and plasticity were found in seedlings of common reed and cattail, due to life history stage or to a density that was too low at the start of the experiment.

Interspecific competition can be modified by abiotic conditions in the species environment. For example, it has been shown that water level can influence interspecific

competition in plants (Grace, 1985; Figiel et al. 1995; Konisky and Burdick, 2004; Weisner and Miao, 2004). In the roadside ditches we studied, the variation in water level seemed negligible (personal observation). However, the use of salt for road de-icing could influence interspecific competition (Miklovic and Galatowitsch, 2005) between common reed and cattail in roadside ditches. Indeed, common reed is negatively affected by salinity (Mal and Narine, 2004; Wang et al. 2006), while broad-leaved cattail can support a certain level of salinity and narrow-leaved cattail can tolerate higher salinity than its broad-leaved congener (Grace and Harrison, 1986). It would thus be interesting to study competition between common reed and cattails in a range of water salinity, from freshwater to high salinity and see if competition changes along this gradient.

Chapitre 4: Conclusion générale

De façon générale, les résultats de cette étude suggèrent que le roseau commun présente un avantage compétitif sur les quenouilles, que ce soit en milieux naturels intacts ou perturbés ou encore sous des conditions expérimentales contrôlées.

En fossés de drainage, il est clair que la progression des colonies monospécifiques de roseau commun se fait au détriment de celles de quenouilles. En effet, l'avancée du roseau commun est liée au recul des quenouilles et la compétition interspécifique avec ces dernières n'y ralentit pas la progression du roseau commun. De plus, lorsqu'une perturbation cause l'enlèvement de la matrice de végétation, le roseau commun est aussi plus rapide à recoloniser l'espace inoccupé que les quenouilles. Ce résultat suggère que le roseau commun pourrait mieux bénéficier que la quenouille des sites perturbés créés par le développement des réseaux routiers.

Dans les marais, il n'y a pas de corrélation entre l'avancée du roseau commun et le recul des quenouilles. Toutefois, le résultat net est tout de même une progression du roseau commun vers la zone occupée par les quenouilles. La dynamique spatiale du roseau commun et des quenouilles est particulièrement variable d'une année à l'autre dans les marais. Dans ces milieux naturels, qui sont spatialement plus hétérogènes que les milieux créés par l'homme, il semble que la dynamique spatiale des espèces pourrait être influencée par des facteurs autres que la compétition interspécifique, par exemple la profondeur relative de l'eau.

Bien que la compétition interspécifique a eu des effets négatifs sur la densité et la biomasse du roseau commun et des quenouilles, ces dernières ont été plus affectées, particulièrement lorsque la pression de compétition est maximisée. Globalement, le roseau

commun semble être plus plastique morphologiquement que les quenouilles. Un haut degré de plasticité morphologique est d'ailleurs fréquemment associé aux espèces exotiques envahissantes. Toutefois, sous une forte pression compétitive, les quenouilles ont aussi démontré une importante plasticité morphologique. Les stades de semis du roseau commun et de la quenouille à feuilles étroites n'ont pas été particulièrement affectés par la compétition. Toutefois, il est possible que la densité des semis ait été trop faible pour provoquer des effets compétitifs mesurables.

Cette étude a permis d'en savoir plus sur la dynamique de compétition entre le roseau commun et les quenouilles ainsi que sur les effets de la compétition sur ces espèces et leur degré de plasticité morphologique. Elle appuie l'hypothèse que les perturbations anthropogéniques ont favorisé l'expansion du roseau commun dans les milieux humides en Amérique du Nord et que cette expansion se poursuivra autant dans les milieux perturbés que dans les milieux occupés par des compétiteurs. En effet, le roseau commun semble aussi être un bon envahisseur dans la végétation bien établie, probablement grâce à ses caractéristiques morphologiques avantageuses telle sa hauteur et sa grande plasticité morphologique.

La compétition entre espèces peut être influencée par les conditions abiotiques retrouvées dans le milieu. On sait déjà que le roseau commun est affecté négativement par une trop grande salinité. Le sel est très utilisé sur les réseaux routiers nord américains, ce qui augmente la salinité de l'eau s'écoulant vers les fossés de drainage et dans les marais adjacents. Il conviendrait donc maintenant de poursuivre l'étude de la compétition entre le roseau commun et les quenouilles en tenant spécifiquement compte des conditions qui pourrait en modifier leurs relations interspécifiques. L'élargissement de ces connaissances nous permettra de mieux comprendre les facteurs qui peuvent favoriser l'envahissement

d'espèces exotiques dans les milieux humides au détriment d'espèces indigènes, et ainsi d'éviter d'autres invasions qui affectent grandement ces milieux.

Bibliographie

- Aerts, R., R. G. A. Boot & P. J. M. van der Aart. 1991. The relation between above- and belowground biomass allocation patterns and competitive ability. *Oecologia*, 87: 551-559.
- Alpert, P. & E. L. Simms. 2002. The relative advantages of plasticity and fixity in different environments: when is it good for a plant to adjust? *Evolutionary Ecology*, 16: 285-297.
- Alvarez, M. G., F. Tron & A. Mauchamp. 2005. Sexual versus asexual colonization by *Phragmites australis*: 25-year reed dynamics in a Mediterranean marsh, Southern France. *Wetlands*, 25: 639-647.
- Asaeda, T., T. Fujino & J. Manatunge. 2005. Morphological adaptations of emergent plants to water flow: a case study with *Typha angustifolia*, *Zizania latifolia* and *Phragmites australis*. *Freshwater Biology*, 50: 1991-2001.
- Ba, L. Wang, D., K. C. Hodgkinson & N. Xiao. 2006. Competitive relationships between two contrasting but coexisting grasses. *Plant Ecology*, 183: 19-26.
- Brisson, J. & J. F. Reynolds. 1994. The effects of neighbors on root distribution in a creosotebush (*Larrea tridentata*) population. *Ecology*, 75: 1693-1702.
- Burdick, D. & R. A. Konisky. 2003. Determinants of expansion for *Phragmites australis*, common reed, in natural and impacted coastal marshes. *Estuaries*, 26: 407-416.
- Buttery, B. R. & J. M. Lambert. 1965. Competition between *Glyceria maxima* and *Phragmites communis* in the region of Surlingham Broad. I. The competition mechanism. *Journal of Ecology*, 53: 163-182.
- Callaway, R. M., S. C. Pennings & C. L. Richards. 2003. Phenotypic plasticity and interactions among plants. *Ecology*, 84: 1115-1128.
- Claridge, K. & S. B. Franklin. 2002. Compensation and plasticity in an invasive plant species. *Biological Invasions*, 4: 339-347.
- Clevering, O. 1999. The effects of litter on growth and plasticity of *Phragmites australis* clones originating from infertile, fertile or eutrophicated habitats. *Aquatic Botany*, 64: 35-50.
- Clevering, O. A. & J. van der Toorn. 2000. Observations of the colonization of a young polder area in the Netherlands with special reference to the clonal expansion of *Phragmites australis*. *Folia Geobotanica*, 35: 375-387.

- De Kroons, H. & M. J. Hutchings. 1995. Morphological plasticity in clonal plants: the foraging concept reconsidered. *Journal of Ecology*, 83: 143-152.
- De Kroon, H., H. Huber, J. F. Stuefer & J. M. Van Groenendael. 2005. A modular concept of phenotypic plasticity in plants. *New Phytologist*, 166: 73-82.
- Delisle, F., C. Lavoie, M. Jean, M. & D. Lachance. 2003. Reconstructing the spread of invasive plants: taking into account biases associated with herbarium specimens. *Journal of Biogeography*, 30: 1033-1042.
- Dudley, S. A. & J. Schmitt. 1996. Testing the adaptive plasticity hypothesis: density-dependent selection on manipulated stem length in *Impatiens capensis*. *American Naturalist*, 147: 445-465.
- Farnsworth, E. J. & L. A. Meyerson. 1999. Species Composition and inter-annual dynamics of a freshwater tidal plant community following removal of the invasive grass, *Phragmites australis*. *Biological Invasions*, 1: 115-127.
- Farnsworth, E. J. & L. A. Meyerson. 2003. Comparative ecophysiology of four wetland plant species along a continuum of invasiveness. *Wetlands*, 23: 750-762.
- Figiel, C. R. Jr., B. Collins & G. Wein. 1995. Variation in survival and biomass of two wetland grasses at different nutrient and water levels over a six week period. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 122: 24-29.
- Firbank, L. G. & A. R. Watkinson. 1990. *Competition within two-species mixtures of plants*, pages 179 à 192. Dans Grace, J. B. et D. Tilman. 1990. *Perspectives on plant competition*. Academic Press. 484 pages.
- Garbey, C., G. Thiébaud & S. Muller. 2004. Morphological plasticity of a spreading macrophytes, *Ranunculus peltatus*, in response to environmental variables. *Plant Ecology*, 173: 125-137.
- Gervais, C., R. Trahan, D. Moreno & A. M. Drolet. 1993. *Phragmites-Australis* in Quebec - Geographic-Distribution, Chromosome-Numbers and Reproduction. *Canadian Journal of Botany*, 71: 1386-1393.
- Gibson, D. J., J. Connolly, D. C. Hartnett & J. D. Weidenhamer. 1999. Designs for greenhouse studies of interactions between plants. *Journal of Ecology*, 87: 1-16.
- Gopal, B. & U. Goel. 1993. Competition and allelopathy in aquatic plant communities. *The Botanical Review*, 59: 155-210.
- Grace, J. B. 1985. Juvenile vs. Adult competitive abilities in plants: size-dependence in cattails (*Typha*). *Ecology*, 66: 1630-1638.
- Grace, J. B. 1987. The impact of preemption on the zonation of two *Typha* species along lakeshores. *Ecological Monographs*, 57: 283-303.

- Grace, J. B. 1988. The effects of nutrient additions on mixtures of *Typha latifolia* L. and *Typha domingensis* Pers. along a water-depth gradient. *Aquatic Botany*, 31: 83-92.
- Grace, J. B. & J. S. Harrison. 1986. The Biology of Canadian Weeds .73. *Typha-Latifolia* L, *Typha-Angustifolia* L and *Typha-X glauca* Godr. *Canadian Journal of Plant Science*, 66: 361-379.
- Grace, J. B. & R. G. Wetzel. 1981. Habitat partitioning and competitive displacement in cattails (*Typha*): experimental field studies. *The American Naturalist*, 118 (4): 463-474.
- Grace, J. B. & R. G. Wetzel. 1998. Long-term dynamics of *Typha* populations. *Aquatic botany*, 61: 137-146.
- Grandtner, M. M. 1999. Ecology and use of *Phragmites communis* in eastern Canada. *Bulletin Kansai Organisation for Nature Conservation*, 21: 289-299.
- Hara, T., J. van der Toorn & J. H. Mook. 1993. Growth dynamics and size structure of shoots of *Phragmites australis*, a clonal plant. *Journal of Ecology*, 81: 47-60.
- Harley, C. D. G. & M. D. Bertness. 1996. Structural interdependence: an ecological consequence of morphological responses to crowding in marsh plants. *Functional Ecology*, 10: 654-661.
- Haslam, S. M. 1971a. Community regulation in *Phragmites communis* Trin.: I. Monodominant stands. *Journal of Ecology*, 59: 65-73.
- Haslam, S. M. 1971b. Community regulation in *Phragmites communis* Trin.: II. Mixed stands. *Journal of Ecology*, 59: 75-88.
- Hudon, C., P. Gagnon & M. Jean. 2005. Hydrological factors controlling the spread of common reed (*Phragmites australis*) in the St. Lawrence River (Québec, Canada). *Écoscience*, 12: 347-357.
- Jarzyna, I. 2002. Plant morphology and allometric relationships in competing and non-competing plants of *Tagetes patula* L. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 71: 149-154.
- Jodoin, Y. 2006. Le roseau commun (*Phragmites australis*) en bordure des autoroutes du Québec: une étude génétique et biogéographique. Mémoire de maîtrise. Université Laval. 39 pages.
- Keddy, P. A., L. Twolan-Strutt & I. C. Wisheu. 1994. Competitive effect and response rankings in 20 wetland plants: are they consistent across environments? *Journal of Ecology*, 82: 635-643.

- Keddy, P. A., C. Gaudet & L. H. Fraser. 2000. Effects of low and high nutrients on the competitive hierarchy of 26 shoreline plants. *Journal of Ecology*, 88: 413-423.
- Keller, B. E. M. 2000. Plants diversity in *Lythrum*, *Phragmites*, and *Typha* marshes, Massachusetts, U. S. A. *Wetlands Ecology and Management*, 8: 391-401.
- Konisky R. A. & D. M. Burdick. 2004. Effects of stressors on invasive and halophytic plants of New England marshes: a framework for predicting response to tidal restoration. *Wetlands*, 24: 434-447.
- Kurashige, N. S. & A. A. Agrawal. 2005. Phenotypic plasticity to light competition and herbivory in *Chenopodium album* (*Chenopodiaceae*). *American Journal of Botany*, 92: 21-26.
- Lavoie, C., M. Jean, F. Delisle & G. Létourneau. 2003. Exotic plant species of the St Lawrence River wetlands: a spatial and historical analysis. *Journal of Biogeography*, 30: 537-549.
- Lenzen, J. P. M., F. B. J. Menting & W. H. van der Putten. 2004. Do competition and selective herbivory cause replacement of *Phragmites australis* by tall forbs? *Aquatic Botany*, 78: 217-232.
- Maheu-Giroux, M. 2005. The landscape ecology of *Phragmites australis* in anthropogenic linear wetlands. Mémoire de maîtrise. Université McGill. 78 pages.
- Maheu-Giroux, M. & S. de Blois. 2005. Mapping the invasive species *Phragmites australis* in linear wetland corridors. *Aquatic Botany*, 83: 310-320.
- Mal, T. K., J. Lovett-Doust & L. Lovett-Doust. 1997. Time-dependent competitive displacement of *Typha angustifolia* by *Lythrum salicaria*. *Oikos*, 79: 26-33.
- Mal, T. K. & L. Narine. 2004. The biology of canadian weeds. 129. *Phragmites australis* (Cav.) Trin. Ex Steud. *Canadian Journal of Plant Science*, 84: 365-396.
- Marburger, J., S. Travis & S. Windels. 2006. Cattail sleuths use forensic science to better understand spread of an invasive species. *NPS Natural Resource Year in review-2005*: 75-76.
- Marcinko Kuehn, M. & B. M. White. 1999. Morphological analysis of genetically identified cattails *Typha latifolia*, *Typha angustifolia*, and *Typha x glauca*. *Canadian Journal of Botany*, 77: 906-912.
- Marks, M., B. Lapin & J. Randall. 1994. *Phragmites australis* (*P. communis*): Threats, Management and Monitoring. *Natural Areas Journal*, 14: 285-294.
- Miklovic, S. & S. M. Galatowitsch. 2005. Effects of NaCl and *Typha angustifolia* L. on marsh community establishment: a greenhouse study. *Wetlands*, 25: 420-429.

- Miller, R. C. & J. B. Zedler. 2003. Responses of native and invasive wetland plants to hydroperiod and water depth. *Plant Ecology*, 167: 57-69.
- Minchinton, T. E. & M. D. Bertness. 2003. Disturbance-mediated competition and the spread of *Phragmites australis* in a coastal marsh. *Ecological Applications*, 13: 1400-1416.
- Minchinton, T. E. Simpson, J. C. & Bertness, M. D. 2006. Mechanisms of exclusion of native coastal marsh plants by an invasive grass. *Journal of Ecology*, 94: 342-354.
- Peperkorn, R., C. Werner & W. Beyschlag. 2005. Phenotypic plasticity of an invasive acacia versus two native Mediterranean species. *Functional Plant Biology*, 32: 933-944.
- Perry, L. G., S. M. Galatowitsch & C. J. Rosen. 2004. Competitive control of invasive vegetation: a native wetland sedge suppresses *Phalaris arundinacea* in carbon-enriched soil. *Journal of Applied Ecology*, 41: 151-162.
- Perry, L. & S. M. Galatowitsch. 2006. Light competition for invasive species control: A model of cover crop-weed competition and implications for *Phalaris arundinacea* control in sedge meadow wetlands. *Euphytica*, 148: 121-134.
- Pyke, C. R. & K. J. Havens. 1999. Distribution of the invasive reed *Phragmites australis* relative to sediment depth in a created wetland. *Wetlands* 19: 283-287.
- Rickey, M. A. & R. C. Anderson. 2004. Effects of nitrogen addition on the invasive grass *Phragmites australis* and a native competitor *Spartina pectinata*. *Journal of Applied Ecology*, 41:888-896.
- Saltonstall, K. 2002. Cryptic invasion by a non-native genotype of the common reed, *Phragmites australis*, into North America. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 99: 2445-2449.
- Schmid, B. & F. A. Bazzaz. 1990. Plasticity in plant size and architecture in rhizome-derived vs. seed-derived *Solidago* and *Aster*. *Ecology*, 71: 523-535.
- Silvertown, J. W. & D. Charlesworth. 2001. *Introduction to plant population biology*. Blackwell science. 347 pages.
- Sorrensen-Cothorn, K. A., D. Ford & G. G. Sprugel. 1993. A model of competition incorporating plasticity through modular foliage and crown development. *Ecological Monographs*, 63: 277-304.
- Szczepanska, W. 1977. Development of *Phragmites communis* Trin. depending on the amount of available soil. *Pol. Arch. Hydrobiol.*, 24: 311-318.
- Szczepanska, W. & A. Szczepanski. 1982. Interactions between *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. and *Typha latifolia*. *Ekologia Polska*, 30: 165-186.

- Tilman, D. 1988. *Plant strategies and the dynamics and structure of plant communities*. Princeton University Press. 351 pages.
- Trewavas, A. 2003 Aspects of plant intelligence. *Annals of Botany*, 92 : 1-20.
- Umeki, K. 1995. Importance of crown position and morphological plasticity in competitive interaction in a population of *Xanthium canadense*. *Annals of Botany*, 75 : 259-265.
- Vretare, V., S. E. B. Weisner, J. A. Strand & W. Granéli. 2001. Phenotypic plasticity in *Phragmites australis* as a functional response to water depth. *Aquatic Botany*, 69: 127-145.
- Wang, Q., C. H. Wang, B. Zhao, Z. J. Ma, Y. Q. Luo, J. K. Chen. & B. Li. 2006. Effects of growing conditions on the growth of and interactions between salt marsh plants: implications for invasibility of habitats. *Biological Invasions*, 8: 1547-1560.
- Weihe, P. E. & R. K. Neely. 1997. The effects of shading on competition between purple loosestrife and broad-leaved cattail. *Aquatic Botany*, 59: 127-138.
- Weijschedé, J., J. Martinkova, H. de Kroon & H. Huber. 2006. Shade avoidance in *Trifolium repens*: costs and benefits of plasticity in petiole length and leaf size. *New Phytologist*, 172: 655-666.
- Weisner, S. E. B. & S. L. Miao. 2004. Use of morphological variability in *Cladium jamaicense* and *Typha domingensis* to understand vegetation changes in an Everglades marsh. *Aquatic Botany*, 78: 319-335.
- Wetzel, P. R. & A. G. van der Valk. 1998. Effects of nutrient and soil moisture on competition between *Carex stricta*, *Phalaris arundinacea*, and *Typha latifolia*. *Plant Ecology*, 138: 179-190.
- Windham, L. 1999. Microscale spatial distribution of *Phragmites australis* (common reed) invasion into *Spartina patens* (salt hay)-dominated communities in brackish marsh. *Biological Invasions*, 1: 137-148.
- Wolfer, S. R. & D. Straile. 2004. Spatio-temporal dynamics and plasticity of clonal architecture in *Potamogeton perfoliatus*. *Aquatic Botany*, 78: 307-318.

Annexes

ANNEXE 1

Données brutes de la position des quenouilles et du roseau commun selon le point du transect en 2003, 2004 et 2005 dans le marais du Parc des Iles-de-Boucherville. La position des quenouilles correspond à la distance perpendiculaire (m) entre le ruban séparateur et la quenouille se rapprochant le plus de la section monospécifique de roseau commun dans le marais à un point du donné transect. La position du roseau commun correspond à la distance perpendiculaire (m) entre le ruban séparateur et le roseau commun se rapprochant le plus de la zone monospécifique de quenouilles dans le marais à un point du donné transect. Voir page 17 et suivantes pour la méthodologie.

Typha 03	Typha 04	Typha 05	Point du transect (m)	Phragmites 03	Phragmites 04	Phragmites 05
3,60	1,60	Absent	0,30	2,73	3,90	5,60
0,80	1,60	Absent	0,60	3,30	3,60	5,20
2,25	2,20	Absent	0,90	3,30	3,60	5,70
-2,25	-2,20	Absent	1,20	3,10	3,40	4,20
-1,15	1,70	Absent	1,50	3,20	3,40	6,50
2,20	3,20	Absent	1,80	2,50	3,25	5,40
3,40	3,30	Absent	2,10	1,90	3,00	6,60
3,20	3,60	Absent	2,40	3,20	5,00	5,90
3,80	2,70	1,90	2,70	2,50	3,40	3,70
3,90	5,20	2,10	3,00	1,70	5,50	4,30
3,65	3,40	0,50	3,30	2,10	5,20	3,50
5,20	3,60	2,70	3,60	2,10	6,04	4,95
4,30	4,40	3,10	3,90	1,40	2,70	4,20
5,05	3,70	3,40	4,20	2,40	2,60	5,50
3,50	2,40	3,60	4,50	1,80	2,80	4,30
5,50	5,20	3,90	4,80	3,20	3,10	6,50
5,50	3,40	3,45	5,10	3,05	3,90	7,20
3,90	1,80	3,50	5,40	3,70	3,50	7,70
2,90	2,70	2,80	5,70	3,60	4,10	7,60
2,60	2,70	2,90	6,00	3,80	3,60	5,30
2,85	4,30	1,10	6,30	4,10	3,90	8,30
1,30	5,40	0,50	6,60	4,60	3,10	6,20
2,70	0,90	2,40	6,90	4,60	5,80	7,80
2,70	3,60	2,00	7,20	4,65	6,10	4,40
3,10	4,05	1,50	7,50	4,70	5,10	5,30
4,40	3,20	2,70	7,80	4,40	4,35	4,80
2,85	2,80	0,70	8,10	4,10	4,20	5,60
2,60	0,50	-0,50	8,40	4,90	4,70	7,60
1,80	4,30	1,10	8,70	-0,80	2,30	6,70
1,10	1,20	0,50	9,00	-1,60	3,35	8,00
2,90	3,80	2,70	9,30	0,85	3,50	7,40
0,60	1,20	-0,70	9,60	0,95	2,30	7,25
0,70	2,10	-0,80	9,90	-0,50	0,00	6,70

3,60	1,50	-0,65	10,20	-1,40	1,60	6,70
1,30	2,00	-3,25	10,50	-1,10	1,70	5,70
1,55	2,00	-2,30	10,80	0,75	2,20	7,05
1,65	0,90	-1,80	11,10	0,85	2,40	7,00
2,30	1,30	-2,10	11,40	-0,47	1,20	6,45
0,30	1,40	-2,90	11,70	-1,50	1,20	5,60
0,20	2,25	-3,30	12,00	0,40	0,80	5,60
-0,70	2,90	-0,60	12,30	-0,70	-0,10	5,20
-0,57	3,60	-0,60	12,60	-0,38	-0,20	5,90
1,40	3,30	-1,20	12,90	0,25	0,80	4,50
0,90	3,50	0,00	13,20	-0,80	0,20	3,50
1,70	3,10	-3,60	13,50	-2,50	-0,20	3,00
2,90	3,40	-3,00	13,80	-0,30	-0,10	3,00
1,90	4,90	-1,00	14,10	-0,20	0,90	2,50
1,10	3,90	-1,70	14,40	0,41	0,70	2,40
2,50	5,70	1,00	14,70	-2,20	-0,60	3,30
2,90	4,00	1,10	15,00	0,50	1,00	1,10
3,00	3,50	1,40	15,30	-2,00	0,80	0,75
3,40	5,20	2,30	15,60	-0,90	1,25	0,45
2,70	5,00	-0,60	15,90	-0,60	1,75	0,40
0,50	4,20	-0,40	16,20	-0,52	2,05	1,10
2,70	2,20	-1,10	16,50	-0,71	-1,40	2,50
2,60	1,30	2,70	16,80	-0,26	-1,40	2,30
2,40	4,80	1,60	17,10	-0,10	-2,40	1,65
5,00	5,20	-0,55	17,40	-0,50	-0,10	2,40
6,20	4,00	1,50	17,70	-2,30	-1,60	2,20
4,90	1,70	1,50	18,00	-2,50	0,00	2,10
4,40	4,30	2,30	18,30	-0,95	-1,80	2,70
4,70	4,35	2,60	18,60	-3,90	-1,80	2,60
3,10	4,50	1,90	18,90	-2,85	-2,10	0,00
3,30	2,70	2,00	19,20	-2,70	-2,20	0,00
3,40	1,00	1,20	19,50	-2,40	-2,90	0,00
4,60	3,90	2,90	19,80	-4,30	-2,90	-0,15
4,60	3,40	1,10	20,10	-2,85	-2,80	-0,70
-0,30	2,70	1,40	20,40	-4,50	-3,60	0,00
4,10	1,30	4,00	20,70	-3,53	-2,00	-1,20
3,90	4,00	3,80	21,00	-4,20	-5,20	-1,00
4,60	4,00	3,80	21,30	-5,70	-6,10	-2,10
-5,20	-1,20	-4,50	21,60	-7,60	-5,90	0,50
-4,70	-4,35	-3,35	21,90	-8,60	-5,70	-2,00
-4,30	-4,90	-5,10	22,20	-9,00	-6,30	-1,50
-4,30	-4,90	-4,95	22,50	-9,10	-7,20	-0,90
-4,40	Absent	Absent	22,80	-9,00	-7,00	-3,40

ANNEXE 2

Données brutes de la position des quenouilles et du roseau commun selon le point du transect en 2003, 2004 et 2005 dans le marais du Parc Nature de la Pointe-aux-Prairies. La position des quenouilles correspond à la distance perpendiculaire (m) entre le ruban séparateur et la quenouille se rapprochant le plus de la section monospécifique de roseau commun dans le marais à un point du donné du transect. La position du roseau commun correspond à la distance perpendiculaire (m) entre le ruban séparateur et le roseau commun se rapprochant le plus de la zone monospécifique de quenouilles dans le marais à un point du donné transect. Voir page 17 et suivantes pour la méthodologie.

Typha 03	Typha 04	Typha 05	Point du transect	Phragmites 03	Phragmites 04	Phragmites 05
1,20	1,5	Absent	0,30	Absent	-1,50	-1,33
2,36	2,60	3,30	0,60	Absent	-2,20	-1,40
1,95	3,70	3,20	0,90	Absent	-1,55	-1,37
3,10	3,40	4,20	1,20	-2,40	-1,60	-1,50
2,20	2,70	2,80	1,50	-6,70	-1,80	-1,67
4,00	1,90	1,65	1,80	-1,90	-1,90	-2,00
4,00	1,50	1,30	2,10	-2,20	-2,10	-1,60
1,15	2,25	1,15	2,40	-2,30	-1,90	-1,00
2,00	3,30	1,40	2,70	-3,48	-2,60	-1,50
2,70	2,00	1,90	3,00	-1,60	-1,80	-1,10
2,90	3,30	2,00	3,30	-1,50	-1,20	-1,90
3,20	3,60	1,80	3,60	-2,70	-1,00	-0,35
3,40	4,10	1,40	3,90	-2,80	-1,90	-1,80
3,45	3,20	1,80	4,20	-2,20	-1,90	-1,15
2,80	3,20	3,60	4,50	-1,70	-1,60	-0,64
2,70	3,10	3,10	4,80	-1,60	-2,20	-1,50
3,10	2,50	3,20	5,10	-2,90	-1,20	-0,70
3,30	1,80	1,00	5,40	-1,60	-1,80	-1,63
1,20	2,70	3,00	5,70	-1,90	-2,20	-1,80
0,90	2,00	3,05	6,00	-2,10	-1,40	-0,90
1,80	1,70	3,20	6,30	-1,70	-0,70	-1,40
1,50	2,20	1,10	6,60	-1,50	-0,80	-1,05
1,60	2,60	0,65	6,90	-2,20	-1,70	-0,76
1,30	3,30	3,40	7,20	-1,30	-2,50	-0,80
1,90	2,80	0,40	7,50	-2,15	-2,50	-0,84
1,90	2,35	2,80	7,80	-3,90	-1,90	-0,70
2,30	3,90	2,80	8,10	-3,60	-1,90	-0,90
2,50	3,50	0,25	8,40	-3,00	-0,50	-2,00
2,10	2,80	0,35	8,70	-0,45	-0,45	2,20
2,50	3,20	0,45	9,00	-0,45	0,50	1,90
1,30	2,00	1,80	9,30	-0,45	1,60	1,40
0,90	3,60	0,70	9,60	-2,90	-1,20	2,15
2,10	1,90	-0,40	9,90	-2,40	-0,90	1,48
1,10	2,30	0,10	10,20	-1,35	-1,30	2,10

1,90	1,90	0,30	10,50	-1,10	-0,80	0,90
1,60	2,50	-0,40	10,80	-0,40	2,00	3,00
1,50	2,30	0,00	11,10	-1,70	1,70	2,60
2,30	2,70	2,56	11,40	-1,10	0,90	1,80
0,40	2,30	2,44	11,70	-0,70	0,60	1,17
0,88	2,75	3,20	12,00	-0,50	1,80	-0,70
1,90	2,60	4,00	12,30	0,15	0,90	-2,50
0,80	2,35	3,00	12,60	0,60	1,70	-1,63
0,00	3,10	2,95	12,90	0,35	0,55	-1,80
0,35	2,70	3,70	13,20	0,30	1,20	-0,79
-0,10	1,60	2,80	13,50	0,25	1,10	2,20
0,20	0,80	3,20	13,80	0,80	1,90	-0,95
1,10	1,20	3,40	14,10	2,10	2,70	1,53
1,20	1,50	1,90	14,40	1,00	1,80	3,36
1,00	1,45	1,70	14,70	0,80	1,80	1,80
0,90	0,80	1,40	15,00	-0,30	-0,20	-2,00
0,10	0,60	1,80	15,30	1,20	1,15	-2,20
0,10	1,00	1,70	15,60	0,20	0,60	-0,55
0,10	0,90	1,30	15,90	0,50	0,85	1,80
0,10	0,60	0,90	16,20	0,60	0,60	2,50
0,35	0,60	0,75	16,50	1,70	2,20	2,40
0,55	0,30	0,90	16,80	-1,10	-1,00	6,00
0,25	1,20	2,10	17,10	-1,30	-1,30	1,50
0,69	1,20	1,30	17,40	-1,20	-2,10	2,05
0,16	1,10	0,90	17,70	-0,70	-1,60	0,95
-0,7	0,30	1,60	18,00	-0,10	-0,25	5,90
-1,8	1,20	1,20	18,30	1,00	2,10	1,50
0,27	0,00	0,90	18,60	0,45	1,10	1,60
-0,90	-0,10	0,50	18,90	0,50	2,10	0,20
-0,40	-0,25	0,60	19,20	-0,80	-1,00	5,40
0,05	0,70	-0,20	19,50	0,60	1,90	5,50
0,65	0,35	0,60	19,80	0,70	1,50	3,00
1,17	0,70	1,00	20,10	1,70	2,30	2,90
0,90	1,30	1,40	20,40	1,10	2,60	2,90
1,60	0,70	1,00	20,70	0,90	1,80	4,90
0,50	1,00	1,40	21,00	1,40	2,50	1,40
0,80	1,30	-0,80	21,30	2,00	2,70	-0,80
1,30	1,30	1,70	21,60	2,10	2,70	1,70
-0,20	1,50	0,70	21,90	1,50	2,80	0,70
0,30	1,50	1,20	22,20	1,50	1,60	1,20
1,10	1,70	0,70	22,50	0,10	0,50	0,70
1,70	1,00	-0,10	22,80	0,20	0,80	-0,10
-0,05	1,70	1,90	23,10	-1,50	-1,55	1,90
0,00	0,00	1,00	23,40	-2,10	-1,80	1,00
1,90	-1,60	0,60	23,70	-1,60	-1,40	0,60
-0,15	-0,20	1,00	24,00	0,40	1,50	1,00
0,10	1,10	0,00	24,30	0,40	0,90	0,00
0,43	-1,10	-0,20	24,60	0,85	0,90	0,20
-0,47	-0,80	-0,50	24,90	-1,50	-1,40	-0,50

-0,30	0,00	0,00	25,20	-1,50	-0,20	0,00
-0,60	-0,20	0,80	25,50	-1,20	-0,80	0,80
-0,66	-0,65	0,60	25,80	-0,50	-0,10	0,60
-0,60	-0,10	-1,20	26,10	-0,90	-0,30	-1,20
-0,45	-0,50	0,00	26,40	-1,20	-0,70	0,00
-0,78	-0,60	0,00	26,70	-1,20	-0,55	0,00
-0,50	-0,80	0,00	27,00	-0,40	-0,85	0,00
-0,90	-0,60	-0,40	27,30	-1,90	-0,70	-0,40
-1,12	-1,40	-0,30	27,60	Absent	Absent	-0,30

ANNEXE 3

Densité de roseau commun et de quenouilles selon la distance du point de contact des colonies monospécifiques et position géographique des huit sites à l'étude. La densité est celle qui a été mesurée dans un quadrat circulaire de 0,5 m de rayon et d'une aire de 0,785 m². Voir page 19 et suivantes pour la méthodologie.

site 5	45° 32,581 N	73° 56,052 W				
Distance point de contact	Phragmites 03	Phragmites 04	Phragmites 05	Typha 03	Typha 04	Typha 05
-10	67	31	22	0	9	3
-8	43	20	28	12	13	12
-6	24	14	22	20	15	6
-4	21	18	17	25	24	10
-2	6	17	9	21	24	12
0	0	6	2	35	31	16
2	2	8	8	33	35	40
4	1	10	1	40	42	22
6	3	5	3	38	29	22
8	1	17	4	50	40	20
10	0	2	3	42	48	33

site 7	45° 32,530 N	73° 56,420 W				
Distance point de contact	Phragmites 03	Phragmites 04	Phragmites 05	Typha 03	Typha 04	Typha 05
-10	0	0	0	32	26	21
-8	0	0	0	16	25	18
-6	0	0	3	31	18	24
-4	0	2	8	19	20	15
-2	0	5	7	18	9	8
0	13	10	15	27	15	11
2	11	17	16	23	8	12
4	5	20	16	6	5	3
6	6	16	26	3	0	0
8	8	21	12	2	0	0
10	9	16	23	1	0	0

site 8	45° 32,448 N	73° 56,987 W				
Distance point de contact	Phragmites 03	Phragmites 04	Phragmites 05	Typha 03	Typha 04	Typha 05
-10	21	29	18	3	0	0
-8	24	11	17	5	0	0
-6	24	15	16	2	2	0
-4	9	10	16	13	5	0
-2	6	6	17	6	12	6
0	4	6	18	15	13	5
2	4	5	5	24	20	11
4	0	1	1	41	22	20
6	0	0	0	27	28	17
8	0	0	0	23	21	20
10	0	0	0	40	27	22

site 11	45° 32,426N	73° 57,128 W				
Distance point de contact	Phragmites 03	Phragmites 04	Phragmites 05	Typha 03	Typha 04	Typha 05
-10	0	0	0	25	22	31
-8	0	0	0	30	32	25
-6	0	0	1	36	27	24
-4	0	3	8	19	23	20
-2	0	3	5	25	26	28
0	2	10	14	32	24	39
2	5	3	5	24	17	22
4	7	13	12	30	19	10
6	11	12	18	20	14	7
8	9	13	21	26	17	8
10	10	18	21	18	9	1

site 15	45° 32,124 N	73° 57,888 W				
Distance point de contact	Phragmites 03	Phragmites 04	Phragmites 05	Typha 03	Typha 04	Typha 05
-10	30	39	36	0	0	0
-8	17	38	32	0	0	0
-6	22	21	24	0	0	0
-4	19	14	21	0	0	0
-2	25	24	42	5	0	0
0	11	16	53	7	9	1
2	3	9	25	5	8	0
4	0	0	1	15	13	10
6	0	0	0	6	13	11
8	0	0	0	10	12	14
10	0	0	0	12	16	18

site 19	45° 32,187 N	73° 57,800 W				
Distance point de contact	Phragmites 03	Phragmites 04	Phragmites 05	Typha 03	Typha 04	Typha 05
-10	24	23	24	0	0	0
-8	21	28	16	0	0	0
-6	17	14	15	0	0	0
-4	16	21	27	16	10	0
-2	16	22	23	29	15	4
0	4	14	11	24	23	16
2	0	4	8	41	16	23
4	0	2	4	37	21	29
6	0	2	1	29	25	28
8	3	1	1	33	27	22
10	0	0	1	24	22	24

site 22	45° 32,469 N	73° 56,337 W				
Distance point de contact	Phragmites 03	Phragmites 04	Phragmites 05	Typha 03	Typha 04	Typha 05
-10	0	0	0	26	24	13
-8	0	0	0	18	18	15
-6	0	0	0	22	19	14
-4	0	0	3	22	23	10
-2	0	2	5	17	19	6
0	2	6	14	23	10	7
2	4	14	20	1	12	4
4	6	6	13	11	10	1
6	16	20	40	6	10	1
8	10	28	16	4	8	2
10	17	24	37	3	2	0

site 23	45° 32,484 N	73° 56,252 W				
Distance point de contact	Phragmites 03	Phragmites 04	Phragmites 05	Typha 03	Typha 04	Typha 05
-10	9	9	15	6	7	0
-8	7	16	15	5	1	0
-6	8	13	14	8	1	0
-4	11	14	14	10	8	2
-2	6	6	14	16	15	10
0	2	11	4	10	8	4
2	2	6	15	29	11	13
4	0	1	2	15	15	28
6	0	0	1	20	17	24
8	0	0	1	16	24	21
10	0	0	0	15	9	11

ANNEXE 4

Mesures morphologiques brutes des tiges de roseau commun dans les 8 sites sous observations dans les fossés de drainage selon le traitement (T : colonie monospécifique; C : compétition interspécifique). Voir page 19 et suivantes pour la méthodologie.

Front	Trait.	Biom. tige (g)	Biom. feuilles (g)	Biom. inflo. (g)	Biom. totale (g)	Alloc. feuille (%)	Alloc. tige (%)	Alloc. inflo. (%)	Haut. (cm)	Diam. (cm)	Nbre de noeuds	Nbre de feuilles
5	T	29,0	8,6	8,2	45,8	18,7	63,3	18,0	275,5	0,6	24	13
5	T	16,0	3,1	1,6	20,6	14,9	77,5	7,6	263,6	0,6	23	11
5	T	14,3	4,7	3,0	22,0	21,6	64,8	13,6	253,5	0,6	23	11
5	T	22,3	5,1	5,6	33,0	15,5	67,7	16,8	259,2	0,6	23	11
5	T	17,2	5,1	1,8	24,1	21,0	71,4	7,7	256,4	0,7	23	14
5	T	15,5	5,2	3,4	24,0	21,4	64,5	14,0	249,2	0,5	21	11
5	T	26,2	4,7	4,9	35,8	13,2	73,2	13,6	285,6	0,8	22	11
5	T	16,8	5,3	3,2	25,3	20,7	66,5	12,8	253,8	0,7	23	12
5	T	20,1	7,3	4,6	32,0	22,8	62,9	14,3	255	0,6	22	16
5	T	20,8	6,4	4,8	31,9	19,9	65,1	15,0	264,5	0,7	23	15
5	T	32,6	7,3	8,0	47,9	15,2	68,1	16,7	283,4	0,9	23	12
5	T	17,2	4,4	1,9	23,5	18,5	73,4	8,1	262,9	0,9	22	12
5	C	25,1	6,8	5,4	37,3	18,1	67,4	14,5	255	0,6	22	11
5	C	41,3	7,6	10,1	59,1	12,9	69,9	17,2	289,2	1,0	23	13
5	C	14,9	4,5	2,8	22,1	20,2	67,2	12,6	235,2	0,5	19	12
5	C	14,6	3,7	3,5	21,8	16,9	66,9	16,1	234	0,8	18	11
5	C	9,7	4,0	2,3	16,0	25,0	60,7	14,3	239	0,4	19	10
5	C	9,5	6,2	2,3	18,0	34,2	52,7	13,0	198,2	0,3	18	10
5	C	19,5	6,2	5,3	31,1	20,1	62,8	17,1	237,5	0,8	21	10
5	C	24,4	7,9	6,1	38,3	20,6	63,6	15,8	237,8	0,5	21	11
5	C	9,8	3,7	1,7	15,2	24,3	64,4	11,3	202,5	0,4	18	10
5	C	14,8	4,3	3,2	22,3	19,3	66,5	14,2	232,9	0,8	19	10
5	C	7,8	3,0	2,5	13,3	22,5	58,8	18,6	184	0,5	18	11
5	C	20,7	7,1	5,2	33,1	21,5	62,8	15,7	235,2	0,8	20	14
7	T	50,0	14,5	12,4	76,8	18,9	65,1	16,1	298	0,7	19	12
7	T	24,5	8,0	4,4	36,9	21,8	66,3	11,9	302	0,7	19	12
7	T	26,5	7,3	4,5	38,4	19,0	69,2	11,8	303	0,6	20	11
7	T	53,4	12,5	12,8	78,7	15,9	67,9	16,2	316	1,0	22	10
7	T	47,0	10,1	11,3	68,4	14,8	68,7	16,5	302	0,9	21	8
7	T	42,4	8,5	8,7	59,5	14,2	71,2	14,6	316	0,9	19	9
7	T	9,2	3,4	1,2	13,8	24,7	66,6	8,6	212,5	0,5	19	11
7	T	31,0	9,1	6,2	46,3	19,7	67,0	13,3	272	0,8	21	11
7	T	40,1	11,7	8,3	60,1	19,5	66,6	13,8	321	1,0	21	11
7	T	29,7	10,4	6,8	46,9	22,1	63,4	14,5	297	0,6	20	13
7	T	23,8	10,4	7,2	41,4	25,1	57,6	17,3	243	0,8	18	12
7	T	26,3	6,6	4,9	37,8	17,5	69,6	13,0	303	0,6	19	10
7	C	20,8	5,3	4,1	30,2	17,7	68,9	13,5	230,4	0,6	17	10
7	C	18,7	3,3	1,7	23,7	13,8	78,9	7,3	239,1	0,9	15	10

7	C	32,3	5,0	5,3	42,5	11,6	76,0	12,4	254,2	0,9	15	9
7	C	50,1	10,8	9,4	70,2	15,4	71,3	13,3	287,7	1,1	18	11
7	C	13,3	3,6	1,7	18,6	19,1	71,8	9,1	216,8	0,6	16	11
7	C	21,1	5,6	3,1	29,8	18,7	71,0	10,3	237,8	0,6	17	9
7	C	16,7	4,8	4,2	25,6	18,7	65,1	16,2	202,9	0,6	18	9
7	C	25,0	6,1	5,1	36,2	17,0	68,9	14,1	240,2	0,6	19	9
7	C	29,8	7,0	4,4	41,1	17,0	72,4	10,6	274,8	0,9	18	10
7	C	30,2	7,2	7,3	44,7	16,2	67,5	16,3	227,8	0,8	19	9
7	C	37,4	6,7	7,8	52,0	12,9	72,0	15,1	271,1	0,7	21	9
7	C	32,1	8,0	8,0	48,1	16,6	66,7	16,7	252,6	0,8	19	10
8	T	11,3	5,0	2,1	18,4	27,2	61,2	11,6	226,3	0,6	18	10
8	T	56,3	11,6	10,3	78,2	14,9	71,9	13,2	367	1,2	23	11
8	T	49,7	10,0	7,9	67,7	14,8	73,5	11,7	369,1	1,1	24	10
8	T	53,6	10,3	10,8	74,7	13,8	71,7	14,5	378,5	1,2	20	11
8	T	17,8	3,2	1,8	22,8	14,2	78,2	7,7	285,1	0,9	16	9
8	T	36,3	9,0	7,4	52,8	17,0	68,9	14,1	362	0,9	22	10
8	T	74,5	14,9	11,4	100,8	14,8	73,9	11,3	383	1,0	24	12
8	T	32,9	6,8	6,8	46,4	14,5	70,9	14,6	325	0,9	21	7
8	T	22,5	7,1	4,1	33,7	21,1	66,9	12,1	292	1,0	21	10
8	T	17,2	4,2	3,4	24,8	16,8	69,5	13,7	277	0,9	21	8
8	T	32,5	4,0	4,3	40,8	9,7	79,8	10,5	319	1,3	17	8
8	T	13,5	3,2	1,3	18,0	18,0	75,0	7,0	295	0,7	20	10
8	C	35,3	3,4	6,2	44,9	7,6	78,5	13,9	288	1,2	16	9
8	C	25,6	6,4	6,0	37,9	16,9	67,4	15,7	282	0,7	18	10
8	C	56,9	13,1	11,6	81,6	16,0	69,7	14,2	324	0,7	20	13
8	C	25,3	9,0	5,1	39,5	22,9	64,2	13,0	286	0,8	21	12
8	C	28,9	6,0	6,4	41,3	14,6	70,1	15,4	289	0,9	17	10
8	C	74,3	16,6	13,9	104,8	15,8	70,9	13,2	360	1,0	21	13
8	C	32,7	8,9	6,8	48,4	18,3	67,6	14,1	281	0,8	21	12
8	C	67,9	16,3	12,1	96,3	16,9	70,5	12,6	354	1,1	22	14
8	C	48,0	1,6	6,2	55,7	2,8	86,1	11,1	310	0,9	23	12
8	C	20,1	5,2	4,8	30,1	17,1	67,0	15,9	246	0,8	16	11
8	C	30,9	6,9	6,9	44,7	15,5	69,2	15,4	280	0,7	21	11
8	C	28,5	7,4	5,4	41,3	17,8	69,0	13,2	273	0,7	22	11
11	T	20,2	8,6	1,6	30,4	28,3	66,6	5,1	268	0,7	25	14
11	T	13,7	4,8	0,0	18,5	25,7	74,0	0,3	251	0,7	20	13
11	T	19,0	6,0	1,4	26,4	22,8	72,0	5,2	282	0,8	21	13
11	T	27,0	6,0	2,6	35,6	17,0	75,7	7,3	273	0,7	20	11
11	T	23,1	7,3	3,2	33,6	21,8	68,8	9,5	274	0,6	20	11
11	T	29,5	12,9	3,5	45,9	28,1	64,3	7,7	278	0,8	24	19
11	T	26,4	5,9	3,0	35,3	16,7	74,9	8,4	273	1,1	20	10
11	T	26,7	8,7	0,4	35,7	24,2	74,7	1,1	303	0,8	25	14
11	T	18,4	5,2	1,3	24,8	20,9	74,0	5,1	258	0,8	20	12
11	T	48,5	10,3	10,3	69,1	14,9	70,2	14,9	307	1,0	24	9
11	T	33,1	8,5	4,0	45,5	18,6	72,6	8,8	277	1,0	19	11
11	T	19,8	6,6	0,9	27,3	24,0	72,6	3,3	270	0,9	23	13
11	C	29,0	13,0	4,5	46,5	28,0	62,3	9,6	262	1,0	21	15
11	C	18,5	4,8	2,0	25,2	19,0	73,2	7,7	250	1,0	17	11
11	C	27,7	8,9	4,3	40,9	21,8	67,8	10,4	268	0,8	21	11

11	C	19,2	5,0	2,7	26,9	18,7	71,4	9,9	232	0,7	19	10
11	C	17,7	5,8	2,4	25,9	22,3	68,4	9,3	228	0,7	19	10
11	C	19,1	7,4	1,6	28,1	26,3	68,0	5,7	242	0,9	22	13
11	C	36,8	10,1	5,7	52,5	19,1	70,0	10,9	281	0,9	20	11
11	C	24,4	6,0	4,3	34,7	17,4	70,2	12,4	258	0,7	20	10
11	C	21,7	5,5	2,7	29,9	18,4	72,6	9,0	268	0,8	18	11
11	C	27,7	7,6	3,3	38,6	19,8	71,6	8,6	277	0,9	22	13
11	C	9,9	3,2	0,3	13,5	24,0	73,5	2,4	222,5	0,7	19	11
11	C	16,5	4,0	1,6	22,0	17,9	75,0	7,0	248	0,8	18	9
15	T	38,6	12,7	4,0	55,2	22,9	69,8	7,2	302	0,9	26	15
15	T	33,0	9,8	3,0	45,9	21,4	72,0	6,6	308	0,9	22	12
15	T	35,8	12,6	3,7	52,1	24,2	68,7	7,1	326	0,9	24	14
15	T	31,1	8,6	3,1	42,8	20,0	72,7	7,2	314	0,8	22	11
15	T	28,2	10,0	3,3	41,5	24,1	68,0	8,0	283	0,8	22	12
15	T	32,2	11,7	4,2	48,1	24,4	66,9	8,7	297	0,9	21	11
15	T	26,2	9,4	1,8	37,4	25,1	70,2	4,7	312	0,9	21	15
15	T	42,1	12,0	4,5	58,5	20,5	71,9	7,6	321	1,0	23	11
15	T	29,2	7,4	3,1	39,6	18,6	73,6	7,8	308	0,9	21	10
15	T	46,5	14,1	4,7	65,3	21,5	71,2	7,2	335	1,0	23	14
15	T	22,4	7,3	1,4	31,1	23,6	72,0	4,4	296	0,8	23	11
15	T	16,4	7,0	0,4	23,8	29,2	69,0	1,7	264	0,6	21	14
15	C	23,5	6,9	3,6	33,9	20,2	69,3	10,5	246,5	0,8	22	11
15	C	30,3	11,1	4,5	46,0	24,2	65,9	9,9	249,1	1,0	22	14
15	C	20,0	1,8	1,3	23,1	7,8	86,4	5,8	301	0,8	22	13
15	C	35,4	9,5	6,0	50,9	18,6	69,6	11,8	262,5	1,2	20	13
15	C	32,8	9,1	5,1	47,0	19,4	69,9	10,8	255,2	1,0	20	10
15	C	15,6	3,5	1,7	20,8	16,7	74,9	8,3	221,5	0,8	16	9
15	C	20,6	5,9	2,2	28,7	20,7	71,6	7,7	238,4	1,0	15	11
15	C	30,8	9,9	5,0	45,7	21,7	67,4	11,0	254,6	1,2	19	13
15	C	12,6	3,9	1,5	18,0	21,9	69,6	8,5	213,3	0,7	16	11
15	C	13,6	3,5	0,1	17,2	20,4	78,9	0,7	211,6	0,9	15	11
15	C	9,7	13,4	6,4	29,5	45,6	32,8	21,7	203,2	0,7	14	14
15	C	37,7	3,8	0,2	41,7	9,1	90,4	0,5	285,7	1,0	22	11
19	T	22,0	8,1	2,5	32,6	25,0	67,4	7,6	282	0,6	26	12
19	T	48,8	11,6	7,2	67,7	17,2	72,2	10,7	356	0,8	23	12
19	T	31,9	11,8	3,7	47,4	25,0	67,3	7,7	304	0,8	22	14
19	T	75,7	9,0	13,6	98,3	9,2	77,0	13,8	351	1,1	26	7
19	T	22,8	7,6	2,7	33,1	22,9	69,0	8,0	287	0,9	22	11
19	T	46,6	9,3	6,0	61,9	15,0	75,4	9,6	341	0,9	24	10
19	T	43,7	13,8	4,9	62,4	22,1	70,0	7,9	341	0,9	22	14
19	T	32,6	8,6	3,3	44,6	19,4	73,2	7,4	329	0,8	23	12
19	T	37,7	8,8	2,8	49,2	17,8	76,6	5,6	341	0,8	26	13
19	T	55,1	14,3	7,8	77,2	18,5	71,4	10,2	359	0,8	25	14
19	T	49,2	12,4	5,2	66,8	18,5	73,6	7,8	358	0,9	24	13
19	T	35,3	11,4	4,2	50,8	22,3	69,4	8,3	335	0,8	24	14
19	C	29,1	6,2	6,3	41,6	14,8	70,0	15,2	282	0,8	18	9
19	C	16,4	5,8	2,8	25,0	23,1	65,7	11,2	246	0,5	20	12
19	C	33,0	8,1	5,5	46,6	17,4	70,8	11,9	293	0,9	25	12
19	C	17,3	3,8	3,0	24,1	15,7	71,7	12,6	266	0,6	20	9

19	C	14,6	5,2	4,0	23,9	21,9	61,1	16,9	205	0,5	20	10
19	C	28,8	5,9	4,8	39,4	15,0	73,0	12,0	273	0,8	20	12
19	C	43,7	9,6	7,0	60,3	15,9	72,5	11,6	304	0,9	21	12
19	C	50,0	11,9	7,6	69,4	17,1	72,0	10,9	326	1,0	23	14
19	C	23,9	5,7	4,3	33,9	16,8	70,4	12,7	272	0,8	23	10
19	C	41,6	9,0	7,2	57,8	15,6	72,0	12,4	297	1,0	25	12
19	C	20,0	4,4	3,6	28,0	15,7	71,5	12,8	246,1	0,8	16	9
19	C	34,0	5,6	3,8	43,4	13,0	78,3	8,8	310,6	0,9	21	14
22	T	17,3	5,4	0,1	22,8	23,5	75,8	0,7	290,5	0,7	24	13
22	T	32,6	8,2	1,8	42,6	19,2	76,5	4,3	340	0,9	23	13
22	T	20,5	6,7	0,9	28,1	23,8	73,0	3,2	304	0,8	21	12
22	T	49,3	12,7	7,6	69,6	18,3	70,8	10,9	337	1,0	21	9
22	T	32,9	9,1	4,0	46,0	19,8	71,6	8,6	318	0,8	23	12
22	T	23,7	6,5	2,4	32,6	19,8	72,7	7,5	300	0,9	21	11
22	T	30,4	9,4	3,4	43,2	21,7	70,3	8,0	301	0,9	23	13
22	T	25,6	6,7	2,4	34,7	19,4	73,8	6,8	318	0,6	20	12
22	T	36,8	9,9	3,7	50,5	19,7	73,0	7,3	331	0,8	24	13
22	T	53,4	10,7	9,0	73,1	14,6	73,1	12,3	355	1,1	24	11
22	T	7,2	3,5	0,5	11,3	31,4	64,0	4,6	203	0,6	16	12
22	T	19,4	6,2	1,4	26,9	22,9	72,0	5,1	292	0,5	24	12
22	C	24,9	6,7	5,9	37,5	17,9	66,4	15,7	294,2	0,7	20	11
22	C	12,1	3,0	0,6	15,7	19,0	77,1	3,9	214,4	0,6	20	9
22	C	25,1	5,9	3,1	34,1	17,3	73,7	9,0	276,2	0,8	19	12
22	C	12,3	4,0	2,8	19,2	21,1	64,1	14,8	249,4	0,6	18	9
22	C	20,7	4,2	3,8	28,7	14,5	72,2	13,3	164,2	0,7	18	9
22	C	54,8	13,6	10,0	78,4	17,3	70,0	12,7	324,8	1,2	23	13
22	C	22,2	7,6	2,9	32,6	23,3	67,9	8,9	263,1	0,7	21	13
22	C	30,0	9,7	4,5	44,2	21,9	67,9	10,2	300,8	0,8	22	14
22	C	24,3	7,0	3,5	34,9	20,2	69,8	10,0	285,1	0,8	22	12
22	C	6,6	3,3	1,0	10,9	30,0	60,7	9,3	219,2	0,5	17	11
22	C	21,0	6,0	4,2	31,1	19,1	67,4	13,5	276,3	0,7	21	12
22	C	8,7	3,0	1,2	12,9	23,4	67,2	9,4	227,2	0,6	19	10
23	T	52,4	12,5	6,1	71,0	17,6	73,8	8,6	346,8	1,1	26	15
23	T	22,7	7,6	1,5	31,8	23,8	71,4	4,8	296	0,9	26	12
23	T	70,9	15,1	6,5	92,5	16,3	76,6	7,1	371	1,3	26	12
23	T	72,3	19,4	7,9	99,6	19,5	72,6	7,9	379	1,3	28	15
23	T	47,6	12,6	6,4	66,6	18,9	71,5	9,5	343	0,9	26	13
23	T	26,3	7,7	2,7	36,7	20,9	71,8	7,3	308	0,8	24	12
23	T	42,2	12,3	4,8	59,3	20,8	71,2	8,0	332	1,0	29	16
23	T	41,4	12,5	4,6	58,5	21,4	70,7	7,9	335	0,8	27	15
23	T	19,7	7,1	1,3	28,0	25,3	70,2	4,5	283	0,7	25	14
23	T	24,2	8,8	0,9	33,9	26,0	71,4	2,7	310	0,7	26	14
23	T	24,9	5,4	1,4	31,8	17,1	78,4	4,4	304	0,8	21	9
23	T	65,8	16,5	10,2	92,5	17,8	71,1	11,0	357	1,3	25	14
23	C	29,0	9,6	4,1	42,7	22,4	68,0	9,6	267,5	0,8	24	13
23	C	17,2	6,1	1,7	25,0	24,4	68,6	7,0	232,9	0,8	21	13
23	C	30,3	5,8	4,1	40,1	14,3	75,6	10,1	272,1	1,0	21	11
23	C	28,0	9,6	3,7	41,4	23,3	67,8	8,9	277,1	0,8	24	14
23	C	26,9	5,6	5,6	38,2	14,8	70,5	14,8	250	0,8	20	12

23	C	25,5	7,1	3,3	35,9	19,8	71,0	9,2	263,5	0,7	21	13
23	C	33,6	8,4	3,7	45,7	18,4	73,5	8,1	280,9	0,9	23	13
23	C	36,3	9,9	3,4	49,5	19,9	73,2	6,9	283,3	1,0	23	13
23	C	32,1	8,9	4,4	45,4	19,5	70,8	9,7	276,9	0,8	24	13
23	C	20,1	4,2	0,3	24,6	17,2	81,8	1,1	261	0,9	20	11
23	C	9,1	4,2	0,7	14,0	29,8	65,0	5,2	192,5	0,5	23	12
23	C	8,0	2,6	0,5	11,1	23,7	71,5	4,8	197	0,5	19	11

ANNEXE 5

Longueur des 9 premiers entrenoeuds des tiges de roseau commun provenant des 8 sites sous études dans les fossés de drainage selon le traitement (T : colonie monospécifique; C : compétition interspécifique). Voir page 19 et suivantes pour la méthodologie.

Front	Traitement	Entre- noeud 1 (cm)	Entre- noeud 2 (cm)	Entre- noeud 3 (cm)	Entre- noeud 4 (cm)	Entre- noeud 5 (cm)	Entre- noeud 6 (cm)	Entre- noeud 7 (cm)	Entre- noeud 8 (cm)	Entre- noeud 9 (cm)
5	T	6,1	12,7	20,9	25,9	27,2	22,8	17,4	15,2	13,6
5	T	6,3	12,9	20,7	25,1	25,1	23,3	18,3	11,6	10,0
5	T	11,0	10,6	13,0	17,7	20,3	13,7	18,6	14,8	14,7
5	T	5,7	11,5	19,0	23,6	21,8	17,9	16,8	16,5	14,1
5	T	11,3	23,0	26,6	24,9	19,5	17,1	14,3	9,7	9,7
5	T	9,2	15,7	19,1	18,9	20,3	20,0	19,2	12,0	10,0
5	T	13,2	24,1	30,6	30,2	23,1	21,0	15,4	12,5	12,1
5	T	9,5	17,6	23,1	22,8	20,5	17,2	14,3	12,0	9,9
5	T	15,5	24,0	26,8	24,9	19,8	15,5	14,3	10,7	7,7
5	T	4,6	8,9	17,5	27,5	27,2	21,9	17,7	14,7	14,1
5	T	10,5	19,5	28,1	29,2	24,5	20,5	18,5	16,5	11,2
5	T	8,0	9,1	15,2	21,2	26,0	23,5	21,0	14,5	12,3
5	C	5,5	12,0	20,0	24,5	23,5	20,0	16,5	15,0	12,5
5	C	4,0	7,5	12,0	19,5	23,5	22,5	21,5	20,0	18,0
5	C	8,0	14,0	21,0	23,5	19,5	15,5	15,5	13,5	10,5
5	C	9,5	13,5	19,0	25,0	27,0	23,0	19,0	15,0	13,0
5	C	9,0	14,5	17,5	19,0	14,0	13,5	12,0	7,5	8,0
5	C	9,0	15,5	17,0	16,5	13,0	14,0	11,5	9,5	9,5
5	C	4,5	8,5	13,5	16,5	19,5	22,5	15,0	15,5	12,0
5	C	3,5	6,0	11,0	15,5	19,0	21,0	20,5	16,5	12,5
5	C	8,0	13,5	15,0	15,0	16,0	14,0	14,0	11,0	10,5
5	C	10,5	14,5	17,5	21,5	21,0	17,5	14,0	11,0	10,5
5	C	4,5	12,0	17,0	18,0	16,0	15,0	11,0	9,5	10,5
5	C	6,5	9,0	12,5	18,0	18,0	18,0	17,5	16,5	12,5
7	T	17,0	23,0	23,0	25,0	23,0	22,0	20,0	14,0	12,0
7	T	16,0	23,0	23,0	24,0	24,0	21,0	18,0	16,0	15,0
7	T	15,0	22,0	26,0	22,0	22,0	20,0	20,0	16,0	14,0
7	T	13,0	20,0	26,0	24,0	20,0	18,0	16,0	17,0	15,0
7	T	14,0	22,0	25,0	23,0	26,0	25,0	22,0	15,0	13,0
7	T	16,0	21,5	25,5	27,0	28,0	21,0	17,0	17,0	17,0
7	T	9,5	17,0	23,0	20,0	14,0	13,0	11,0	8,0	9,0
7	T	6,5	12,0	19,5	22,5	17,5	16,5	16,0	17,0	13,0
7	T	12,5	22,0	28,5	27,0	24,5	23,0	20,5	13,5	17,5
7	T	15,0	23,5	25,5	23,0	22,5	21,5	18,5	12,5	11,5
7	T	20,5	20,5	17,5	19,0	18,5	16,5	10,0	10,0	10,0
7	T	15,0	26,5	28,5	25,0	25,0	23,0	17,5	12,5	14,0
7	C	27,5	27,5	24,4	15,0	14,5	15,1	15,3	12,8	12,5

7	C	16,9	25,5	29,2	26,7	22,2	17,1	15,3	14,0	12,4
7	C	20,3	25,5	26,9	26,3	21,0	18,9	20,1	8,0	11,9
7	C	16,4	23,1	25,9	26,0	23,2	21,1	19,3	15,8	14,9
7	C	15,1	19,7	22,7	23,7	20,2	15,7	15,4	14,4	10,8
7	C	17,0	21,6	28,3	26,1	21,2	18,6	15,1	13,1	9,8
7	C	14,3	18,8	15,0	13,1	15,8	15,5	10,5	10,7	11,1
7	C	18,8	25,2	21,2	17,3	14,7	15,6	13,7	12,0	11,0
7	C	18,7	26,5	25,1	22,8	18,9	16,7	17,2	17,1	15,0
7	C	23,6	19,7	16,3	16,1	15,8	14,5	10,9	10,5	12,6
7	C	10,1	19,9	23,5	19,0	18,0	17,3	18,2	16,9	12,2
7	C	9,3	19,0	21,0	21,9	18,8	17,8	17,5	13,1	10,4
8	T	22,2	27,3	25,0	20,3	16,3	16,1	13,6	9,6	10,7
8	T	8,5	13,1	19,9	25,4	30,4	27,3	24,8	19,6	22,7
8	T	9,6	15,8	25,6	32,7	28,4	25,2	22,2	22,2	21,0
8	T	15,8	21,2	28,2	33,9	34,5	30,7	30,1	25,5	21,8
8	T	11,2	19,8	25,7	30,5	33,4	31,4	27,5	20,8	15,4
8	T	6,8	14,6	23,3	29,1	30,7	28,3	26,0	24,3	20,3
8	T	10,6	18,2	25,1	30,8	28,3	25,9	22,3	21,1	20,0
8	T	9,8	16,4	22,8	26,6	21,2	19,2	18,4	17,6	16,8
8	T	11,4	17,6	20,2	20,2	24,3	22,4	19,1	18,0	19,1
8	T	9,0	12,6	17,6	18,5	22,8	20,0	19,4	17,0	17,6
8	T	8,0	12,5	17,0	28,5	33,5	35,7	34,6	31,0	23,7
8	T	9,1	17,6	22,3	25,9	27,8	25,6	26,3	23,8	18,3
8	C	22,2	27,3	25,0	20,3	16,3	16,1	13,6	9,6	10,7
8	C	8,5	13,1	19,9	25,4	30,4	27,3	24,8	19,6	22,7
8	C	9,6	15,8	25,6	32,7	28,4	25,2	22,2	22,2	21,0
8	C	15,8	21,2	28,2	33,9	34,5	30,7	30,1	25,5	21,8
8	C	11,2	19,8	25,7	30,5	33,4	31,4	27,5	20,8	15,4
8	C	6,8	14,6	23,3	29,1	30,7	28,3	26,0	24,3	20,3
8	C	10,6	18,2	25,1	30,8	28,3	25,9	22,3	21,1	20,0
8	C	9,8	16,4	22,8	26,6	21,2	19,2	18,4	17,6	16,8
8	C	11,4	17,6	20,2	20,2	24,3	22,4	19,1	18,0	19,1
8	C	9,0	12,6	17,6	18,5	22,8	20,0	19,4	17,0	17,6
8	C	8,0	12,5	17,0	28,5	33,5	35,7	34,6	31,0	23,7
8	C	9,1	17,6	22,3	25,9	27,8	25,6	26,3	23,8	18,3
11	T	5,5	9,0	18,0	26,0	25,5	16,5	15,0	11,0	13,0
11	T	12,0	16,0	21,0	21,5	24,5	22,5	17,5	14,5	12,5
11	T	8,0	14,5	20,0	23,0	21,0	22,5	19,5	21,0	18,0
11	T	14,0	21,0	23,5	20,5	17,0	17,0	16,0	14,5	12,0
11	T	8,5	14,0	21,0	22,5	19,5	19,0	16,5	16,5	16,0
11	T	6,5	8,5	11,5	17,0	19,5	18,5	16,0	16,0	16,0
11	T	4,5	6,5	10,0	11,0	10,5	27,5	27,5	24,0	24,0
11	T	2,5	4,0	8,0	15,0	17,0	24,0	22,0	21,0	26,0
11	T	11,0	8,0	9,0	21,0	24,0	25,0	21,0	18,0	16,0
11	T	16,1	22,9	27,0	27,6	20,3	17,7	16,4	16,6	14,4
11	T	10,0	13,5	16,5	15,0	24,0	25,0	24,0	19,0	16,0
11	T	5,0	9,0	13,0	11,0	17,0	20,0	20,5	21,0	19,5
11	C	18,0	20,5	20,0	18,5	17,0	19,0	16,0	12,5	19,0
11	C	10,0	18,0	25,0	27,0	25,5	23,0	17,5	16,0	14,0

11	C	11,0	18,5	21,0	20,0	19,5	18,5	17,0	12,0	12,0
11	C	5,0	9,0	12,5	18,5	19,5	17,0	17,0	16,0	15,0
11	C	10,5	16,0	16,5	15,5	17,5	17,5	14,0	11,0	12,0
11	C	3,5	6,5	13,0	13,0	15,0	18,0	19,0	18,0	17,0
11	C	14,5	16,5	20,0	22,0	22,0	21,0	16,0	16,0	14,0
11	C	6,0	12,5	16,5	20,5	21,5	21,0	19,0	13,5	14,0
11	C	15,0	21,0	23,5	23,0	25,5	23,0	19,0	16,0	13,0
11	C	4,5	6,5	11,5	16,5	22,0	16,5	18,5	18,0	20,0
11	C	15,0	16,0	17,0	18,0	19,0	18,0	13,0	16,0	23,0
11	C	7,0	9,0	8,0	9,0	24,5	28,0	27,0	23,0	19,5
15	T	5,0	6,5	11,0	16,5	25,0	28,5	26,5	20,0	21,0
15	T	22,5	27,5	27,0	27,0	20,0	21,5	15,5	13,0	12,0
15	T	10,0	19,0	26,5	29,0	28,0	24,0	21,0	18,0	13,5
15	T	15,0	28,0	33,5	28,5	25,0	21,0	20,0	16,0	13,0
15	T	25,0	23,0	26,5	21,5	22,0	21,0	14,0	13,0	13,0
15	T	27,0	30,0	28,0	24,0	23,0	18,0	15,0	12,0	12,0
15	T	26,0	28,0	29,0	27,0	25,0	22,0	16,0	14,0	14,0
15	T	11,0	17,5	27,0	29,0	30,0	25,0	24,0	21,0	14,0
15	T	18,0	22,5	27,5	27,0	26,0	25,0	17,0	14,5	14,5
15	T	14,0	24,0	31,0	29,0	30,0	26,0	24,0	20,0	12,0
15	T	10,5	16,5	22,5	24,0	24,0	19,5	19,0	18,0	13,0
15	T	20,0	26,0	22,0	18,0	17,0	17,0	16,0	12,0	12,0
15	C	4,2	6,2	9,7	17,2	22,2	20,0	15,9	15,5	12,8
15	C	11,5	17,9	18,0	20,7	16,0	15,0	14,9	15,8	12,5
15	C	13,0	23,0	25,0	28,0	25,0	21,0	18,0	16,0	15,0
15	C	7,9	12,0	16,5	19,5	22,2	21,4	19,6	18,3	15,1
15	C	14,6	18,1	17,7	22,2	21,4	17,8	14,9	15,8	15,0
15	C	10,1	19,1	5,6	48,2	23,3	20,8	17,0	12,6	11,4
15	C	22,4	27,0	26,3	25,7	20,0	16,3	15,1	13,9	11,0
15	C	14,3	20,5	20,9	20,6	19,4	20,0	19,2	17,0	14,9
15	C	16,8	23,9	25,7	25,3	20,4	15,6	16,5	12,5	15,4
15	C	22,0	26,0	25,8	32,5	10,4	17,3	11,2	10,0	10,5
15	C	16,7	26,7	25,9	21,6	18,3	15,4	12,5	15,0	8,2
15	C	12,3	9,7	24,2	27,4	22,3	20,5	20,6	18,7	14,1
19	T	1,5	2,0	2,5	4,5	9,0	16,0	22,0	24,0	23,0
19	T	9,5	17,0	25,0	28,0	25,0	25,0	22,0	18,0	17,0
19	T	12,0	20,0	25,0	24,0	23,0	18,0	16,0	16,0	16,0
19	T	4,0	4,5	7,5	13,0	21,0	26,0	26,5	26,5	23,0
19	T	5,5	12,0	19,0	21,0	23,0	20,0	17,0	12,0	11,0
19	T	6,0	10,0	17,0	25,0	24,0	22,0	25,0	21,0	16,0
19	T	9,0	18,0	24,0	21,0	27,0	23,0	20,5	20,5	20,5
19	T	11,0	18,5	26,0	31,0	29,0	24,0	19,0	14,0	15,0
19	T	3,5	5,0	9,5	16,0	24,0	31,0	25,0	23,0	20,0
19	T	4,5	5,5	8,5	13,0	20,5	27,5	29,5	24,0	21,0
19	T	9,0	16,0	22,0	29,0	26,0	22,0	22,0	21,0	15,0
19	T	6,0	10,0	17,5	25,5	32,0	24,0	19,0	17,0	15,0
19	C	3,5	29,0	24,0	26,0	26,0	23,5	19,5	18,0	16,0
19	C	9,0	17,5	20,0	19,0	16,0	17,0	14,0	14,0	13,0
19	C	2,5	2,5	4,0	7,5	11,5	17,5	20,5	19,5	17,5

19	C	12,0	21,0	26,0	24,0	17,0	16,0	14,0	12,0	12,0
19	C	6,0	10,0	11,0	12,5	12,5	11,0	11,0	12,5	13,5
19	C	11,0	15,0	21,5	23,5	27,0	27,0	23,0	20,0	16,0
19	C	7,5	11,0	16,0	22,0	22,0	20,0	18,0	18,0	19,0
19	C	7,5	12,5	19,5	24,5	24,0	19,0	16,0	19,0	17,0
19	C	5,5	8,0	12,0	18,0	19,5	17,0	14,5	12,0	15,0
19	C	3,5	4,5	5,0	7,5	10,5	16,0	18,0	19,0	18,0
19	C	9,0	18,0	21,0	25,0	25,0	23,0	21,0	17,5	14,5
19	C	8,5	15,0	21,0	25,0	23,5	19,5	16,0	17,0	17,0
22	T	11,0	17,0	17,0	22,0	21,0	21,0	16,0	19,0	17,5
22	T	10,0	18,0	28,5	34,5	32,0	24,5	20,5	21,0	17,0
22	T	20,0	26,0	27,0	28,0	28,0	22,0	17,0	15,0	17,0
22	T	10,0	15,0	19,0	22,0	24,0	23,0	21,0	21,0	19,0
22	T	7,0	11,0	18,5	24,5	27,0	26,5	23,0	20,5	14,0
22	T	14,0	21,0	26,0	25,5	26,0	24,5	18,0	17,5	16,0
22	T	10,5	15,5	20,0	24,0	25,0	22,0	22,0	21,0	15,0
22	T	15,5	22,5	27,5	29,5	29,5	22,5	21,5	21,0	18,0
22	T	7,5	14,5	22,0	24,0	24,0	23,0	20,0	18,0	16,0
22	T	7,5	13,5	23,0	28,0	28,0	26,0	22,0	18,0	18,0
22	T	21,0	24,5	22,5	19,0	16,5	13,5	13,0	12,0	11,0
22	T	2,0	3,0	6,0	13,0	19,0	24,0	25,0	23,0	18,0
22	C	12,3	19,0	30,4	30,8	22,9	18,5	17,0	17,9	15,0
22	C	10,0	12,5	16,3	19,1	18,3	13,3	15,5	13,0	11,0
22	C	13,9	19,1	24,7	21,8	21,6	20,5	17,7	17,3	14,6
22	C	18,4	21,8	22,3	18,0	15,2	16,3	13,3	12,9	12,7
22	C	13,3	22,2	26,0	23,4	20,1	19,2	16,9	14,2	12,7
22	C	9,9	14,6	17,5	21,1	23,3	22,4	19,6	16,7	17,6
22	C	11,5	16,5	20,5	22,0	16,5	18,8	16,9	14,3	11,0
22	C	13,5	17,9	23,4	24,4	23,5	20,1	17,0	16,3	13,0
22	C	11,5	16,5	21,0	23,4	22,6	20,5	18,5	18,0	14,0
22	C	17,9	23,1	19,8	15,1	17,7	14,1	13,0	13,2	11,8
22	C	5,6	9,2	13,8	19,8	23,1	20,5	16,5	17,2	16,6
22	C	13,1	17,4	23,7	19,8	16,0	16,0	14,6	10,3	12,1
23	T	7,0	12,0	19,0	23,0	26,5	27,5	24,5	21,5	20,0
23	T	6,5	12,1	18,4	24,0	26,0	21,0	16,0	13,0	13,0
23	T	6,0	10,0	16,0	22,5	27,0	30,0	27,5	24,0	21,0
23	T	5,0	7,0	10,5	16,0	22,5	29,0	31,0	26,5	24,0
23	T	5,5	9,5	14,5	20,5	24,0	25,0	24,5	21,5	19,5
23	T	9,5	14,0	21,5	26,5	26,0	19,0	16,0	16,0	16,0
23	T	3,0	4,0	6,0	12,0	17,0	22,0	26,0	27,0	22,5
23	T	5,5	9,5	15,5	22,0	29,0	29,0	28,0	22,0	16,0
23	T	7,0	11,0	19,5	25,0	21,5	19,0	18,0	17,0	15,0
23	T	7,0	13,0	19,5	27,5	27,5	23,0	17,0	15,0	15,0
23	T	14,0	19,0	23,5	26,5	27,0	26,0	24,0	21,5	19,5
23	T	10,0	15,5	22,5	27,0	31,0	28,0	23,0	20,0	17,0
23	C	2,4	6,7	12,8	18,2	21,0	20,0	16,7	16,0	14,5
23	C	8,6	13,6	17,3	16,9	17,0	15,9	13,4	12,8	11,2
23	C	3,6	5,4	10,0	14,8	20,5	24,9	25,3	22,4	20,1
23	C	3,0	5,5	9,3	17,2	23,5	24,5	19,7	15,4	16,0

23	C	7,0	10,4	13,4	15,1	19,0	17,6	17,6	17,7	15,9
23	C	5,4	12,3	18,7	24,0	24,2	20,6	18,7	14,1	13,0
23	C	3,7	9,3	16,4	23,0	26,3	23,5	17,2	14,5	15,7
23	C	4,0	8,6	5,4	32,7	25,6	24,2	19,8	16,9	14,5
23	C	5,6	8,1	13,7	19,6	22,9	22,6	18,4	15,4	13,4
23	C	5,8	6,4	14,6	15,3	18,3	21,0	21,8	20,8	17,5
23	C	3,5	4,5	8,8	13,0	14,7	14,0	12,1	10,4	9,2
23	C	10,5	17,5	17,1	13,1	13,8	14,0	11,5	9,3	11,2

ANNEXE 6

Mesures morphologiques brutes des tiges de quenouilles dans les 8 sites sous observations dans les fossés de drainage selon le traitement (T : colonie monospécifique; C : compétition interspécifique). Voir page 19 et suivantes pour la méthodologie.

Front	Trait.	Biomasse feuille (g)	Biomasse inflo. (g)	Biomasse totale (g)	Allocation feuille (%)	Allocation inflorescence (%)	Hauteur (cm)	Diamètre (cm)	Nombre de feuilles
5	T	14,2	5,6	19,8	71,5	28,5	199,0	1,3	6
5	T	11,5	1,7	13,2	87,0	13,0	137,2	1,0	6
5	T	13,4	6,5	19,9	67,4	32,6	197,5	1,0	6
5	T	10,9	6,0	16,9	64,7	35,3	184,5	1,1	6
5	T	12,2	5,7	18,0	68,1	31,9	166,0	0,9	6
5	T	18,1	6,5	24,6	73,5	26,5	184,0	1,2	8
5	T	5,8	4,0	9,8	59,3	40,7	149,2	1,0	6
5	T	21,5	9,2	30,7	70,0	30,0	202,0	1,2	8
5	T	19,1	7,3	26,4	72,5	27,5	199,0	1,2	6
5	T	10,0	5,0	15,1	66,6	33,4	183,0	0,8	5
5	T	15,9	7,2	23,0	68,9	31,1	176,5	1,0	6
5	T	8,7	5,1	13,8	63,3	36,7	168,0	1,0	5
5	C	20,8	5,9	26,6	77,9	22,1	204,2	1,4	8
5	C	19,7	4,2	23,8	82,5	17,5	205,8	1,3	6
5	C	16,6	4,0	20,6	80,7	19,3	180,1	1,4	6
5	C	9,6	4,0	13,6	70,8	29,2	183,4	0,9	6
5	C	15,1	3,5	18,5	81,4	18,6	175,0	1,3	8
5	C	22,3	5,8	28,1	79,3	20,7	208,8	1,4	7
5	C	23,1	11,5	34,6	66,9	33,1	192,8	1,1	8
5	C	8,9	3,7	12,6	70,4	29,6	168,5	0,9	7
5	C	11,5	4,1	15,6	73,8	26,2	196,8	1,1	6
5	C	20,3	5,1	25,4	79,8	20,2	202,3	1,3	7
5	C	29,5	3,6	33,1	89,0	11,0	209,9	1,5	8
5	C	9,5	3,2	12,7	74,8	25,2	194,6	0,8	7
7	T	30,6	6,2	36,8	83,2	16,8	197,5	1,5	7
7	T	19,2	6,1	25,2	75,9	24,1	194,0	1,4	7
7	T	23,0	9,4	32,4	71,1	28,9	217,5	1,7	7
7	T	17,6	7,9	25,5	69,2	30,8	193,0	1,5	8
7	T	16,9	6,5	23,4	72,3	27,7	194,5	1,4	6
7	T	22,1	10,9	33,0	67,1	32,9	202,0	1,4	7
7	T	23,8	12,3	36,1	65,8	34,2	190,5	1,5	6
7	T	32,5	8,6	41,1	79,1	20,9	193,0	1,7	7
7	T	40,7	8,6	49,3	82,6	17,4	213,0	2,0	9
7	T	33,9	6,5	40,4	84,0	16,0	205,0	1,4	8
7	T	29,6	7,5	37,1	79,7	20,3	209,0	2,1	7
7	T	14,6	4,8	19,4	75,1	24,9	184,0	1,5	8
7	C	16,6	0,0	16,6	100,0	0,0	203,5	1,8	6
7	C	17,5	0,0	17,5	100,0	0,0	206,0	1,5	6

7	C	13,6	0,0	13,6	100,0	0,0	201,0	1,6	6
7	C	18,3	0,0	18,3	100,0	0,0	234,0	1,5	5
7	C	16,7	0,0	16,7	100,0	0,0	232,0	2,0	5
7	C	17,7	0,0	17,7	100,0	0,0	215,5	1,9	5
7	C	19,7	0,0	19,7	100,0	0,0	202,0	2,1	6
7	C	21,4	0,0	21,4	100,0	0,0	234,5	2,0	7
7	C	10,1	0,0	10,1	100,0	0,0	178,0	1,6	5
7	C	27,9	5,6	33,5	83,2	16,8	198,5	1,6	8
7	C	20,4	1,5	21,9	93,1	6,9	185,0	1,5	9
8	T	12,6	0,0	12,6	100,0	0,0	225,6	1,6	4
8	T	19,8	0,0	19,8	100,0	0,0	216,6	2,1	6
8	T	22,2	0,0	22,2	100,0	0,0	205,1	1,9	5
8	T	10,9	0,0	10,9	100,0	0,0	210,5	1,4	6
8	T	15,1	0,0	15,1	100,0	0,0	194,0	1,5	7
8	T	12,4	0,0	12,4	100,0	0,0	182,2	1,6	7
8	T	34,6	0,0	34,6	100,0	0,0	261,0	2,6	7
8	T	29,9	0,0	29,9	100,0	0,0	289,5	2,2	7
8	T	15,2	0,0	15,2	100,0	0,0	223,5	1,7	6
8	T	26,8	0,0	26,8	100,0	0,0	219,5	1,9	5
8	T	23,4	0,0	23,4	100,0	0,0	259,5	1,9	6
8	T	38,3	6,5	44,8	85,5	14,5	222,4	1,6	6
8	T	24,6	7,9	32,4	75,8	24,2	180,6	1,8	6
8	T	23,3	9,0	32,3	72,1	27,9	183,0	1,8	7
8	T	35,6	6,5	42,1	84,5	15,5	191,8	1,5	8
8	T	34,0	11,5	45,5	74,7	25,3	207,0	1,6	7
8	T	31,3	5,2	36,5	85,7	14,3	200,9	1,7	7
8	T	35,5	9,0	44,6	79,8	20,2	197,0	1,5	7
8	T	21,5	8,1	29,6	72,6	27,4	193,0	1,4	6
8	T	20,1	5,0	25,1	80,1	19,9	172,5	1,4	8
8	T	14,0	6,7	20,7	67,7	32,3	216,4	1,0	5
8	C	15,4	8,6	24,0	64,2	35,8	169,0	1,0	6
8	C	14,8	6,1	20,9	70,6	29,4	211,1	0,9	6
8	C	13,9	6,1	20,0	69,3	30,7	202,6	1,0	5
8	C	15,7	6,6	22,3	70,6	29,4	174,2	1,3	6
8	C	27,9	12,7	40,6	68,7	31,3	190,8	1,6	7
8	C	19,8	10,6	30,4	65,0	35,0	182,3	1,1	6
8	C	16,9	5,7	22,5	74,9	25,1	183,0	1,7	6
8	C	24,0	12,7	36,7	65,4	34,6	202,1	1,5	6
8	C	17,2	8,4	25,7	67,1	32,9	175,8	1,4	7
8	C	25,3	10,9	36,1	69,9	30,1	196,8	1,3	7
8	C	18,8	9,2	28,1	67,1	32,9	179,4	1,2	6
8	C	17,5	6,6	24,1	72,5	27,5	165,0	1,1	6
11	T	17,2	0,0	17,2	100,0	0,0	202,1	1,4	5
11	T	23,5	0,0	23,5	100,0	0,0	226,3	1,8	5
11	T	13,0	0,0	13,0	100,0	0,0	191,1	1,6	6
11	T	15,4	0,0	15,4	100,0	0,0	192,1	1,4	5
11	T	36,3	0,0	36,3	100,0	0,0	243,3	1,4	9
11	T	16,6	7,3	24,0	69,4	30,6	207,8	1,0	5
11	T	14,3	5,6	19,9	71,8	28,2	200,8	1,1	5

11	T	17,5	5,4	22,9	76,5	23,5	199,2	1,3	7
11	T	28,5	7,9	36,4	78,3	21,7	230,1	1,3	6
11	T	19,2	6,4	25,6	75,1	24,9	214,2	1,2	5
11	T	24,4	8,3	32,7	74,6	25,4	214,5	1,4	5
11	T	26,5	7,6	34,1	77,8	22,2	211,4	1,6	5
11	T	26,9	10,3	37,2	72,3	27,7	206,3	1,3	8
11	T	23,3	8,1	31,4	74,1	25,9	197,5	1,2	5
11	T	30,5	0,0	30,5	100,0	0,0	214,0	3,1	7
11	T	37,6	0,0	37,6	100,0	0,0	236,3	3,1	9
11	T	10,1	0,0	10,1	100,0	0,0	157,0	3,1	6
11	T	32,0	10,4	42,4	75,5	24,5	201,4	1,7	7
11	C	18,0	0,0	18,0	100,0	0,0	225,1	1,7	5
11	C	12,7	0,0	12,7	100,0	0,0	214,3	1,8	6
11	C	12,9	0,0	12,9	100,0	0,0	232,5	1,2	5
11	C	9,4	0,0	9,4	100,0	0,0	255,1	1,0	4
11	C	10,5	0,0	10,5	100,0	0,0	219,7	1,3	5
11	C	18,0	0,0	18,0	100,0	0,0	243,5	1,7	5
11	C	16,9	0,0	16,9	100,0	0,0	231,8	1,5	5
11	C	15,0	4,2	19,1	78,3	21,7	225,7	1,0	5
11	C	14,6	6,0	20,5	71,0	29,0	194,5	1,0	5
11	C	21,5	9,4	30,9	69,5	30,5	208,4	1,4	6
11	C	14,5	7,5	21,9	66,0	34,0	181,5	1,4	6
11	C	22,2	6,8	29,0	76,4	23,6	203,2	1,4	6
11	C	20,7	0,0	20,7	100,0	0,0	231,4	1,9	7
11	C	25,7	0,0	25,7	100,0	0,0	209,2	2,3	8
11	C	28,0	0,0	28,0	100,0	0,0	213,8	2,3	8
11	C	31,6	0,0	31,6	100,0	0,0	259,1	2,6	7
11	C	12,7	2,9	15,6	81,4	18,6	179,7	1,0	6
11	C	23,5	4,6	28,0	83,8	16,2	192,2	1,6	7
11	C	21,9	11,6	33,5	65,5	34,5	200,5	1,6	6
15	T	10,5	0,0	10,5	100,0	0,0	188,9	1,2	6
15	T	8,6	0,0	8,6	100,0	0,0	181,5	1,3	5
15	T	7,2	0,0	7,2	100,0	0,0	144,0	1,2	5
15	T	18,6	0,0	18,6	100,0	0,0	201,1	1,8	7
15	T	11,8	0,0	11,8	100,0	0,0	198,8	1,6	6
15	T	21,2	0,0	21,2	100,0	0,0	202,8	1,8	7
15	T	9,4	0,0	9,4	100,0	0,0	156,1	1,0	6
15	T	12,6	0,0	12,6	100,0	0,0	176,0	1,5	7
15	T	9,4	0,0	9,4	100,0	0,0	156,5	1,3	6
15	T	33,8	9,4	43,2	78,2	21,8	189,7	1,2	7
15	T	30,2	7,3	37,5	80,5	19,5	187,0	1,7	7
15	T	19,6	5,0	24,6	79,7	20,3	160,3	1,3	6
15	T	29,4	9,7	39,1	75,2	24,8	189,9	1,3	7
15	T	39,6	12,0	51,6	76,8	23,2	184,1	1,5	7
15	T	36,2	10,6	46,8	77,4	22,6	199,5	1,4	6
15	T	23,0	8,2	31,1	73,7	26,3	170,4	1,4	5
15	T	23,7	8,2	31,9	74,4	25,6	176,5	1,3	6
15	T	26,1	6,7	32,7	79,6	20,4	174,2	1,4	7
15	T	35,7	10,1	45,7	77,9	22,1	190,5	1,6	6

15	T	22,6	7,3	29,9	75,5	24,5	169,1	1,4	7
15	C	18,6	0,0	18,6	100,0	0,0	200,0	1,4	6
15	C	9,5	0,0	9,5	100,0	0,0	187,0	1,4	4
15	C	11,1	0,0	11,1	100,0	0,0	218,0	1,3	6
15	C	13,1	0,0	13,1	100,0	0,0	171,0	1,4	6
15	C	10,3	0,0	10,3	100,0	0,0	171,0	1,4	5
15	C	11,0	0,0	11,0	100,0	0,0	163,5	1,4	5
15	C	11,3	0,0	11,3	100,0	0,0	193,5	1,2	5
15	C	9,7	0,0	9,7	100,0	0,0	201,0	0,8	5
15	C	22,2	0,0	22,2	100,0	0,0	191,0	2,7	7
15	C	34,2	10,6	44,8	76,3	23,7	172,0	1,7	7
15	C	32,8	8,7	41,5	79,1	20,9	181,5	1,8	6
19	T	9,3	2,7	12,0	77,8	22,2	176,2	1,3	7
19	T	9,2	3,5	12,7	72,6	27,4	194,6	1,0	6
19	T	17,4	8,1	25,4	68,3	31,7	210,0	1,1	6
19	T	25,0	8,4	33,5	74,8	25,2	243,0	1,2	7
19	T	18,9	5,6	24,5	77,2	22,8	228,6	1,3	6
19	T	12,3	4,8	17,1	71,7	28,3	216,3	0,8	5
19	T	29,9	12,5	42,4	70,4	29,6	213,2	1,2	8
19	T	21,8	6,5	28,3	77,0	23,0	202,8	1,0	8
19	T	32,6	3,6	36,2	90,0	10,0	220,5	1,2	7
19	T	26,8	10,8	37,6	71,2	28,8	216,6	0,8	7
19	T	28,9	9,6	38,5	75,0	25,0	216,8	1,1	8
19	T	17,4	7,8	25,3	69,0	31,0	203,8	1,1	8
19	T	19,6	12,5	32,1	61,0	39,0	198,2	1,0	6
19	T	15,1	6,5	21,6	69,8	30,2	187,3	1,0	6
19	C	10,5	4,7	15,2	69,2	30,8	208,8	0,7	6
19	C	11,2	4,5	15,7	71,5	28,5	162,3	1,2	7
19	C	18,6	7,4	26,0	71,5	28,5	186,7	1,7	8
19	C	16,2	8,4	24,6	66,0	34,0	226,0	0,8	7
19	C	9,8	5,0	14,7	66,2	33,8	183,7	0,9	7
19	C	16,4	7,0	23,4	70,0	30,0	210,8	1,0	7
19	C	18,0	7,4	25,4	70,8	29,2	235,5	1,1	6
19	C	10,0	5,2	15,3	65,7	34,3	185,6	1,1	7
19	C	13,6	5,7	19,3	70,4	29,6	224,1	1,3	5
19	C	16,9	7,1	24,0	70,3	29,7	224,3	1,2	7
19	C	17,5	7,3	24,8	70,4	29,6	220,2	1,0	7
19	C	16,4	7,8	24,2	67,6	32,4	186,2	1,1	6
22	T	24,1	10,9	35,0	68,9	31,1	183,0	1,2	7
22	T	32,8	7,8	40,6	80,7	19,3	188,0	1,4	8
22	T	24,3	5,2	29,4	82,5	17,5	194,0	1,5	7
22	T	22,3	7,0	29,4	76,0	24,0	185,0	1,3	7
22	T	24,8	8,2	33,0	75,2	24,8	198,0	1,4	7
22	T	34,0	6,8	40,8	83,3	16,7	213,0	1,4	7
22	T	32,2	8,9	41,1	78,4	21,6	194,0	1,2	7
22	T	22,2	7,0	29,2	76,1	23,9	186,5	1,3	7
22	T	17,8	7,8	25,7	69,6	30,4	187,0	1,1	7
22	T	22,1	10,1	32,1	68,7	31,3	178,0	1,4	7
22	T	19,5	8,3	27,7	70,2	29,8	168,2	1,3	7

22	T	23,2	5,4	28,6	81,0	19,0	189,8	1,3	8
22	T	32,9	5,4	38,3	85,9	14,1	231,3	1,8	8
22	T	22,0	3,6	25,6	86,0	14,0	212,5	1,7	8
22	T	20,9	4,6	25,5	82,1	17,9	194,5	1,8	9
22	T	18,8	5,8	24,6	76,5	23,5	154,2	1,7	10
22	C	14,4	0,0	14,4	100,0	0,0	223,8	1,7	6
22	C	13,7	0,0	13,7	100,0	0,0	242,5	1,4	6
22	C	12,3	0,0	12,3	100,0	0,0	209,4	1,5	6
22	C	15,1	0,0	15,1	100,0	0,0	210,8	1,5	7
22	C	10,2	0,0	10,2	100,0	0,0	214,1	1,3	6
22	C	10,5	0,0	10,5	100,0	0,0	213,0	2,1	7
22	C	4,6	0,0	4,6	100,0	0,0	153,7	1,1	5
22	C	10,2	4,2	14,4	71,1	28,9	182,2	1,2	9
22	C	16,7	4,3	21,1	79,5	20,5	212,9	1,5	7
22	C	14,2	7,3	21,5	66,0	34,0	184,5	1,5	7
22	C	10,9	4,9	15,8	69,0	31,0	164,7	0,9	7
22	C	18,7	3,2	21,9	85,5	14,5	204,2	1,4	8
23	T	18,0	7,7	25,7	70,1	29,9	171,1	1,4	6
23	T	13,0	4,5	17,5	74,2	25,8	155,2	1,2	6
23	T	23,5	6,1	29,5	79,4	20,6	191,7	1,2	8
23	T	22,3	6,3	28,6	77,9	22,1	177,5	1,0	8
23	T	24,2	4,1	28,3	85,5	14,5	185,6	1,5	9
23	T	28,6	7,8	36,4	78,6	21,4	191,8	1,3	8
23	T	22,7	4,5	27,2	83,5	16,5	185,0	1,1	8
23	T	22,5	7,4	29,9	75,2	24,8	188,3	1,2	7
23	T	31,7	6,9	38,5	82,2	17,8	197,0	1,1	8
23	T	22,0	6,1	28,0	78,3	21,7	176,9	1,4	7
23	T	17,7	5,8	23,5	75,4	24,6	161,0	1,3	6
23	T	29,5	6,5	36,0	81,9	18,1	185,5	1,5	7
23	C	13,6	4,7	18,2	74,4	25,6	188,5	1,3	5
23	C	8,7	2,2	10,9	79,9	20,1	170,5	1,0	5
23	C	7,3	3,5	10,8	67,3	32,7	172,2	1,1	4
23	C	11,7	4,8	16,4	71,0	29,0	190,1	1,0	5
23	C	12,6	5,7	18,3	69,0	31,0	207,8	1,0	5
23	C	11,4	4,3	15,7	72,8	27,2	182,0	1,2	5
23	C	7,2	3,7	11,0	65,9	34,1	161,0	1,0	5
23	C	7,3	3,3	10,6	69,0	31,0	178,2	1,0	5
23	C	13,5	5,5	19,0	71,2	28,8	214,2	1,2	6
23	C	19,9	5,5	25,4	78,4	21,6	217,3	1,5	5
23	C	14,9	4,4	19,3	77,4	22,6	202,2	1,0	5
23	C	17,0	6,1	23,1	73,5	26,5	220,5	1,1	6
23	C	13,2	3,9	17,1	77,3	22,7	196,6	1,0	5
23	C	16,6	4,2	20,8	79,6	20,4	202,1	1,0	5

ANNEXE 7

Densité de roseau commun (P) et de quenouilles (Q) dans les sites excavés ou la végétation a été enlevée (Exc.), dans les colonies en compétition adjacentes (Comp) et dans les sites monospécifiques adjacents (Mono). La densité est celle qui a été mesurée en 2006 dans un quadrat circulaire de 0,5 m de rayon et d'une aire de 0,785 m². Les coordonnées géographiques données correspondent à la position exacte des sites excavés. Voir page 41 et suivantes pour la méthodologie.

	Exc. P	Comp. P	Mono. P	Exc. Q	Comp. Q	Mono. Q	Coordonnées	
Site 4-5	21	13	22	26	23	38	45°32,589 N	73°55,986 W
Site 6-7	19	12	26	10	12	26	45°32,539 N	73°56,375 W
Site 10-11	14	3	26	18	7	28	45°32,433 N	73°57,100 W
Site 14-15	15	22	31	8	1	27	45°32,423 N	73°57,163 W
Site 17-19	19	24	26	17	9	19	45°32,163 N	73°57,838 W
Site 21-22	11	8	28	14	10	28	45°32,198 N	73°56,469 W

ANNEXE 8

Données morphologiques brutes pour les tiges de roseau commun provenant de sites excavés (matrice de végétation enlevée) ou témoins (compétition interspécifique) en fossés de drainage. Voir page 41 et suivantes pour la méthodologie.

Bloc	Traitement	Hauteur (cm)	Diamètre (cm)	Nombre de feuilles	Biomasse feuille (g)	Biomasse aérienne totale (g)
45	Excavé	173	0,5	13	1,9	9,5
45	Excavé	206	0,7	15	2,9	15,4
45	Excavé	234	0,8	14	4,4	21,5
45	Excavé	228	0,7	13	4,5	20,8
45	Excavé	253	0,9	12	4,7	28,7
45	Excavé	215	0,7	15	4,0	17,3
45	Excavé	195	0,6	13	2,2	11,3
45	Excavé	149	0,5	9	1,0	6,8
45	Excavé	180	0,6	12	1,5	8,2
45	Excavé	202	0,6	13	2,6	12,5
45	Excavé	178	0,7	14	2,4	11,0
45	Excavé	176	0,6	14	2,4	8,9
45	Témoin	247	0,5	13	3,1	14,0
45	Témoin	263	0,6	17	4,4	19,3
45	Témoin	290	0,7	17	9,6	38,2
45	Témoin	274	0,6	17	6,1	24,5
45	Témoin	265	0,6	13	4,2	18,2
45	Témoin	276	0,7	18	6,5	28,8
45	Témoin	295	0,6	17	8,2	31,9
45	Témoin	261	0,6	16	5,3	19,7
45	Témoin	288	0,7	16	6,3	30,5
45	Témoin	267	0,6	13	4,3	18,5
45	Témoin	289	0,7	14	3,9	18,8
45	Témoin	286	0,8	11	3,1	18,9
67	Excavé	281	0,8	15	12,4	49,0
67	Excavé	316	1,0	14	12,7	58,3
67	Excavé	211	0,6	11	5,6	19,5
67	Excavé	225	0,7	10	3,1	15,6
67	Excavé	229	0,7	12	6,0	25,2
67	Excavé	265	0,7	12	6,2	29,0
67	Excavé	257	0,7	13	7,6	32,5
67	Excavé	233	0,5	12	6,1	22,1
67	Excavé	307	0,9	10	6,5	45,3
67	Excavé	205	0,5	11	4,0	13,6
67	Excavé	226	0,6	14	5,4	14,4
67	Excavé	150	0,3	12	0,7	2,9

67	Témoïn	240	0,8	12	2,5	14,3
67	Témoïn	289	0,7	14	12,8	38,6
67	Témoïn	297	0,9	14	7,4	43,6
67	Témoïn	278	0,7	15	8,2	28,9
67	Témoïn	256	0,6	14	18,5	20,2
67	Témoïn	322	1,0	13	9,9	49,7
67	Témoïn	293	0,7	15	9,7	40,9
67	Témoïn	264	0,7	12	5,4	23,7
67	Témoïn	323	0,8	14	12,9	57,3
67	Témoïn	282	0,7	13	9,0	32,0
67	Témoïn	290	0,6	14	6,3	27,7
67	Témoïn	285	0,8	12	7,4	32,5
1011	Excavé	255	0,8	14	6,9	28,2
1011	Excavé	291	0,9	15	7,8	29,7
1011	Excavé	258	0,7	16	11,1	33,5
1011	Excavé	251	0,6	14	5,2	15,5
1011	Excavé	313	1,0	16	13,3	51,2
1011	Excavé	310	0,9	15	9,3	32,1
1011	Excavé	264	0,7	14	8,6	26,4
1011	Excavé	252	0,7	15	8,9	27,5
1011	Excavé	263	0,7	15	7,4	21,5
1011	Excavé	220	0,6	15	5,9	16,1
1011	Excavé	295	0,8	15	11,7	38,6
1011	Excavé	289	0,8	15	9,0	31,1
1011	Témoïn	279	0,7	18	9,8	26,6
1011	Témoïn	247	0,7	16	11,4	26,8
1011	Témoïn	263	0,7	16	10,0	28,4
1011	Témoïn	231	0,6	12	5,8	16,7
1011	Témoïn	278	0,6	17	11,3	33,4
1011	Témoïn	306	0,7	18	16,9	49,6
1011	Témoïn	265	0,7	17	8,0	25,1
1011	Témoïn	306	1,0	16	14,3	48,0
1011	Témoïn	281	0,9	16	12,9	40,0
1011	Témoïn	292	0,9	16	12,0	40,8
1011	Témoïn	307	0,9	17	17,2	54,2
1011	Témoïn	260	0,7	17	9,2	24,8
1415	Excavé	254	0,7	13	8,5	29,9
1415	Excavé	260	0,7	13	6,8	27,9
1415	Excavé	235	0,6	14	6,9	22,6
1415	Excavé	291	0,8	15	8,0	29,2
1415	Excavé	222	0,6	14	3,5	13,0
1415	Excavé	225	0,7	13	6,4	23,4
1415	Excavé	261	0,7	13	7,9	32,6
1415	Excavé	270	0,8	14	7,9	34,0
1415	Excavé	310	0,8	16	11,2	38,7
1415	Excavé	264	0,8	13	7,0	29,3
1415	Excavé	257	0,7	16	6,2	22,3
1415	Excavé	192	0,5	14	3,9	12,1
1415	Témoïn	261	0,7	13	4,5	24,2

1415	Témoïn	255	0,8	15	7,6	21,6
1415	Témoïn	262	0,7	13	5,7	21,0
1415	Témoïn	225	0,6	14	4,1	20,3
1415	Témoïn	303	1,0	17	10,0	41,1
1415	Témoïn	279	1,0	10	5,9	31,8
1415	Témoïn	240	0,6	13	5,9	32,7
1415	Témoïn	306	0,9	15	8,2	34,8
1415	Témoïn	302	0,8	15	7,5	32,9
1415	Témoïn	242	0,5	13	4,3	11,4
1415	Témoïn	232	0,5	15	4,8	13,3
1415	Témoïn	180	0,8	15	9,2	33,5
1719	Excavé	226	0,8	12	4,8	16,0
1719	Excavé	177	0,5	13	0,4	8,3
1719	Excavé	250	0,8	13	6,3	26,5
1719	Excavé	251	0,8	12	8,0	27,7
1719	Excavé	193	0,7	9	2,3	12,8
1719	Excavé	234	0,6	12	5,8	19,8
1719	Excavé	257	0,9	14	11,1	36,8
1719	Excavé	182	0,6	13	4,2	12,4
1719	Excavé	217	0,7	14	5,9	19,4
1719	Excavé	249	0,8	14	8,0	26,9
1719	Excavé	224	0,6	11	4,2	18,3
1719	Excavé	173	0,5	9	3,4	11,0
1719	Témoïn	291	0,7	14	3,7	22,8
1719	Témoïn	304	0,8	13	4,5	24,8
1719	Témoïn	290	0,7	12	5,6	28,9
1719	Témoïn	304	0,7	13	5,1	28,3
1719	Témoïn	256	0,6	12	4,6	17,5
1719	Témoïn	286	0,7	15	8,3	30,3
1719	Témoïn	269	0,6	16	7,0	21,5
1719	Témoïn	301	0,7	15	5,7	31,1
1719	Témoïn	291	0,8	14	4,8	15,8
1719	Témoïn	276	0,6	14	5,7	21,7
1719	Témoïn	304	0,7	15	5,9	24,6
1719	Témoïn	178	0,7	8	1,3	8,9
2122	Excavé	291	0,8	14	8,5	32,1
2122	Excavé	291	0,8	14	10,0	38,7
2122	Excavé	188	0,5	14	3,8	11,2
2122	Excavé	246	0,7	10	5,0	23,6
2122	Excavé	229	0,5	13	5,0	16,7
2122	Excavé	209	0,5	15	5,2	15,9
2122	Excavé	268	0,7	13	6,6	27,2
2122	Excavé	223	0,7	13	4,3	16,5
2122	Excavé	193	0,5	13	3,9	9,3
2122	Excavé	175	0,5	12	3,0	8,5
2122	Excavé	174	0,5	10	1,7	6,7
2122	Excavé	178	0,6	11	3,5	14,3
2122	Témoïn	208	0,6	11	3,2	11,9
2122	Témoïn	240	0,7	14	9,6	27,8

2122	Témoïn	210	0,6	10	4,3	13,8
2122	Témoïn	218	0,7	11	4,1	17,4
2122	Témoïn	269	0,8	13	9,8	37,4
2122	Témoïn	256	0,7	11	7,8	27,1
2122	Témoïn	296	0,8	16	15,0	42,0
2122	Témoïn	229	0,7	13	7,5	20,6
2122	Témoïn	246	0,6	12	5,2	16,8
2122	Témoïn	219	0,7	12	3,9	14,3
2122	Témoïn	197	0,7	11	6,5	15,5
2122	Témoïn	242	0,6	15	5,3	16,3

ANNEXE 9

Données morphologiques brutes pour les tiges de quenouilles provenant de sites excavés (matrice de végétation enlevée) ou témoin (compétition interspécifique). Voir page 41 et suivantes pour la méthodologie.

Bloc	Traitement	Hauteur (cm)	Diamètre (cm)	Nombre de feuilles	Biomasse aérienne (feuilles) (g)
45	Excavé	145	0,8	7	5,7
45	Excavé	156	1,7	5	12,0
45	Excavé	226	2,0	10	54,5
45	Excavé	163	1,0	6	9,0
45	Excavé	121	1,1	5	4,1
45	Excavé	167	1,9	7	15,2
45	Excavé	187	1,5	7	26,9
45	Excavé	145	1,2	6	8,3
45	Excavé	206	1,5	5	29,2
45	Excavé	151	0,9	5	7,0
45	Excavé	158	0,9	7	7,7
45	Excavé	252	1,5	6	21,5
45	Témoin	226	1,2	5	16,1
45	Témoin	233	1,5	6	19,9
45	Témoin	255	1,8	7	27,2
45	Témoin	248	1,4	7	23,0
45	Témoin	273	1,5	6	27,8
45	Témoin	242	1,8	8	35,1
45	Témoin	248	1,5	7	27,3
45	Témoin	251	1,9	7	27,2
45	Témoin	249	1,4	6	22,9
45	Témoin	246	1,1	5	12,4
45	Témoin	231	1,1	5	15,1
45	Témoin	202	0,9	5	7,0
67	Excavé	160	0,9	5	8,3
67	Excavé	120	1,5	5	4,8
67	Excavé	175	1,3	7	15,0
67	Excavé	166	1,5	5	12,0
67	Excavé	196	1,9	8	35,8
67	Excavé	145	1,1	5	7,0
67	Excavé	166	1,4	5	11,7
67	Excavé	168	1,2	6	11,6
67	Excavé	168	1,4	6	12,2
67	Excavé	160	1,3	6	12,4
67	Excavé	139	0,8	5	5,3
67	Excavé	104	1,1	4	3,1
67	Témoin	213	1,5	6	21,2

67	Témoïn	200	1,2	6	15,3
67	Témoïn	197	1,2	6	13,2
67	Témoïn	221	1,5	7	22,2
67	Témoïn	190	1,5	6	11,4
67	Témoïn	184	1,5	6	19,6
67	Témoïn	188	1,5	6	16,2
67	Témoïn	209	1,5	7	27,3
67	Témoïn	237	1,8	9	54,6
67	Témoïn	216	1,5	6	22,5
67	Témoïn	218	1,4	6	19,2
67	Témoïn	225	1,3	5	11,1
1011	Excavé	230	1,8	8	44,5
1011	Excavé	280	1,9	7	53,1
1011	Excavé	271	1,8	7	43,7
1011	Excavé	247	1,8	8	41,2
1011	Excavé	280	2,1	9	84,6
1011	Excavé	174	1,4	6	20,0
1011	Excavé	245	1,5	7	42,7
1011	Excavé	272	2,0	9	71,2
1011	Excavé	171	1,3	4	9,2
1011	Excavé	261	2,5	9	82,9
1011	Excavé	193	1,1	7	17,6
1011	Excavé	226	1,4	4	16,5
1011	Témoïn	246	1,7	8	41,4
1011	Témoïn	189	1,2	5	14,3
1011	Témoïn	228	1,5	6	24,4
1011	Témoïn	216	1,4	7	24,0
1011	Témoïn	187	1,7	7	26,0
1011	Témoïn	213	1,8	7	34,0
1011	Témoïn	258	2,0	9	65,9
1011	Témoïn	171	1,4	5	14,2
1011	Témoïn	281	2,0	9	83,6
1011	Témoïn	226	1,5	7	25,6
1011	Témoïn	173	1,7	5	16,7
1011	Témoïn	258	1,6	7	39,5
1415	Excavé	181	1,4	7	17,4
1415	Excavé	154	1,8	7	18,2
1415	Excavé	190	1,1	7	18,4
1415	Excavé	197	1,5	8	31,5
1415	Excavé	176	0,8	5	8,9
1415	Excavé	207	1,4	6	16,6
1415	Excavé	225	2,0	8	43,3
1415	Excavé	200	2,0	10	44,6
1415	Excavé	216	2,0	7	39,7
1415	Excavé	209	2,0	5	33,4
1415	Excavé	224	2,1	9	42,6
1415	Excavé	167	1,3	5	9,6
1415	Témoïn	185	1,1	6	13,2
1415	Témoïn	195	1,1	6	15,5

1415	Témoïn	184	1,2	5	11,6
1415	Témoïn	245	1,3	6	20,6
1415	Témoïn	196	1,4	7	26,6
1415	Témoïn	168	1,0	6	10,6
1415	Témoïn	213	1,6	7	30,6
1415	Témoïn	192	1,1	5	9,7
1415	Témoïn	195	1,5	6	21,9
1415	Témoïn	177	1,6	6	53,0
1415	Témoïn	194	1,9	5	30,4
1415	Témoïn	181	1,0	6	10,4
1719	Excavé	214	1,5	5	12,7
1719	Excavé	247	1,8	7	37,9
1719	Excavé	213	1,1	7	25,1
1719	Excavé	245	1,2	6	24,7
1719	Excavé	140	1,3	4	31,8
1719	Excavé	189	1,1	6	15,7
1719	Excavé	207	1,1	5	31,9
1719	Excavé	203	1,4	6	18,7
1719	Excavé	207	1,2	7	25,5
1719	Excavé	185	0,9	6	13,3
1719	Excavé	185	0,8	5	10,2
1719	Excavé	171	1,0	6	10,0
1719	Témoïn	217	1,4	5	14,6
1719	Témoïn	239	1,2	7	23,0
1719	Témoïn	247	1,7	7	31,5
1719	Témoïn	212	1,3	5	13,4
1719	Témoïn	235	1,1	5	16,0
1719	Témoïn	261	1,2	6	21,0
1719	Témoïn	235	1,2	6	17,3
1719	Témoïn	234	1,5	6	24,0
1719	Témoïn	248	1,3	5	23,1
1719	Témoïn	278	1,9	9	45,7
1719	Témoïn	276	1,6	7	29,3
1719	Témoïn	255	1,5	7	22,5
2122	Excavé	225	1,7	9	46,8
2122	Excavé	227	1,5	6	31,7
2122	Excavé	206	1,7	9	40,3
2122	Excavé	203	1,4	8	30,9
2122	Excavé	227	1,5	7	29,5
2122	Excavé	192	1,5	7	24,4
2122	Excavé	174	1,2	7	17,3
2122	Excavé	238	1,2	7	25,8
2122	Excavé	196	1,5	8	29,2
2122	Excavé	217	1,4	9	38,1
2122	Excavé	162	1,0	5	10,2
2122	Excavé	203	1,5	6	17,2
2122	Témoïn	219	1,4	5	14,7
2122	Témoïn	239	2,0	8	50,5
2122	Témoïn	191	1,5	6	18,5

2122	Témoïn	200	1,2	7	28,4
2122	Témoïn	200	1,0	5	12,4
2122	Témoïn	201	1,2	5	17,0
2122	Témoïn	201	1,6	5	25,4
2122	Témoïn	266	1,4	5	26,5
2122	Témoïn	256	1,4	7	37,7
2122	Témoïn	259	1,8	7	45,0
2122	Témoïn	215	1,2	8	28,7
2122	Témoïn	257	1,7	9	61,0

ANNEXE 10

Données brutes pour le roseau commun dans l'expérience en bassins. Voir page 43 et suivantes pour la méthodologie.

Bassin	1	3	5	7	9	4	8
Traitement	C	C	C	C	C	T	T
Densité (tige/m ²)	96	72	68	93	40	241	293
Ratio Biom. Sout/Aéri	0,47	0,41	0,37	0,47	0,22	0,22	0,31
Biom. feuil. par bassin (g)	203,18	167,47	137,77	199,93	89,86	431,80	487,75
Biom. tige par bassin (g)	491,46	382,68	420,85	158,73	230,2	971,56	1097,43
Biom inflo. par bassin (g)	104,31	60,12	45,53	111,08	27,59	138,79	156,78
Biom. rac. par bassin (g)	123,13	95,66	56,46	143,25	32,50	111,08	220,77
Biom rhiz. par bassin (g)	253,94	152,99	170,05	260,61	45,64	164,19	375,42
Biom. tot par bassin (g)	1176,03	858,92	830,66	1254,59	425,80	1874,01	2281,57
Biom. feuil. par tige (g)	2,12	2,33	2,03	2,05	2,25	1,79	1,66
Biom. tige par tige (g)	5,12	5,31	6,19	5,90	5,76	4,03	3,75
Biom. inflo. par tige (g)	1,09	0,83	0,67	1,19	0,69	0,58	0,54
Biom. rac. par tige (g)	1,28	1,33	0,83	1,54	0,81	0,46	0,56
Biom. rhiz. par tige (g)	2,65	2,12	2,50	2,80	1,14	0,92	1,28
Biom. tot. par tige (g)	12,25	11,93	12,22	13,49	10,65	7,78	7,79
Hauteur (cm)	156,76	175,46	176,75	167,18	174,28	162,80	155,15
Alloc. biom. feuil. (%)	17,28	19,50	16,59	15,22	21,10	23,04	21,38
Alloc. Biom. tige (%)	41,79	44,55	50,66	43,74	54,06	51,84	48,10
Alloc. biom. inflo (%)	8,87	7,00	5,48	8,85	6,48	7,41	6,87
Alloc. biom. rac. (%)	10,47	11,14	6,80	11,42	7,63	5,93	7,20
Alloc. biom. rhiz. (%)	21,59	17,81	20,47	20,77	10,72	11,78	16,45

ANNEXE 11

Données brutes pour les quenouilles dans l'expérience en bassins. Voir page 43 et suivantes pour la méthodologie.

Bassin	1	3	5	7	9	2	6
Traitement	C	C	C	C	C	T	T
Densité (tige/m ²)	33	27	17	14	20	110	109
Ratio Biom. Sout/Aéri	0,75	0,93	1,6	2,01	1,39	0,35	0,75
Biom. feuil. par bassin (g)	268,78	226,69	185,42	155,67	195,93	1645,78	1079,02
Biom inflo. par bassin (g)	42,85	23,55	2,36	18,27	10,24	119,08	34,26
Biom. rac. par bassin (g)	60,12	71,04	63,71	81,72	52,95	147,87	141,66
Biom rhiz. par bassin (g)	172,36	161,82	235,91	267,51	296,14	467,45	693,96
Biom. tot par bassin (g)	544,11	483,10	487,40	523,17	555,25	2380,18	1948,89
Biom. feuil. par tige (g)	8,14	8,40	10,91	11,12	9,80	14,96	9,90
Biom. inflo. par tige (g)	1,30	0,87	0,14	1,31	0,51	1,08	0,31
Biom. rac. par tige (g)	1,82	2,63	3,75	5,84	2,65	1,34	1,30
Biom. rhiz. par tige (g)	5,22	5,99	13,88	19,11	14,81	4,25	6,37
Biom. tot. par tige (g)	16,49	17,89	28,67	37,37	27,76	21,64	17,88
Hauteur (cm)	134,70	134,30	129,71	134,07	127,25	165,11	147,21
Alloc. biom. feuil. (%)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Alloc. biom. inflo (%)	7,88	4,87	0,48	3,49	1,84	5,00	1,76
Alloc. biom. rac. (%)	11,05	14,70	13,07	15,62	9,54	6,21	7,27
Alloc. biom. rhiz. (%)	31,68	33,50	48,40	51,13	53,33	19,64	35,61

ANNEXE 12

Données morphologiques brutes pour les tiges de roseau commun provenant de l'expérience en pot selon le traitement (T: monospécifique; C: compétition interspécifique). Voir page 46 et suivantes pour la méthodologie.

Bloc	Pot	Trait.	Biom. feuille (g)	Hauteur (cm)	Diamètre (cm)	Nbre feuilles	Nbre nœuds	Biom. tige (g)	EN1 (cm)	EN2 (cm)	EN3 (cm)	EN4 (cm)	EN5 (cm)
1	3	T	0,33	53,0	0,30	8	7	0,30	8,0	8,0	8,0	6,0	6,0
1	3	T	0,20	34,0	0,30	8	7	0,15	2,5	5,0	6,5	6,0	5,0
1	3	T	0,31	55,0	0,30	14	12	0,24	4,0	4,0	6,5	5,5	6,0
1	3	T	0,28	49,0	0,13	20	15	0,19	3,5	4,0	6,0	2,0	4,5
1	3	T	0,25	47,5	0,19	17	15	0,15	5,0	4,0	3,5	2,0	2,0
1	3	T	0,11	36,0	0,08	19	21	0,08	2,0	2,0	3,0	3,5	3,0
1	3	T	0,34	52,5	0,15	17	16	0,21	4,0	3,5	3,0	1,5	2,5
1	3	T	0,23	43,0	0,25	12	12	0,16	3,5	3,0	4,5	4,0	4,5
1	3	T	0,11	33,0	0,10	19	20	0,07	2,0	2,7	2,5	2,0	2,3
1	3	T	0,00	49,5	0,25	2	11	0,03	1,6	4,3	5,7	12,3	4,0
1	3	T	0,32	30,0	0,20	11	7	0,23	1,8	2,5	2,6	2,2	2,0
1	1	C	0,16	36,0	0,20	8	6	0,11	5,0	8,0	6,0	4,0	7,0
1	1	C	0,18	34,0	0,10	11	9	0,09	4,0	4,0	4,5	4,3	3,2
1	1	C	0,07	25,5	0,10	12	10	0,04	2,8	3,5	3,5	2,5	2,1
1	1	C	0,08	28,0	0,10	15	13	0,04	1,4	2,8	3,2	3,8	3,8
1	1	C	0,05	22,4	0,10	11	10	0,04	3,0	2,8	2,2	1,5	2,5
1	1	C	0,04	17,0	0,05	13	13	0,02	1,5	1,5	1,0	1,5	2,5
1	2	C	0,13	33,0	0,20	8	6	0,10	3,7	5,8	5,0	6,0	10,0
1	2	C	0,18	41,3	0,20	12	11	0,14	3,3	4,7	6,0	4,3	4,5
1	2	C	0,06	20,5	0,10	13	12	0,03	2,0	2,0	2,0	1,0	2,8
1	2	C	0,12	28,0	0,10	14	9	0,06	3,0	3,5	3,3	3,7	3,7
2	2	T	0,66	69,2	0,30	15	15	0,66	2,9	5,6	8,8	8,1	8,0
2	2	T	0,52	51,5	0,20	9	10	0,42	3,8	6,1	6,9	6,6	7,0
2	2	T	0,72	68,1	0,40	11	13	0,61	4,7	6,9	8,6	8,0	6,9
2	2	T	0,68	40,9	0,20	15	12	0,45	3,2	4,5	4,7	5,0	4,3
2	2	T	0,10	29,6	0,21	2	8	0,17	1,3	1,6	3,1	4,4	6,1
2	2	T	0,38	55,6	0,20	21	20	0,22	2,2	4,5	4,9	3,4	2,8
2	2	T	0,09	15,6	0,11	6	7	0,05	2,9	2,7	1,8	1,5	3,5
2	1	C	0,91	81,8	0,30	21	20	0,58	5,8	6,4	7,3	5,8	5,4
2	1	C	0,73	52,6	0,25	12	11	0,45	5,9	5,2	6,6	6,5	6,6
2	1	C	0,51	66,2	0,20	22	21	0,27	3,9	4,7	4,4	3,8	3,1
2	1	C	0,34	30,0	0,35	7	7	0,29	1,3	2,1	4,4	8,4	9,0
2	1	C	0,54	40,4	0,30	9	8	0,34	4,5	6,7	7,1	8,1	7,7
2	1	C	0,83	63,2	0,25	14	13	0,48	3,4	5,8	6,7	6,7	7,1
2	1	C	1,13	65,0	0,30	15	15	1,26	6,3	9,2	9,0	6,5	5,5
2	1	C	0,14	29,1	0,20	14	12	0,06	3,0	2,6	3,2	2,9	3,0
2	1	C	0,19	17,1	0,30	6	5	0,25	5,3	6,8	2,4	0,3	0,0
2	1	C	0,27	22,0	0,30	6	7	0,21	2,1	4,1	7,0	6,0	1,8

2	3	C	0,52	52,2	0,18	20	19	0,17	3,2	5,2	4,7	3,9	3,9
2	3	C	0,37	58,4	0,15	13	17	0,26	1,0	3,3	4,7	6,4	5,4
2	3	C	0,46	62,1	0,14	19	19	0,36	1,1	2,3	4,3	6,3	5,4
2	3	C	0,43	57,4	0,20	10	14	0,48	1,1	0,8	4,2	6,8	8,8
2	3	C	0,13	21,3	0,08	9	10	0,09	0,8	1,1	2,5	4,6	5,4
2	3	C	0,31	29,3	0,12	11	8	0,13	1,4	3,1	4,8	5,7	3,9
2	3	C	0,10	45,9	0,10	19	21	0,12	3,6	4,1	3,8	2,8	2,7
2	3	C	0,19	34,4	0,10	10	11	0,12	2,6	4,5	5,7	2,2	3,4
2	3	C	0,05	24,1	0,07	14	17	0,06	2,9	1,2	1,7	1,9	1,7
2	3	C	0,07	20,1	0,12	4	9	0,09	1,1	1,1	1,1	1,3	2,8
3	3	T	0,74	83,5	0,35	11	18	1,03	1,7	1,6	3,5	7,2	9,3
3	3	T	0,26	47,4	0,12	15	18	0,17	2,2	3,1	9,5	4,2	4,9
3	3	T	0,44	53,4	0,20	12	13	0,32	1,6	3,4	5,2	5,2	5,4
3	3	T	0,29	53,5	0,09	18	17	0,22	2,5	4,3	5,0	4,0	3,1
3	3	T	0,49	51,0	0,25	9	10	0,39	1,7	2,9	6,1	8,3	8,4
3	3	T	0,48	55,5	0,30	8	11	0,40	0,9	1,5	3,9	6,8	8,7
3	3	T	0,53	57,0	0,18	16	15	0,47	1,7	4,8	6,5	8,0	5,9
3	3	T	0,40	53,4	0,11	19	18	0,24	3,9	5,9	5,5	4,5	4,0
3	3	T	0,18	54,5	0,20	9	11	0,22	2,7	4,2	6,1	5,7	6,5
3	3	T	0,14	24,5	0,25	6	9	0,08	1,2	0,9	1,3	2,6	2,7
3	3	T	0,12	26,7	0,10	13	12	0,06	1,2	1,4	2,0	2,5	3,0
3	3	T	0,15	18,7	0,10	6	10	0,07	1,0	2,5	2,8	2,7	3,0
3	1	C	0,49	87,0	0,20	15	23	0,26	1,0	4,1	5,4	6,5	7,0
3	1	C	0,49	69,5	0,22	11	12	0,31	1,7	10,0	7,5	7,1	7,8
3	1	C	0,93	59,1	0,25	9	13	0,70	0,7	1,6	3,1	5,3	7,5
3	1	C	0,35	55,4	0,12	21	22	0,28	1,2	2,6	3,8	5,1	4,2
3	1	C	0,22	73,5	0,28	14	17	0,16	1,3	2,5	5,5	8,8	10,4
3	1	C	0,71	47,5	0,18	11	11	0,32	2,5	4,4	4,9	5,8	6,1
3	1	C	0,49	64,2	0,23	10	12	0,33	2,0	4,7	6,5	7,2	12,3
3	1	C	0,84	40,8	0,12	10	12	1,26	1,0	2,4	4,1	4,4	4,6
3	1	C	0,79	30,3	0,10	8	14	0,84	1,3	2,5	3,2	2,6	2,5
3	1	C	0,55	60,6	0,21	10	14	0,51	1,3	2,6	5,2	3,8	5,8
3	2	C	0,60	41,0	0,20	10	10	0,56	2,3	3,9	4,8	5,1	5,8
3	2	C	0,75	49,9	0,30	12	13	0,57	1,1	2,5	4,8	6,8	6,3
3	2	C	0,45	59,9	0,30	14	16	0,41	1,2	2,1	3,9	6,3	8,0
3	2	C	0,41	41,2	0,20	9	10	0,30	1,0	2,3	3,8	6,0	8,0
3	2	C	0,66	32,7	0,20	7	9	0,65	1,7	3,5	4,5	4,1	4,3
3	2	C	0,42	68,0	0,20	23	21	0,25	4,1	5,2	4,2	3,5	3,0
3	2	C	0,46	48,3	0,30	12	11	0,37	1,7	3,0	5,1	5,5	5,1
3	2	C	0,14	67,6	0,30	16	18	0,10	2,4	4,8	8,0	11,0	6,3
3	2	C	0,11	74,6	0,30	22	21	0,11	4,7	6,3	5,9	5,9	5,5
3	2	C	0,47	49,9	0,40	10	9	0,34	3,7	6,5	7,7	9,8	10,5
3	2	C	0,64	65,5	0,20	19	17	0,84	3,5	5,1	5,8	5,4	5,5
3	2	C	0,54	46,5	0,40	11	10	0,45	3,4	6,7	8,8	9,4	7,2
3	2	C	0,35	42,3	0,40	7	13	0,34	1,3	1,7	1,6	1,4	1,2
3	2	C	0,38	29,9	0,30	7	9	0,27	1,1	1,8	2,9	5,3	5,9
3	2	C	0,55	45,9	0,30	9	12	0,44	1,0	1,3	2,3	3,9	6,8
3	2	C	0,22	26,3	0,25	8	11	0,15	0,6	0,9	0,8	1,2	2,7
3	2	C	0,19	19,6	0,35	5	5	0,20	4,5	7,1	5,0	0,8	0,0

3	2	C	0,17	23,7	0,30	6	7	0,14	1,6	2,6	5,4	8,4	3,8
3	2	C	0,17	27,9	0,20	9	9	0,08	2,4	3,5	3,5	3,1	3,4
4	2	T	0,38	63,0	0,20	12	14	0,46	2,9	2,9	7,5	7,5	6,7
4	2	T	0,21	31,2	0,20	9	9	0,14	6,1	3,9	3,5	3,0	2,8
4	2	T	0,23	43,2	0,16	10	11	0,25	3,9	4,9	5,7	5,5	4,7
4	2	T	0,46	63,6	0,11	21	21	0,27	1,9	3,3	4,5	4,1	5,1
4	2	T	0,37	55,4	0,20	12	14	0,32	4,7	7,1	7,8	7,9	5,8
4	2	T	0,46	61,7	0,19	17	18	0,36	2,0	4,5	6,1	5,7	6,1
4	2	T	0,13	33,1	0,08	13	20	0,09	4,3	2,2	1,4	2,2	2,5
4	3	C	0,35	55,2	0,18	16	16	0,24	2,3	4,0	4,0	4,8	4,4
4	3	C	0,27	61,0	0,20	17	17	0,39	3,5	4,7	5,2	4,2	3,2
4	3	C	0,25	52,4	0,20	18	20	0,18	1,2	2,8	3,9	5,0	3,7
4	3	C	0,23	47,0	0,13	17	17	0,15	2,9	4,2	3,7	2,7	2,6
4	3	C	0,19	49,0	0,15	9	10	0,27	7,1	8,5	6,1	6,5	6,8
4	3	C	0,27	46,1	0,30	8	12	0,24	1,0	2,2	5,0	6,8	5,8
4	3	C	0,14	33,7	0,12	18	18	0,09	3,1	2,8	2,1	2,1	3,1
4	4	C	0,59	68,6	0,22	16	19	0,38	0,9	1,5	3,1	5,4	6,1
4	4	C	0,30	48,8	0,25	11	12	0,25	1,3	2,1	5,1	6,8	7,2
4	4	C	0,24	47,3	0,11	16	19	0,15	4,0	5,0	3,1	3,6	3,1
4	4	C	0,12	33,9	0,09	20	23	0,04	2,0	2,6	2,1	1,3	2,1
5	2	T	0,36	53,4	0,18	12	13	0,23	2,2	4,7	5,9	5,2	6,0
5	2	T	0,32	41,8	0,18	15	14	0,17	1,7	2,9	3,6	3,3	2,9
5	2	T	0,10	24,8	0,28	5	7	0,11	0,7	1,9	2,0	4,8	4,7
5	2	T	0,22	45,4	0,09	19	20	0,10	1,9	2,7	3,6	3,0	3,5
5	2	T	0,28	43,4	0,14	8	11	0,20	1,5	3,5	4,9	7,1	5,9
5	2	T	0,04	19,1	0,09	11	11	0,04	2,3	2,5	2,4	1,6	1,7
5	2	T	0,16	20,4	0,20	4	5	0,13	1,7	3,4	5,7	8,4	0,0
5	3	C	0,23	41,8	0,15	10	12	0,16	4,2	6,1	6,8	6,7	5,2
5	3	C	0,27	34,1	0,20	9	8	0,21	5,1	7,6	8,1	3,7	3,8
5	3	C	0,18	48,2	0,18	14	20	0,11	1,9	2,2	2,4	2,3	2,6
5	3	C	0,21	28,8	0,12	17	14	0,07	2,6	2,2	1,2	1,5	1,8
5	3	C	0,04	21,5	0,10	12	14	0,03	1,4	1,8	1,5	2,2	2,4
5	3	C	0,05	19,5	0,13	10	11	0,03	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2
5	3	C	0,04	15,7	0,09	7	12	0,03	1,7	2,1	2,0	1,9	1,9
5	4	C	0,32	47,8	0,18	10	12	0,24	2,1	3,5	3,8	4,5	6,5
5	4	C	0,13	32,9	0,10	16	17	0,06	3,9	2,7	0,6	2,7	1,7
5	4	C	0,16	34,2	0,18	10	14	0,13	3,2	2,8	4,2	3,3	2,6
5	4	C	0,09	26,8	0,10	17	19	0,06	0,7	1,9	2,2	2,5	2,3
5	4	C	0,27	44,8	0,20	8	9	0,23	5,7	7,1	7,8	3,3	4,6
5	4	C	0,24	31,3	0,12	5	6	0,18	7,5	3,6	2,7	7,8	0,0
5	4	C	0,04	20,5	0,12	5	4	0,03	1,6	5,3	9,6	4,0	0,0
5	4	C	0,05	15,9	0,10	3	4	0,04	10,4	3,8	1,2	0,0	0,0
7	1	T	0,62	57,4	0,30	13	14	0,56	3,7	5,7	6,5	7,5	6,6
7	1	T	0,26	32,4	0,20	8	8	0,15	1,9	4,7	5,4	6,3	6,5
7	1	T	0,54	45,5	0,40	9	10	0,39	1,8	4,0	6,1	7,6	7,4
7	1	T	0,34	26,1	0,20	12	11	0,11	3,9	4,0	4,2	2,6	2,9
7	1	T	0,18	20,2	0,30	8	8	0,13	1,2	2,9	5,1	6,9	2,8
7	1	T	0,54	42,8	0,30	10	11	0,30	3,2	4,8	6,3	5,4	5,1
7	1	T	0,73	59,4	0,20	14	12	0,50	6,4	7,9	7,5	6,1	6,0

7	1	T	0,29	45,1	0,10	16	14	0,18	3,7	4,0	4,5	4,7	4,4
7	1	T	0,36	30,7	0,20	8	8	0,27	2,3	4,5	6,9	5,8	5,6
7	1	T	0,20	17,8	0,20	6	5	0,11	5,1	6,7	3,2	0,7	
7	1	T	0,33	54,1	0,10	21	20	0,22	2,7	5,0	4,7	5,6	5,5
7	1	T	0,10	25,3	0,10	20	20	0,03	2,0	1,7	1,4	1,0	1,3
7	2	C	0,96	81,3	0,25	20	21	1,17	2,9	6,0	7,5	8,5	9,5
7	2	C	1,23	89,4	0,30	18	18	1,12	5,5	7,3	11,1	8,3	5,4
7	2	C	0,26	50,2	0,15	19	18	0,16	5,2	5,5	4,3	4,3	4,3
7	2	C	0,62	61,3	0,30	10	12	0,62	2,4	4,9	8,0	7,4	9,0
7	2	C	0,47	40,4	0,40	7	12	0,41	1,0	0,9	1,1	2,0	4,0
7	2	C	0,82	64,2	0,30	14	14	0,57	4,3	7,5	8,9	8,5	7,0
7	2	C	0,57	45,5	0,20	11	9	0,33	4,2	6,4	6,7	7,2	6,6
7	2	C	0,74	70,7	0,20	19	22	0,62	2,1	4,1	5,9	13,7	6,5
7	2	C	0,52	51,8	0,30	12	11	0,32	4,5	5,9	7,2	6,3	6,6
7	2	C	0,56	56,3	0,40	13	14	0,75	1,9	3,3	6,1	8,3	9,1
7	2	C	0,56	51,5	0,30	11	12	0,33	2,9	5,3	5,8	5,7	5,7
7	2	C	0,36	44,7	0,30	11	11	0,29	3,5	7,4	7,6	4,9	6,3
7	2	C	0,10	14,4	0,30	7	8	0,10	0,9	0,9	0,8	1,8	3,2
7	2	C	0,23	46,5	0,10	19	17	0,14	2,7	4,0	5,1	5,8	4,1
7	2	C	0,16	44,0	0,10	26	23	0,08	2,7	2,8	2,4	1,9	3,0
7	3	C	0,25	48,2	0,10	11	12	0,21	1,0	1,9	3,3	4,0	5,1
7	3	C	0,48	39,9	0,25	11	11	0,22	1,7	3,6	6,1	5,3	5,0
7	3	C	0,50	48,1	0,25	11	12	0,41	1,6	3,9	7,1	9,4	7,7
7	3	C	0,64	59,8	0,20	17	17	0,54	3,0	6,5	8,5	8,5	3,5
7	3	C	0,16	41,3	0,10	24	23	0,07	2,3	2,2	1,5	2,1	3,0
7	3	C	0,19	44,7	0,10	28	19	0,09	1,0	2,1	2,5	2,7	3,2
7	3	C	0,24	27,2	0,20	8	7	0,12	5,2	5,6	5,3	4,9	3,4
7	3	C	0,23	27,0	0,30	7	6	0,18	6,9	7,0	5,8	5,8	0,5
8	2	T	0,34	46,8	0,30	7	13	0,34	1,0	2,3	3,1	5,7	7,4
8	2	T	0,50	53,2	0,28	9	11	0,40	1,9	2,1	5,1	6,9	7,4
8	2	T	0,49	47,5	0,30	10	13	0,23	1,2	2,8	5,4	5,4	5,4
8	2	T	0,60	72,6	0,30	12	17	0,67	0,9	1,3	2,2	4,5	8,1
8	2	T	0,47	69,3	0,33	8	13	0,54	1,7	3,6	6,5	8,2	8,1
8	2	T	0,65	71,2	0,20	20	24	0,40	1,3	1,9	3,2	5,0	4,9
8	2	T	0,64	74,1	0,22	12	16	0,49	2,3	5,5	8,9	6,7	6,7
8	2	T	0,32	57,1	0,18	10	16	0,45	2,3	4,2	5,2	5,4	3,9
8	2	T	0,41	46,2	0,31	8	11	0,31	2,5	4,5	5,9	5,9	6,8
8	2	T	0,41	61,3	0,20	13	17	0,39	3,1	5,6	6,0	6,0	7,5
8	2	T	0,04	16,3	0,08	10	11	0,01	1,3	1,2	1,9	1,9	1,7
8	2	T	0,12	36,6	0,18	16	19	0,07	1,2	1,5	1,1	2,1	2,5
8	1	C	0,80	63,6	0,30	12	12	0,70	5,6	6,4	6,7	8,4	8,0
8	1	C	0,82	75,1	0,20	18	18	0,77	2,5	5,0	7,0	7,1	6,4
8	1	C	0,42	55,3	0,15	21	20	0,23	3,4	3,8	4,5	4,3	4,4
8	1	C	0,55	55,7	0,20	15	15	0,43	2,9	5,9	9,6	9,7	6,3
8	1	C	0,67	62,6	0,25	13	14	0,52	4,7	7,5	7,9	7,1	6,4
8	1	C	0,42	33,8	0,40	8	8	0,34	1,8	4,0	6,3	8,3	7,9
8	1	C	0,55	42,4	0,40	10	10	0,40	1,4	2,8	5,9	7,5	7,7
8	1	C	0,33	38,9	0,20	11	10	0,24	4,0	6,2	6,4	7,4	5,0
8	3	C	0,10	26,0	0,30	5	6	0,03	1,3	3,3	5,5	3,6	8,8

8	3	C	0,02	21,2	0,15	5	5	0,04	2,0	3,3	6,2	9,0	0,0
8	3	C	0,22	51,5	0,20	10	9	0,11	3,3	15,2	5,6	4,8	5,2
8	3	C	0,41	31,5	0,40	9	8	0,30	2,6	5,0	5,0	5,4	4,1
8	3	C	0,38	55,4	0,17	11	12	0,35	2,0	5,1	7,5	6,9	5,1
8	3	C	0,45	51,2	0,18	19	15	0,26	1,7	2,9	3,5	3,8	4,4
8	3	C	0,41	52,0	0,20	10	11	0,22	4,7	4,1	5,7	6,7	5,7
8	3	C	0,33	58,2	0,13	21	19	0,21	3,8	4,3	2,5	4,2	4,6
8	3	C	0,52	49,0	0,20	10	13	0,32	2,4	6,4	6,8	6,5	4,8
8	3	C	0,02	58,0	0,25	21	18	0,01	2,2	4,3	4,4	3,2	2,5
9	4	T	0,57	30,0	0,25	9	6	0,59	2,4	4,2	6,4	8,7	7,5
9	4	T	1,09	57,5	0,25	20	11	0,73	4,5	5,9	7,0	7,6	6,1
9	4	T	0,57	63,0	0,30	10	11	0,53	11,5	10,0	8,8	6,7	6,5
9	4	T	0,50	62,8	0,20	20	18	0,35	4,3	6,4	5,5	6,0	5,0
9	4	T	0,28	35,6	0,15	7	9	0,20	3,6	4,9	5,6	4,4	4,8
9	4	T	0,44	62,8	0,20	12	11	0,62	7,0	8,0	8,2	8,1	7,7
9	4	T	0,38	50,0	0,20	8	11	0,34	3,9	6,6	6,4	6,9	6,2
9	4	T	0,26	33,8	0,13	7	8	0,19	7,1	2,8	6,1	5,3	3,4
9	4	T	0,48	67,0	0,30	14	12	0,67	3,0	5,5	10,0	10,0	9,0
9	4	T	0,44	53,0	0,35	8	9	0,40	3,5	5,5	7,5	7,5	7,0
9	4	T	0,54	64,0	0,20	14	13	0,37	5,8	6,4	6,6	6,5	4,5
9	4	T	0,53	59,0	0,25	15	13	0,35	4,0	5,0	6,8	5,2	5,0
9	4	T	0,48	62,0	0,17	17	15	0,36	3,7	5,5	6,0	5,0	6,0
9	4	T	0,35	52,0	0,12	20	16	0,22	2,0	4,9	5,4	5,0	3,0
9	4	T	0,28	52,0	0,12	16	15	0,19	4,3	5,0	5,0	4,0	4,0
9	4	T	0,30	47,0		10	9	0,22	6,9	7,0	6,0	6,0	5,0
9	4	T	0,35	56,0	0,11	20	19	0,22	4,4	5,6	5,5	4,2	3,2
9	4	T	0,26	27,5	0,40	6	5	0,13	6,8	5,0	2,0	8,5	0,0
9	4	T	0,15	21,5	0,30	5	5	0,12	5,0	3,0	4,0	4,0	0,0
9	4	T	0,11	16,5	0,20	4	4	0,10	5,3	1,2	6,5	0,0	0,0
9	1	C	0,39	36,3	0,20	9	11	0,25	0,9	2,4	3,6	5,9	6,2
9	1	C	0,38	43,2	0,20	12	11	0,26	1,5	4,0	5,5	5,4	6,1
9	1	C	0,48	44,1	0,20	13	11	0,26	6,4	6,8	5,8	4,4	4,5
9	1	C	0,45	49,9	0,20	12	13	0,54	2,0	3,6	6,6	8,2	7,9
9	1	C	0,39	31,4	0,20	9	8	0,18	4,2	5,1	5,7	4,8	5,6
9	1	C	0,40	55,8	0,10	20	21	0,22	1,2	2,4	4,2	5,2	5,2
9	1	C	0,12	32,5	0,10	21	22	0,06	2,1	2,3	1,4	1,3	1,0
9	1	C	0,24	17,0	0,30	6	5	0,13	7,6	6,5	2,0	0,3	0,0
9	2	C	0,65	68,4	0,20	18	19	0,78	5,0	7,2	8,1	4,5	4,2
9	2	C	0,61	62,1	0,20	10	13	0,64	3,8	7,3	10,2	10,0	8,0
9	2	C	0,45	38,1	0,30	3	8	1,07	1,0	1,8	3,9	7,5	8,4
9	2	C	0,38	37,5	0,25	6	8	0,27	6,5	7,7	6,9	4,9	4,1
9	2	C	0,22	47,6	0,10	16	20	0,18	0,5	0,9	1,5	4,5	5,1
9	2	C	0,52	63,3	0,30	15	16	0,40	2,8	5,3	5,9	5,6	4,8
9	2	C	0,60	65,6	0,20	10	12	0,72	4,8	9,3	10,3	10,1	9,5
9	2	C	0,78	61,7	0,30	13	13	0,77	2,8	5,7	8,0	8,1	8,6
9	2	C	0,17	39,8	0,10	15	17	0,11	0,7	1,7	3,0	4,0	4,4
10	2	T	0,93	86,0	0,20	16	18	1,05	2,0	5,0	7,0	9,0	8,0
10	2	T	0,44	47,4	0,20	12	13	0,25	1,3	1,2	2,2	5,0	5,5
10	2	T	0,19	34,0	0,20	10	11	0,13	0,8	1,0	2,2	4,0	4,0

10	2	T	0,74	63,0	0,30	15	15	0,48	1,7	4,7	6,5	6,3	8,2
10	2	T	0,37	41,5	0,30	10	10	0,21	2,8	4,2	5,5	6,1	5,3
10	2	T	0,50	40,2	0,35	9	10	0,35	1,5	2,8	4,4	6,8	6,3
10	2	T	0,27	34,1	0,30	9	10	0,16	0,9	2,1	4,0	4,9	5,4
10	2	T	0,13	34,0	0,10	15	14	0,07	1,1	1,6	2,6	2,9	2,6
10	2	T	0,69	63,2	0,30	11	14	0,74	1,0	2,1	4,1	7,7	10,3
10	2	T	0,47	41,7	0,30	9	9	0,36	2,2	4,2	5,9	7,7	7,0
10	2	T	0,79	77,0	0,30	15	17	1,00	0,8	1,3	3,6	5,7	8,9
10	2	T	0,11	37,5	0,10	22	21	0,09	2,4	2,6	2,4	2,8	1,5
10	1	C	1,05	72,6	0,30	16	17	0,67	0,9	2,1	5,0	7,9	9,0
10	1	C	0,20	45,6	0,10	22	22	0,12	2,9	2,4	3,0	3,9	4,0
10	1	C	0,55	50,5	0,20	12	11	0,39	4,3	7,4	9,1	8,0	3,0
10	1	C	0,70	55,2	0,20	10	12	0,57	2,1	4,3	6,7	7,8	7,5
10	1	C	0,23	44,6	0,20	15	16	0,15	0,8	1,1	2,5	3,1	3,9
10	1	C	0,46	50,4	0,30	10	14	0,34	1,2	2,5	6,1	8,5	8,4
10	1	C	0,45	62,5	0,20	21	20	0,30	2,0	3,3	5,7	5,1	5,6
10	1	C	0,63	60,3	0,30	10	13	0,37	0,8	2,3	4,9	8,4	6,1
10	1	C	0,63	75,2	0,20	20	22	0,42	2,6	5,0	5,8	6,0	5,3
10	1	C	0,23	26,2	0,20	7	6	0,11	6,9	7,0	4,4	0,7	0,0
10	1	C	0,39	39,5	0,30	9	8	0,28	3,7	6,3	8,0	6,7	5,5
10	3	C	0,99	78,6	0,20	19	19	1,07	2,5	5,0	6,1	7,7	9,0
10	3	C	0,62	55,8	0,40	8	11	0,49	1,2	1,4	2,6	5,0	8,6
10	3	C	0,58	69,9	0,20	22	23	0,36	5,1	5,9	5,8	4,2	3,9
10	3	C	0,34	52,7	0,20	16	16	0,21	3,6	4,9	5,7	5,0	4,4
10	3	C	0,60	58,0	0,30	9	13	0,62	1,4	1,7	3,2	6,3	8,5
10	3	C	0,60	56,0	0,30	13	16	0,52	0,5	0,4	0,9	2,8	4,2
10	3	C	0,49	62,6	0,20	20	21	0,27	1,6	3,9	6,0	4,8	4,7
10	3	C	0,69	74,9	0,20	19	18	0,75	1,8	3,9	6,1	6,8	8,2
10	3	C	0,57	56,6	0,30	13	13	0,57	1,3	3,2	6,4	9,8	9,0
10	3	C	0,76	74,2	0,30	15	17	1,37	1,7	2,5	5,4	8,9	7,9
10	3	C	0,41	52,3	0,20	12	12	0,35	1,8	3,7	5,8	5,3	7,0
10	3	C	0,20	72,0	0,30	12	13	0,12	2,3	2,9	7,9	6,6	8,4
10	3	C	0,25	44,1	0,10	23	22	0,20	2,0	2,6	2,0	1,8	5,3
11	1	T	0,24	65,4	0,20			0,15	.	.	.	.	.
11	1	T	0,28	44,4	0,20	11	12	0,21	2,0	3,7	6,2	6,5	4,7
11	1	T	0,13	41,6	0,19			0,06	2,2	3,1	5,4	5,3	5,1
11	1	T	0,23	34,8	0,20	8	10	0,22	0,8	0,7	1,2	3,2	6,0
11	1	T	0,04	26,1	0,09			0,02	.	.	.	.	.
11	1	T	0,15	30,5	0,20	10	9	0,11	3,2	4,8	4,5	4,3	3,7
11	1	T	0,08	21,5	0,09			0,05	.	.	.	.	.
11	2	C	0,57	47,5	0,20	19	17	0,17	3,9	4,6	4,8	4,1	3,3
11	2	C	0,38	47,6	0,20			0,24	4,0	3,9	4,1	3,8	3,8
11	2	C	0,12	26,8	0,11			0,05	.	.	.	.	.
11	2	C	0,29	45,6	0,30	11	14	0,33	0,7	1,2	2,2	4,3	4,9
11	2	C	0,08	24,8	0,12			0,06	.	.	.	.	.
11	2	C	0,22	48,4	0,32			0,22	3,5	3,6	3,5	3,3	3,8
11	3	C	0,41	66,1	0,30	13	16	0,30	1,8	3,9	5,1	7,6	6,9
11	3	C	0,38	44,9	0,25	9	13	0,29	2,4	6,2	7,8	5,6	3,5
11	3	C	0,30	43,5	0,20	9	13	0,21	1,9	3,9	6,5	6,4	4,9

11	3	C	0,60	50,1		13	12	0,36	4,0	4,4	3,5	2,2	3,0
12	4	T	0,08	21,2	0,10	6	11	0,06	1,2	2,3	3,7	3,1	2,3
12	4	T	0,13	21,4	0,10	9	11	0,07	1,0	1,6	2,8	3,9	3,5
12	4	T	0,12	24,1	0,10	15	16	0,04	1,7	2,8	3,1	2,5	2,1
12	4	T	0,08	27,4	0,10	18	16	0,07	2,5	2,8	2,5	1,7	2,3
12	4	T	0,21	27,9	0,12	9	11	0,11	1,6	3,0	4,7	4,7	3,5
12	1	C	0,28	59,5	0,15	11	18	0,24	1,5	2,2	4,5	4,7	4,6
12	1	C	0,22	43,6	0,20	13	15	0,10	2,5	4,4	4,8	4,5	3,6
12	1	C	0,19	34,2	0,13	15	14	0,08	3,5	3,7	3,6	2,9	2,5
12	1	C	0,20	35,9	0,11	15	17	0,09	1,3	2,2	4,1	4,0	4,0
12	1	C	0,10	22,2	0,10	8	9	0,06	3,9	3,7	3,2	2,5	2,1
12	1	C	0,37	46,0	0,30	17	10	0,24	3,8	6,2	6,7	5,4	7,1
12	2	C	0,08	16,1	0,07	16	10	0,03	2,0	2,2	1,9	0,8	1,8
12	2	C	0,20	32,0	0,30	9	11	0,11	3,6	4,1	4,7	3,6	2,8
12	2	C	0,15	36,2	0,20	12	13	0,09	4,6	4,8	4,4	2,7	2,4
12	2	C	0,25	23,6	0,10	11	10	0,11	0,4	2,3	2,8	2,6	4,4
12	2	C	0,10	17,0	0,10	8	9	0,06	1,3	1,5	1,8	2,0	3,9
12	2	C	0,10	22,5	0,10	10	9	0,07	1,9	4,7	4,5	4,0	1,5

ANNEXE 13

Données morphologiques brutes pour le roseau commun de l'expérience en pot selon le traitement (T : monospécifique; C : compétition interspécifique). Voir page 46 et suivantes pour la méthodologie.

Bloc	Pot	Trait.	Biom. racine (g)	Biom. rhizome (g)	Alloc. racine (%)	Alloc. rhizome (%)	Alloc. feuille (g)	Alloc. tige (%)	Ratio Biom. Sout/Aér	Densité	Biom. totale (g)
1	3	T	0,34	0,46	6,59	9,03	48,94	35,44	0,19	11	5,08
1	1	C	0,10	0,06	8,80	5,56	54,26	31,39	0,17	6	1,08
1	2	C	0,07	0,09	7,16	9,21	50,46	33,16	0,20	4	0,98
2	2	T	0,52	0,66	7,48	9,56	45,58	37,38	0,21	7	6,90
2	1	C	0,72	1,06	6,20	9,16	48,32	36,33	0,18	10	11,56
2	3	C	0,26	0,32	5,15	6,35	51,78	36,73	0,13	10	5,09
3	3	T	0,46	0,46	5,19	5,20	48,02	41,59	0,12	12	8,80
3	1	C	0,54	0,59	4,52	4,94	48,88	41,65	0,10	10	11,96
3	2	C	1,32	1,86	7,59	10,67	44,01	37,72	0,22	19	17,43
4	2	T	0,57	0,28	11,40	5,71	45,03	37,85	0,21	7	4,95
4	3	C	0,56	0,17	14,06	4,25	42,68	39,01	0,22	7	4,00
4	4	C	0,38	0,11	14,86	4,17	49,04	31,93	0,24	4	2,54
5	2	T	0,21	0,19	7,34	6,70	51,87	34,09	0,16	7	2,81
5	3	C	0,19	0,11	9,54	5,85	52,33	32,27	0,18	7	1,95
5	4	C	0,27	0,20	9,91	7,35	47,24	35,50	0,21	8	2,74
7	1	T	0,65	0,57	7,51	6,60	51,87	34,01	0,16	12	8,65
7	2	C	1,44	0,89	8,21	5,11	46,70	39,97	0,15	15	17,48
7	3	C	0,39	0,30	7,48	5,72	51,63	35,17	0,15	8	5,21
8	2	T	0,96	0,53	8,91	4,94	46,23	39,92	0,16	12	10,79
8	1	C	0,30	0,45	3,64	5,49	46,22	44,65	0,10	8	8,12
8	3	C	0,26	0,37	4,91	6,87	53,65	34,57	0,13	10	5,32
9	4	T	1,22	1,05	6,96	6,02	47,66	39,36	0,15	20	17,47
9	1	C	0,41	0,26	7,56	4,79	52,66	34,99	0,14	8	5,41
9	2	C	0,73	0,53	6,86	4,97	41,46	46,71	0,13	9	10,58
10	2	T	1,08	0,58	8,88	4,78	46,28	40,07	0,16	12	12,19
10	1	C	0,67	0,57	6,39	5,45	52,78	35,38	0,13	11	10,45
10	3	C	1,34	0,91	8,28	5,63	43,74	42,35	0,16	13	16,23
11	1	T	0,20	0,10	8,67	4,47	50,73	36,13	0,15	6	2,26
11	2	C	0,26	0,14	8,22	4,46	53,08	34,23	0,15	4	3,11
11	3	C	0,28	0,15	8,62	4,71	51,41	35,27	0,15	4	3,27
12	4	T	0,07	0,02	6,35	2,15	58,92	32,59	0,09	5	1,07
12	1	C	0,17	0,07	7,23	2,70	56,64	33,43	0,11	6	2,41
12	2	C	0,08	0,02	5,53	1,45	60,79	32,23	0,08	6	1,45

ANNEXE 14

Données morphologiques brutes pour la partie aérienne des quenouilles à feuilles étroites provenant de l'expérience en pot selon le traitement (T : monospécifique; C : compétition interspécifique). Voir page 46 et suivantes pour la méthodologie.

Bloc	Pot	Traitement	Biomasse feuille (g)	Hauteur (cm)	Diamètre (cm)	Nombre feuilles
1	4	T	0,25	55,0	0,50	3
1	4	T	0,63	72,0	0,55	8
1	4	T	1,84	95,0	0,70	8
1	4	T	0,24	39,0	0,55	7
1	4	T	0,33	52,5	0,60	4
1	1	C	0,29	62,0	0,45	5
1	1	C	0,84	75,0	0,55	5
1	1	C	0,24	55,0	0,55	6
1	1	C	0,21	54,0	0,45	3
1	2	C	0,10	42,0	0,40	4
1	2	C	1,29	102,0	0,80	8
1	2	C	0,16	48,0	0,35	3
1	2	C	1,13	83,0	0,50	5
1	2	C	0,29	61,0	0,65	4
2	4	T	1,18	126,0	0,90	5
2	4	T	1,30	107,6	0,80	8
2	4	T	3,50	135,3	0,70	7
2	4	T	1,41	127,9	0,90	9
2	4	T	0,96	114,3	0,80	6
2	1	C	0,78	109,0	0,55	5
2	1	C	2,85	151,8	1,10	10
2	1	C	3,35	129,5	0,70	6
2	1	C	1,24	121,6	0,75	9
2	1	C	1,00	120,0	0,60	6
2	3	C	0,67	87,4	0,50	5
2	3	C	0,47	63,6	0,40	6
2	3	C	5,05	149,0	1,20	7
2	3	C	2,28	144,0	0,75	7
2	3	C	2,26	145,6	0,90	6
2	3	C	1,93	122,5	0,70	10
2	3	C	0,15	131,0	0,65	4
3	4	T	3,58	124,5	0,80	6
3	4	T	1,12	103,0	0,95	8
3	4	T	0,55	80,2	0,40	5
3	4	T	1,74	126,8	0,80	7
3	4	T	2,58	124,6	0,90	8
3	4	T	3,27	162,6	0,90	6

3	1	C	1,47	115,1	0,70	6
3	1	C	3,01	128,0	1,00	7
3	1	C	0,23	55,2	0,50	5
3	1	C	1,21	122,0	0,60	6
3	1	C	0,15	57,3	0,45	3
3	1	C	1,81	99,8	0,70	5
3	1	C	4,18	163,4	1,25	8
3	2	C	1,26	120,4	0,60	5
3	2	C	2,38	138,7	0,80	8
3	2	C	1,80	128,7	0,70	10
3	2	C	2,62	119,6	0,80	6
4	1	T	1,85	133,3	0,90	5
4	1	T	2,06	139,1	0,85	6
4	1	T	3,03	133,1	0,80	9
4	1	T	1,13	121,2	0,50	5
4	1	T	3,18	133,5	0,90	7
4	1	T	0,99	115,5	0,70	8
4	1	T	1,58	137,4	0,60	5
4	3	C	0,61	86,2	0,65	6
4	3	C	3,05	82,0	0,80	6
4	3	C	0,18	101,5	0,40	6
4	3	C	1,15	112,0	0,60	9
4	3	C	0,57	84,8	0,45	5
4	3	C	0,96	105,0	0,70	6
4	3	C	1,02	122,5	0,52	6
4	4	C	0,12	45,8	0,25	3
4	4	C	0,91	121,1	0,45	5
4	4	C	0,75	17,8	0,60	3
4	4	C	0,56	114,3	0,40	8
4	4	C	0,42	86,4	0,45	4
4	4	C	0,13	104,3	0,40	7
4	4	C	0,17	115,1	0,40	6
5	1	T	3,20	159,9	1,00	8
5	1	T	1,69	131,1	0,85	6
5	1	T	2,72	138,7	0,65	11
5	1	T	2,14	109,8	0,70	6
5	3	C	0,23	59,8	0,30	5
5	3	C	0,98	110,8	0,50	6
5	3	C	1,81	109,0	0,50	5
5	3	C	1,90	97,1	0,80	6
5	3	C	1,94	138,5	0,60	8
5	3	C	4,11	171,2	0,75	7
5	4	C	0,55	74,0	0,50	4
5	4	C	1,03	94,0	0,60	8
5	4	C	0,18	66,0	0,30	6
5	4	C	1,45	100,0	0,35	5
5	4	C	2,10	122,1	1,10	9
5	4	C	1,35	109,5	0,70	6
7	4	T	4,08	172,4	1,20	6

7	4	T	0,99	87,1	0,70	4
7	4	T	3,08	119,9	0,80	7
7	2	C	1,11	114,3	0,55	5
7	2	C	0,66	119,7	0,75	6
7	2	C	0,54	100,0	0,50	5
7	2	C	1,29	124,0	0,70	6
7	2	C	0,50	97,0	0,50	5
7	2	C	0,92	112,7	0,70	6
7	2	C	2,15	125,4	0,55	6
7	3	C	0,81	102,3	0,50	6
7	3	C	1,07	110,7	0,70	6
7	3	C	0,75	99,0	0,55	6
7	3	C	1,41	106,2	0,45	4
7	3	C	1,93	109,5	0,55	6
7	3	C	0,34	127,0	0,55	4
7	3	C	3,72	152,2	1,05	11
8	4	T	0,33	77,2	0,30	5
8	4	T	1,31	105,2	0,80	7
8	4	T	4,16	130,5	0,70	7
8	4	T	0,44	73,0	0,55	5
8	4	T	2,32	188,7	0,80	6
8	4	T	0,92	98,6	0,65	5
8	4	T	3,35	161,4	1,20	6
8	1	C	1,44	118,4	0,75	5
8	1	C	0,59	150,5	0,60	9
8	1	C	3,95	143,4	0,90	5
8	1	C	6,56	187,1	1,40	11
8	3	C	0,50	41,3	0,60	5
8	3	C	0,20	75,0	0,45	5
8	3	C	0,48	63,2	0,70	8
8	3	C	0,44	73,8	0,55	5
8	3	C	3,08	125,1	0,60	6
8	3	C	0,25	41,3	0,40	5
9	3	T	2,56	115,5	0,70	5
9	3	T	0,08	15,1	0,55	3
9	3	T	1,61	129,1	0,75	6
9	3	T	1,22	99,3	0,40	7
9	1	C	1,00	121,5	0,80	6
9	1	C	0,79	102,0	0,60	7
9	1	C	0,91	59,0	0,60	5
9	1	C	0,32	59,0	0,40	5
9	2	C	0,41	66,9	0,50	6
9	2	C	0,88	100,0	0,70	7
9	2	C	3,29	135,0	0,70	6
9	2	C	0,79	91,0	0,70	7
9	2	C	3,09	134,0	0,80	9
9	2	C	1,63	105,0	0,60	5
10	4	T	0,93	112,0	0,55	5
10	4	T	1,29	114,1	0,60	7

10	4	T	1,52	126,9	0,70	6
10	4	T	1,07	117,5	0,60	7
10	4	T	0,14	47,6	0,45	4
10	4	T	3,22	128,7	0,70	6
10	4	T	1,18	97,1	0,80	6
10	1	C	3,07	143,0	1,00	7
10	1	C	1,63	112,6	0,65	7
10	1	C	0,45	71,1	0,35	5
10	1	C	3,28	135,5	0,60	6
10	1	C	2,14	104,1	0,95	6
10	3	C	1,15	122,1	0,65	6
10	3	C	2,91	130,5	0,60	7
10	3	C	2,14	148,2	0,75	6
10	3	C	0,84	89,8	0,60	4
10	3	C	1,78	132,6	0,80	8
11	4	T	0,30	73,0	0,25	5
11	4	T	0,89	108,0	0,80	5
11	4	T	4,47	140,6	0,70	6
11	4	T	0,11	43,0	0,35	5
11	4	T	4,23	169,5	1,30	10
11	4	T	0,33	58,8	0,45	4
11	4	T	2,02	146,3	0,95	6
11	2	C	0,94	82,1	0,30	5
11	2	C	0,81	99,6	0,60	7
11	2	C	0,79	85,6	0,40	7
11	2	C	0,42	64,7	0,42	5
11	2	C	1,00	112,7	0,62	6
11	3	C	0,84	87,5	0,65	10
11	3	C	1,06	107,2	0,62	6
11	3	C	1,60	103,7	0,40	5
11	3	C	0,29	62,2	0,32	5
11	3	C	0,11	49,6	0,16	5
12	3	T	0,72	78,8	0,55	8
12	3	T	3,19	120,3	0,80	9
12	3	T	1,12	102,0	0,40	7
12	3	T	0,40	71,8	0,50	6
12	1	C	2,94	123,3	0,75	7
12	1	C	3,18	136,3	1,00	8
12	1	C	1,17	112,8	0,62	8
12	1	C	1,47	96,6	0,60	7
12	2	C	0,18	20,6	0,55	5
12	2	C	3,11	119,5	0,65	7
12	2	C	0,90	24,6	0,50	5
12	2	C	1,82	107,4	0,65	5
12	2	C	4,24	157,2	1,30	9

ANNEXE 15

Données morphologiques brutes pour la quenouille à feuilles étroites de l'expérience en pot selon le traitement (T : monospécifique; C : compétition interspécifique). Voir page 41 et suivantes pour la méthodologie.

Bloc	Pot	Trait.	Biom. racine (g)	Biom. rhizome (g)	Alloc. racine (%)	Alloc. rhizome (%)	Alloc. feuille (%)	Ratio biom. Sout/Aér	Densité	Biom. totale (g)
1	4	T	0,43	2,29	7,2	38,0	54,8	0,83	5	6,02
1	1	C	0,20	0,46	9,0	20,6	70,4	0,42	4	2,24
1	2	C	0,18	0,83	4,5	20,9	74,6	0,34	5	3,97
2	4	T	0,67	2,29	6,0	20,3	73,8	0,36	5	11,32
2	1	C	0,66	2,24	5,5	18,5	76,1	0,31	5	12,10
2	3	C	1,12	4,73	6,0	25,4	68,7	0,46	7	18,67
3	4	T	0,94	2,76	5,7	16,7	77,6	0,29	6	16,53
3	1	C	1,07	2,44	6,9	15,7	77,5	0,29	7	15,55
3	2	C	0,65	1,87	6,2	17,7	76,2	0,31	4	10,57
4	1	T	0,74	1,75	4,6	10,7	84,7	0,18	7	16,30
4	3	C	0,14	0,29	1,7	3,7	94,6	0,06	7	7,96
4	4	C	0,58	2,51	9,5	40,7	49,8	1,01	7	6,16
5	1	T	0,76	1,58	6,3	13,1	80,6	0,24	4	12,08
5	3	C	0,88	1,82	6,4	13,3	80,3	0,25	6	13,67
5	4	C	0,43	1,31	5,1	15,6	79,3	0,26	6	8,39
7	4	T	0,76	1,88	7,0	17,5	75,5	0,32	3	10,79
7	2	C	0,60	1,23	6,7	13,6	79,7	0,25	7	9,00
7	3	C	0,85	2,13	6,5	16,4	77,1	0,30	7	13,02
8	4	T	1,29	2,93	7,6	17,2	75,3	0,33	7	17,04
8	1	C	1,49	3,42	8,5	19,6	71,8	0,39	4	17,45
8	3	C	0,99	4,26	9,7	41,8	48,5	1,06	6	10,20
9	3	T	0,46	2,48	5,4	29,5	65,1	0,54	4	8,41
9	1	C	0,29	0,74	7,2	18,3	74,5	0,34	3	4,05
9	2	C	0,64	1,95	5,0	15,4	79,6	0,26	6	12,69
10	4	T	0,81	1,98	6,7	16,3	77,0	0,30	7	12,13
10	1	C	0,96	2,32	6,9	16,7	76,3	0,31	5	13,86
10	3	C	0,61	1,80	5,4	16,0	78,6	0,27	5	11,23
11	4	T	1,11	3,09	6,7	18,7	74,6	0,34	7	16,53
11	2	C	0,27	1,00	5,2	19,1	75,8	0,32	5	5,22
11	3	C	0,41	1,25	7,3	22,6	70,1	0,43	5	5,54
12	3	T	0,63	3,35	6,7	35,6	57,7	0,73	4	9,41
12	1	C	0,68	1,97	6,7	19,2	85,6	0,30	4	10,24
12	2	C	0,86	3,04	6,1	21,4	72,5	0,38	5	14,16

