

Recherche dans la Grande Cariçaie Végétation & flore

Gestion des roselières par décapage

Bilan de l'essai pilote de Font (FR)

Antoine Gander / 2003



Groupe d'étude et de gestion
Maison de la Grande Cariçaie
Champ-Pittet
CH-1400 Yverdon-les-Bains

www.grande-caricaie.ch



**Gestion des roselières
par décapage.**

**Bilan de l'essai pilote
de Font (FR)**

Antoine Gander / 2003

TABLE DES MATIERES

RESUME	3
1 INTRODUCTION	4
1.1 Problématique	4
1.2 Contenu et but du rapport	5
2 DESCRIPTION DE L'ESSAI DE FONT	6
2.1 Objectifs de l'essai	6
2.2 Choix du site	6
2.3 Travaux réalisés	6
2.4 Dispositif expérimental et suivis réalisés	8
2.4.1 Suivi de la dynamique de colonisation de la végétation	8
2.4.2 Autres suivis de la végétation	9
2.4.3 Suivis annexes	10
2.4.4 Traitement des résultats	10
2.4.5 Interprétation des résultats, valeurs de référence	10
3 RESULTATS	11
3.1 Hydrologie, physico-chimie et pédologie de la zone décapée	11
3.2 Vitesse de colonisation	12
3.2.1 Le front des ceintures de roselières	12
3.2.2 Foyers secondaires de colonisation centrifuge	12
3.3 Densité des roseaux	13
3.4 Paramètres morphométriques	14
3.5 Composition végétale et diversité	15
3.6 Résumé des différents résultats et remarques générales	16
4 DISCUSSION	18
4.1 L'importance des différents traits pour la croissance du roseau	18
4.1.1 La profondeur et la nature du substrat	18
4.2 Modèle prédictif de fermeture de zones décapées	19

4.3	Décapage et préservation des fonctions écologiques des roselières	20
4.4	Avantages et désavantages du décapage sur les autres modes de gestion des roselières	23
4.4.1	Sous l'angle de la conservation des fonctions biologiques	23
4.4.2	Sous l'angle des coûts	24
5	CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES	25
	BIBLIOGRAPHIE	27
	ANNEXE I	29
	ANNEXE II	30

RESUME

Après avoir constaté que la faucheuse créait des ornières durables dans les groupements végétaux les plus humides du marais, une expérience de décapage, alternative possible à l'entretien des roselières inondées par fauchage, fut mise en place à Font. La restauration des structures et des fonctions des nouvelles ceintures ont été suivies au cours des processus autogènes de colonisation.

La colonisation des héliophytes a été suivie sur une surface d'un demi hectare creusée à 3 profondeurs différentes : à 20 cm prélevant l'essentiel des rhizomes de roseaux mais préservant un horizon organique ; à 30 cm laissant un substrat de fond hétérogène organique – minéral ; à 40 cm caractérisé un fond minéral sableux. Ainsi, une analyse croisée des effets de la profondeur et de la nature du substrat laissé en place a pu être effectuée.

La présence d'un horizon organique stimule la croissance de la ceinture de roselière. Cette vitesse de croissance est significativement différente selon l'absence, la présence partielle ou d'une substantielle couche de matière organique laissée lors de la creuse. Selon une projection qui ne tient compte que de la croissance des ceintures depuis les bords, plus de 10 ans séparent la fermeture d'un plan d'eau large de 20 m creusé respectivement à une profondeur de 20 et à 40 cm. La végétalisation est accélérée en fonction du nombre de diaspores encore vivantes laissées dans les surfaces décapées lors de la creuse. Ces foyers d'héliophytes pionnières, 10 ans après le décapage, contribuent pour moins de 20 % à la fermeture de la surface de chacune des creuses, excepté la plus profonde exempte de ce type de colonisation.

La comparaison des traits de densité et de morphométrie entre une roselière jamais entretenue de référence avec les ceintures colonisatrices propres aux trois profondeurs, ne montre pas de différences significatives ni avec la roselière laissée à son évolution naturelle, ni d'effets propres aux 3 creuses testées.

La creuse intermédiaire laissant un substrat hétérogène minéral - organique paraît être la plus favorable pour restaurer la diversité des fonctions d'une roselière inondée âgée, car elle offre le meilleur compromis entre la vitesse de fermeture du plan d'eau et le développement des nouvelles ceintures.

La lenteur des processus de colonisation constatée, montre que la planification de mesures de décapage est intimement liée à celle de la restauration de lagunes et d'étangs creusés dans des groupements infra-aquatiques appauvris que l'on chercherait à diversifier.

Le coût très élevé de ce mode d'entretien limite l'application de la mesure. Pour restaurer des processus diversificateurs de colonisation pionnière avec un coût moindre, la gestion des effets collatéraux de la faucheuse (ornière, ouverture du milieu) dans les roselières inondées devraient aussi être prise en considération.

1 INTRODUCTION

1.1 Problématique

Sur la base de la cartographie de végétation (Clerc, 2002), la Grande Caricaie abrite entre Yverdon-les-bains et le canal de la Broye, un peu plus de 100 ha de roselières intérieures, soit près d'un cinquième de la surface des prairies marécageuses. Cinq unités de végétation sont présentes (roselière paucispécifique, roselière à lentilles d'eau et utriculaires, roselière à massettes à feuilles étroites, roselière à massettes à larges feuilles, roselière à berle dressée et roselière à joncs du tonnelier). La roselière pure, paucispécifique, est la plus fréquente (68,4 ha). Elle est la deuxième formation végétale la plus représentée sur la rive après la prairie à laiches élevées. Les unités pionnières de transition (roselières à massettes, à jonc des tonneliers et à utriculaires) sont plus rares. Elles abritent une diversité végétale plus élevée avec une dizaine d'espèces menacées à l'échelle suisse (Clerc, 2002). Ces groupements, limités généralement à des pourtours d'étangs, sont fugaces. Ils tendent généralement à être remplacés par une forme floristiquement appauvrie de roselière paucispécifique.

Comme l'ensemble des groupements végétaux marécageux de la Rive Sud, les roselières sont sujettes à des processus autogènes de succession (Buttler, 1987). En conditions relativement sèches, l'accumulation de litière et de sédiments, renforcée par la diminution des amplitudes de crues du lac suite à la deuxième correction des eaux des lacs subjurassiens (CEJ), favorise l'installation des ligneux (Le Nédic, 2002). Si l'embroussaillage est pour l'heure localisé, il touche cependant 4 % des roselières inondées intérieures avec des recouvrements compris entre 0 et 25 %.

Le maintien des roselières, en particulier celui des faciès les plus humides ou de transition joue un rôle déterminant pour la survie de nombreuses espèces d'oiseaux menacées (Keller, Antoniazza, 2003).

Pour conserver la diversité et la fonctionnalité des roselières de la Rive Sud, des mesures de gestion sont mises en œuvre depuis 1982 par le Groupe d'Etude et de Gestion de la Grande Caricaie (GEG). Des fauches sont notamment réalisées de manière biennale ou triennale selon un parcellaire couvrant l'entier du marais non boisé. Initialement prévues sans tenir compte des types de végétation, les fauches ont concerné jusqu'en 1991 70 ha de roselières intérieures, exception faite de 6 ha inaccessibles aux machines et de 17 ha situés dans des zones témoins laissées à leur évolution naturelle.

Dès la fin des années 80, les suivis scientifiques mis en place dans la Grande Caricaie ont révélé des changements dans la diversité et la structure de la végétation imputables à la fauche, en particulier dans les séries infra-aquatiques (Moret & Roulier, 1988, Le Nédic & Moret, 1990, Le Nédic, 2002). Le passage répété de la faucheuse à chenilles entraînait un déchaussement des rhizomes des grandes hélrophytes, suivi de leur flottation. L'orniérage laissé par la machine induisait l'installation de 2 végétations différentes, celle d'un groupement à grandes laiches s'installant sur les radeaux et celle d'un cortège d'hydrophytes colonisant l'ornière inondée. Cet effet, jugé négatif, car non conservatif de la structure et de la diversité originelle des roselières, a conduit en 1992 à l'arrêt de la fauche dans plusieurs parcelles inondées. Depuis cette date, 12 ha de roselières, qui s'ajoutent au 23 ha laissées à leur évolution naturelle dans les zones témoin, ont été sortis du cycle de fauche.

Des mesures de conservation des roselières alternatives à la fauche sont depuis lors recherchées et testées. Le décapage, dans l'optique d'une restauration d'un processus de végétalisation par les grands hélrophytes, a été proposé. Ce mode de gestion devait notamment, par l'inondation du sol pendant la période de végétation, réduire le pool d'azote par dénitrification et par conséquent, diminuer le risque d'eutrophisation endogène (Buttler, 1995).

1.2 Contenu et but du rapport

Le présent rapport dresse le bilan d'une action pilote de décapage réalisée sur proposition de la sous-commission scientifique en 1992 dans la région de Font (FR).

Il examine les implications de ce mode de gestion en terme de coût, de contraintes techniques et de réponses du milieu au traitement. Il compare ses effets à la fauche en prenant en compte le respect des différentes fonctions biologiques de la roselière pour l'avifaune notamment.

Le bilan de cette expérience pilote, associé aux résultats d'autres suivis, doit permettre d'évaluer si le décapage peut ou doit être utilisé comme moyen de gestion à long terme des roselières inondées.

2 DESCRIPTION DE L'ESSAI DE FONT

2.1 Objectifs de l'essai

L'essai pilote de décapage vise plusieurs objectifs :

- connaître la vitesse de restauration d'une roselière en fonction de trois profondeurs de décapage différentes ;
- comparer les caractéristiques (structure, morphométrie, diversité) et la fonctionnalité de la végétation restaurée à celle de roselières abandonnées ou entretenues par fauchage ;
- évaluer le coût/bénéfice de ce mode de gestion en regard des autres mesures d'entretien pratiquées sur la Rive sud.

2.2 Choix du site

Le choix du site a tenu compte des critères stationnels et techniques suivants:

- présence d'une roselière dégradée par le passage des machines (déchaussement de rhizomes, omières,...) ;
- accessibilité du site possible par des machines ;
- distance limitée entre la zone d'intervention, les zones de dépôts et des voies d'accès carrossables pour l'évacuation des matériaux.

La zone retenue est située à l'extrémité Est de la réserve naturelle de Cheyres, sur le territoire communal de Font (FR) (parcelle 340 du domaine publique du canton de Fribourg). Ses coordonnées géographiques centrales sont : 552'200 / 187'600 (figure 1).

Avant le décapage, l'essentiel de la végétation se composait de roselière pure (unité 31) et de roselière à laiche élevée (unité 18), selon le référentiel GEG adopté pour la cartographie de la végétation (Clerc, 2002).

2.3 Travaux réalisés

L'essai a porté sur une surface d'un demi-hectare. Le décapage a été réalisé en janvier 1993 avec une pelle hydraulique de 22 t équipée de chenilles larges. Trois profondeurs de creuses ont été testées : 20, 30 et 40 cm (cf. tableau 1 et figure 2). Pour faciliter l'ajustement des profondeurs, un pompage en continu (120 m³/h) a été mis en place permettant de rejeter au lac les eaux de ruissellement drainées dans la zone de terrassement.

Tableau 1: données générales des travaux de décapage

Profondeurs	Surface (m ²)	Cubage extrait non foisonné (m ³)	Caractéristiques du substrat de fond après décapage
20 cm	2100	420	Horizon organique, rhizomes de roseaux, restes de tourradons de grande laïche
30 cm	1300	390	Horizon pelliculaire organique partiel sur horizon sableux
40 cm	1850	740	Horizon minéral sableux
Total	5250	1550	

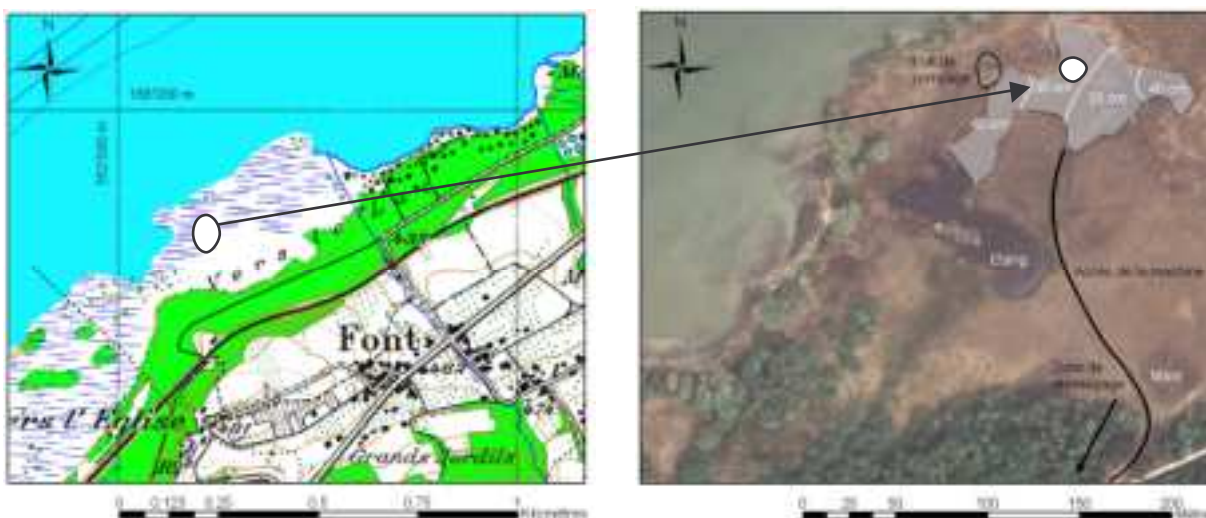


Figure 1 et 2: plan de situation et vue générale du site: l'étang creusé en 1988, la surface décapée en hiver 1993 (en grisé) selon 3 profondeurs et les différents emplacements de la logistique de chantier Point coté de référence en blanc situé au milieu de la zone décapée, altitude : 429.40m. Copyright : Office Fédéral de la Topographie

L'évacuation du matériel sur une place de dépôt située à 300 m du chantier a été fait simultanément à la creuse, au moyen d'un dumper à chenilles larges de 12 m³. 16 semaines ont été nécessaires jusqu'au ressuyage complet du matériel et faciliter ainsi sa mise en décharge hors site. Ses caractéristiques pédologiques se trouvent en annexe 1.

Le chantier s'est déroulé sur 12 jours, dont 3 pour la préparation de chantier et la remise en état du site et 9 pour le décapage proprement dit. Le rendement d'excavation a été de ~190 m³/j.. Les travaux ont été effectués en régie pour un prix de Fr. 33./m³, ce qui exprimé en m² revient à une intervention entre Fr. 6,60 et 13,20/m² suivant la profondeur de creuse (excavation et mise en décharge comprise, TVA non comprise, prix : 1993)

2.4 Dispositif expérimental et suivis réalisés

2.4.1 Suivi de la dynamique de colonisation de la végétation

Le suivi du développement de la végétation de la zone décapée a tenu compte des 2 types de colonisation observés du plan d'eau par les grandes hélophytes et illustrés par la figure 3:

- une progression centripète du front des hélophytes de la berge vers le centre de la zone décapée (cf. flèches noires) ;
- une progression centrifuge à l'intérieur de la zone décapée due à des foyers secondaires de colonisation générés par des propagules laissées en place ou issues de germination (cf. flèches blanches).

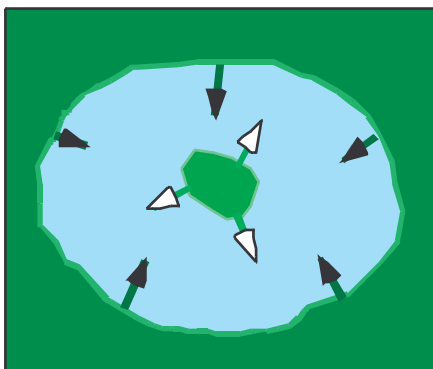


Figure 3: schéma d'un plan d'eau concentrique avec un îlot illustrant les 2 types de colonisation

Colonisation centripète

De 1994 à 2000, une mesure annuelle de la largeur du front et de la densité de la végétation a été effectuée en 15 endroits tirés de manière aléatoire selon une table de nombre et répartis dans les trois profondeurs de décapage. Les campagnes de mesures se déroulaient pendant la première quinzaine de juillet.

Chacun des transect était matérialisé par une règle de 4 m avec une graduation décimétrique. Une réglette de 50 cm coulissait le long de l'axe principal et permettait de définir les surfaces - unités d'échantillonnage de 10 par 50 cm (voir la figure 4). Le point zéro de la règle était positionné au bord de la creuse et le transect se terminait au roseau le plus éloigné.

La principale limite inhérente à cette méthode se manifeste dès lors que le bord de la creuse ne peut plus être localisé précisément en raison d'un développement de la rhizosphère de la nouvelle roselière qui masquerait le seuil de la creuse. Ce cas de figure ne s'est toutefois pas présenté durant la période de suivi.



Figure 4 : dispositif de mesure de la progression du front de la roselière

Colonisation centrifuge

L'appréciation de la dynamique des foyers secondaires de colonisation à l'intérieur du plan d'eau a été réalisée grâce à des mesures de surfaces calculées sur la base d'orthophotos de vues aériennes prises en mai, respectivement en 1994, 2001 et 2003. Une vérification sur le terrain des surfaces relevées a été faite en raison des risques de surestimation possibles liés à des roseaux couchés.

2.4.2 Autres suivis de la végétation

Outre le suivi de cette dynamique de colonisation, des relevés de morphométrie du roseau et de diversité de la végétation colonisatrice furent aussi effectués.

Diversité

Des relevés de végétation selon Braun-Blanquet ont été effectués en 1997 et 2001 dans 10 îlots constituant des foyers secondaires de colonisation, années des prises des photos aériennes (en 1994, la colonisation des îlots par la végétation n'a pas été jugée suffisante pour faire l'objet de relevés). Les données du suivi des placettes permanentes placées pendant l'année zéro n'ont pas été exploitées, vu le manque de représentativité des phénomènes de colonisation dans les 4 placettes situées dans la zone décapée.

Morphométrie

Des données morphométriques sur le roseau ont été collectées en été 2003 pour chacune des profondeurs de décapage (diamètre et longueur des tiges de roseaux). 3 échantillonnages à l'aveugle de 30 roseaux ont été faits respectivement dans :

- le dernier mètre du front de colonisation ;
- le premier mètre, au bord de la creuse ;
- la roselière adjacente non décapée et fauchée pour la dernière fois en 1992.

2.4.3 Suivis annexes

Les observations régulières de l'avifaune de C. Henninger pendant les 5 premières années ont également permis d'apporter des données supplémentaires sur la fonctionnalité des nouvelles roselières de la zone décapée.

Des investigations sédimentologiques et hydrologiques faites dans le cadre du travail de thèse de J. Castella-Müller (2004) permettent des comparaisons entre la zone décapée et d'autres plans d'eau voisins.

2.4.4 Traitement des résultats

Pour faciliter le traitement des résultats du dénombrement de tiges dans le front de colonisation de la roselière, 5 unités d'échantillonnage de densité mesurées tous les 10 cm ont été réunies pour déterminer des classes de 50 cm interpolées sur une surface d'1 m².

Une régression linéaire de la progression du front en fonction du temps pour chacune des profondeurs de creuse a ensuite été effectuée afin d'obtenir une droite prospective (en admettant que la vitesse reste constante). Un rééchantillonnage des pentes par bootstrap a vérifié le degré de significativité des différences entre les 3 pentes moyennes.

Les mesures morphométriques ont été traitées, de manière analogue, à celles collectées par Le Nédic (2002) pour le suivi de l'effet du fauchage triennal des marais. Après avoir vérifié la distribution normale des données, une analyse de variance a été effectuée sur les 2 variables, suivie d'un test comparatif de paire à paire de Tukey-Kramer.

2.4.5 Interprétation des résultats, valeurs de référence

Pour permettre une comparaison des résultats obtenus sur la zone décapée avec des roselières soumises à d'autres modes d'entretien, des données collectées dans le cadre du suivi de l'effet du fauchage ont également été utilisées (Le Nédic, 2002).

Les résultats du suivi de la roselière inondée de la zone témoin de Chevroux (CHXZT3), milieu comparable à celui de Font, ont notamment servi à définir une densité moyenne de référence pour les roseaux de l'année (valeur de référence : 36.2 tiges vertes / m², s_x 6.13, N=10/an, valeur moyenne calculée sur 10 ans de mesures).

3 RESULTATS

3.1 Hydrologie, physico-chimie et pédologie de la zone décapée

La zone décapée est en contact direct avec un étang recreusé pendant l'hiver 1988-89 (cf. figure 2). Les battements du niveau d'eau de l'étang, situé à une vingtaine de mètres en retrait de la dune littorale, suivent ceux du lac avec une discordance, lors des basses eaux, due à une alimentation vraisemblable par un ruisseau d'arrière pays. A une cote altitudinale du niveau lacustre de 429.70 m correspondant aussi à l'altitude de la dune littorale, une liaison directe de l'eau de l'étang s'établit avec le lac.

A aucun moment de l'année et ce tout au long de la période de suivi, la zone décapée a été exondée.

Sur la base des résultats de Castella-Müller (2004), les surfaces décapées s'apparentent à des « summers-warm » pools avec des moyennes de température de l'eau supérieures de 3 °C aux valeurs mesurées dans d'autres petits plans d'eau plus végétalisés. Les valeurs du pH, de l'oxygène dissout, de la conductivité et des nutriments, exprimées dans le tableau 2 ne diffèrent pas significativement des valeurs de l'étang en contact et de la mare située à proximité. Selon le même auteur, ces caractéristiques placent ces plans d'eau entre un système allogène (avec une influence lacustre) et un système autogène (production primaire et décomposition).

	pH	O2 dissous mg l ⁻¹	conductivité µS cm ⁻¹	nitrates mg N-NO ₃ l ⁻¹	phosphore tot. mg l ⁻¹ PO ₄ ³⁻
décapage	8	10.9	511	0.22	0.04
étang	7.8	8.7	440	0.05	0.02
mare	7.7	9.9	443	0.06	0.03

Tableau 2 : Valeurs médianes du pH, de l'oxygène dissout, de la conductivité, des nitrates et du phosphore total du décapage comparées avec les valeurs d'un plan d'eau permanent (étang) et une mare temporaire du site de Font (tiré de Castella – Muller, 2004)

Le décapage a été réalisé dans des gleys à anmoors plus ou moins tourbeux relativement superficiels. En raison de la jeunesse de la pédogénèse sur la Rive Sud, l'horizon organique atteint rarement 40 cm et ce uniquement dans des conditions anoxiques. Après décapage, le substrat de fond était de composition essentiellement minérale dans la zone à 40 cm, partiellement organique dans le secteur à 30 cm et complètement organique dans la zone décapée à 20 cm.

3.2 Vitesse de colonisation

3.2.1 Le front des ceintures de roselières

Comme le montre la figure 5, une progression linéaire significative ($P=0.0001$), de la largeur de la ceinture de roseaux en relation avec les années, a été observée pour chacune des profondeurs pendant 7 ans.

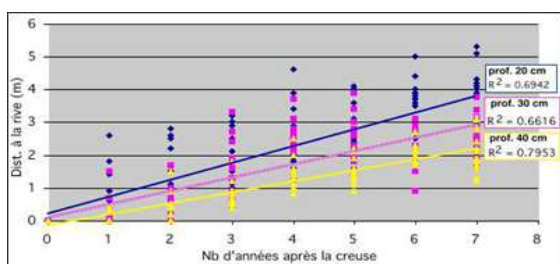


Figure 5 : Progression en mètre du front de la roselière (colonisation centripète) en fonction du temps dans les trois profondeurs de décapage.

Un test de rééchantillonnage par bootstrap indique que la progression du front, exprimée par la pente de chaque droite, est significativement différente selon les profondeurs de décapage ($P=0.0001$).

3.2.2 Foyers secondaires de colonisation centrifuge

Tous les processus de colonisation centrifuges ont comme origine des petits îlots résiduels du tapis de rhizomes de roseaux ou de laiches qui, durant la première année, ont dérivé dans les différentes zones décapées. Ces îlots se sont ensuite échoués préférentiellement, pour plus de 15 d'entre eux, dans la zone la moins profonde. 3 autres sont restés bloqués sur les marges du canal principal de drainage dans la zone décapée à 30 cm.

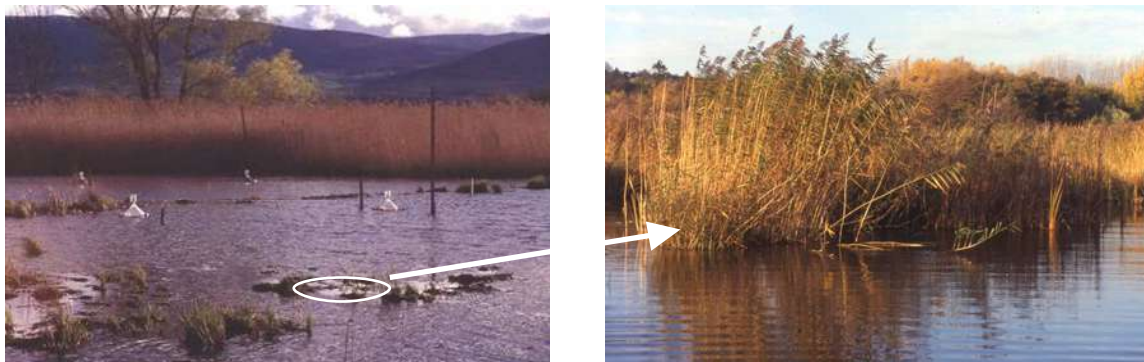


Figure 6 : Evolution des îlots entre 1994 et 1998. Le cercle localise l'îlot photographié 4 ans après sous un autre angle.

La comparaison de l'accroissement surfacique entre les îlots répartis dans les 2 profondeurs, illustrée par la figure 7, montre une croissance plus rapide de la végétation dans la zone décapée à 20 cm. En 2001, la surface colonisée par la végétation avoisinait le 15% de la surface décapée de la zone creusée à 20 cm et le 10% de celle creusée à 30 cm. Mais cette apparente discrimination par la profondeur correspond à un artefact provoqué par une potentialité d'accroissement proportionnelle à la somme des périmètres des îlots présents au départ dans chacune des zones. Cette observation logique ne put être testée statistiquement, chacun des îlots ne pouvant être traité comme objet statistique, puisqu'ils disparaissaient ou s'agrégeaient au fil de leur dérive ou de leur colonisation par la végétation.

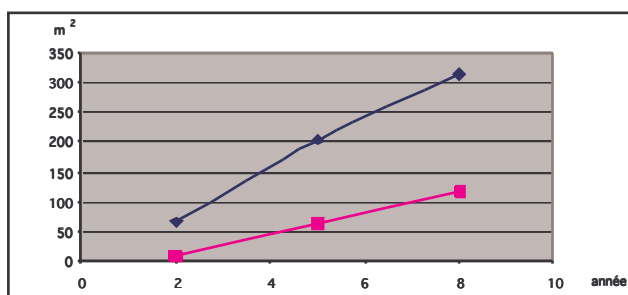


Figure 7 : Accroissement surfacique (m²) en fonction du temps (année) de la végétation de l'ensemble des îlots dans la zone décapée à 20 cm (n=15 en 1997, trait bleu) et de l'ensemble des îlots dans la zone décapée à 30 cm (n=3 en 1997, trait rose).

3.3 Densité des roseaux

A une même distance de la rive et une fois la densité minimale d'une roselière «adulte» atteinte, aucune différence significative de densité des roseaux n'est perceptible selon les différentes profondeurs de décapage comme en témoigne la figure 8 (P = 0.01, test de t avec h₀ sur 3 profondeurs et respectivement sur les années 1999, 2000)

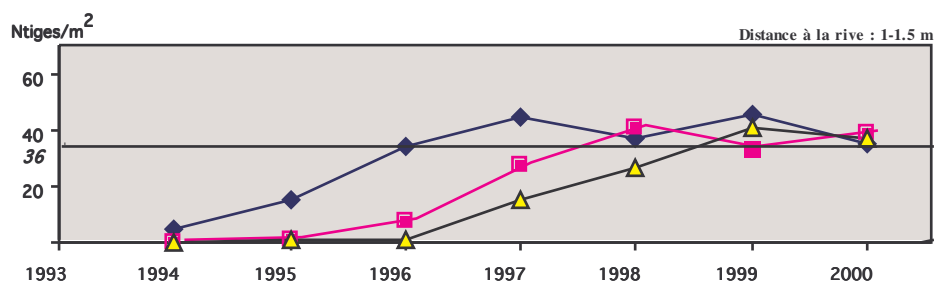


Figure 8 : Evolution temporelle de la moyenne des densités des roseaux dans une frange distante de 1 - 1,5 m à la rive

En revanche, vu la progression différentielle des franges de nouvelles roselières, des densités moyennes normales ne seront atteintes que plus tard dans la zone la plus profonde à distance comparable de la rive. Dans le décapage à 40 cm, l'accroissement de la densité jusqu'au seuil de 36 tiges/m² (valeur moyenne de référence de la roselière témoin CHXZT3) selon une distance donnée à la rive nécessite 2 ans de plus que dans la zone décapée à 20 cm. La superposition de la progression du front (figure 5) et de l'évolution de la densité (figure 9) montre qu'une marge de 1 à 1.5 m sépare le front de la roselière de la zone de roseaux de densité équivalente à une roselière non entretenue.

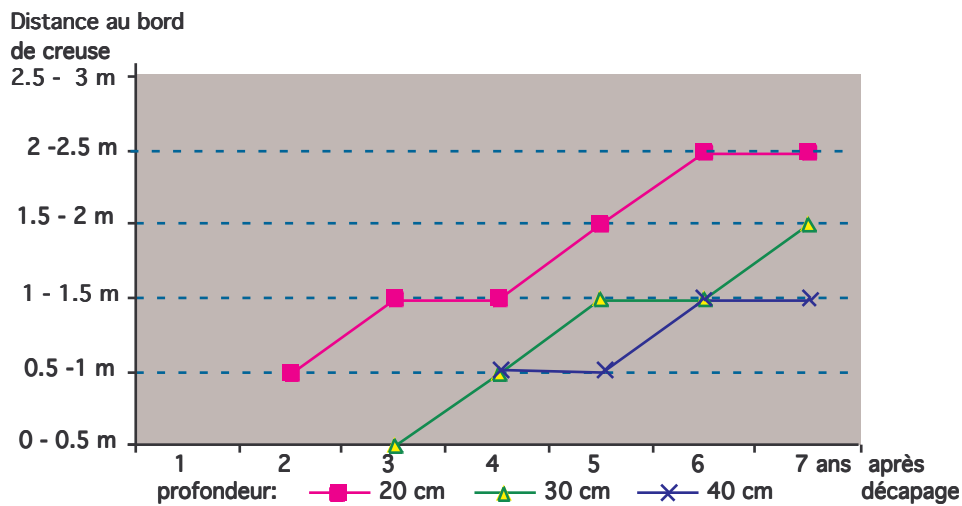


Figure 9 : Evolution spatio-temporelle du seuil de densités de tiges vertes de roseaux au moins égales à $d > 36$ selon les 3 profondeurs de creuse. La densité, seuil dans les premiers 50 cm à la rive, était atteinte respectivement la 2ème année pour la profondeur à 20 cm et la 4ème année pour la profondeur à 40 cm.

3.4 Paramètres morphométriques

Les résultats de l'analyse de variance entre les différents échantillonnages de longueur et de diamètre de roseau pris 2 à 2, exprimés dans le tableau 3, permettent de dégager les points suivants :

- Les roseaux poussant dans la zone décapée à 20 cm sont significativement moins longs que ceux de la frange de la zone décapée à 30 cm et que ceux du carré permanent de référence CHXZT3. Par contre, vu l'absence de différences significatives entre la frange à 40 cm et les franges des 2 autres profondeurs, on ne peut conclure à une corrélation entre la profondeur et la longueur du roseau.
- Le diamètre n'est pas significativement différent entre les populations de roseaux des franges à 3 profondeurs, exception faite d'une paire singulière des roseaux du front de la roselière de la creuse à 30 cm et de ceux de la zone décapée à 20 cm.
- La longueur et le diamètre des roseaux, qui colonisent les différentes franges, ne diffèrent pas significativement de ceux échantillonnés dans les parcelles témoins contiguës, même si leurs valeurs sont globalement supérieures.

n°	station	Longueur									diamètre										
		Moy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Moy	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	20 cm, front	282							+		+	6.3									
2	20 cm, bord	288							+		+	6.8									
3	20 cm Te :CP 3	261						+	+		+	6.6									
4	40 cm, front	308										7.1									
5	40 cm Te : CP 5	306										6.7									
6	30 cm, front	327			+							8.6	+	+	+	+	+				
7	30 cm,bord	358	+	+	+							7.9									
8	30 cm, Te	269				+			+		+	5.6		+					+		
9	ChxZT3, 2000	339	+	+	+						+	8.3	+							+	

Tableau 3 : Analyse de variance calculée sur la longueur (l) et le diamètre (d) d'un échantillonnage de roseaux (N=30) effectué en 2003. Toutes les paires significativement différentes entre elles sont marquées d'un + (test de Tukey- Kramer).

3.5 Composition végétale et diversité

Les relevés et observations collectées mettent en évidence une diversité végétale différente dans les franges des zones décapées comparée à celles des îlots (tableau de végétation en annexe II).

La frange de végétation en bordure des zones décapées (colonisation centripète) n'est constituée que par de la roselière pure, excepté 2 zones circonscrites colonisées par *Typha angustifolia*. Sa strate unique est à l'image d'une roselière paucispécifique sans accumulation de litière.

La colonisation centrifuge, avec comme point de départ les îlots résiduels dans les zones décapées, est caractérisée par le développement d'une végétation beaucoup plus diversifiée, souvent avec des espèces étrangères à celles qui ont colonisé en premier lieu ces petites surfaces dénudées.

2 types peuvent être distingués:

- La végétation colonisatrice ou en place croissant sur la partie émergée des îlots : le cortège des espèces met en évidence une végétation typique de roselière et de prairie à grande laiche (*Carex elata*) correspondant en partie aux espèces trouvées in situ avant le décapage (cf. relevés en annexe). En d'autres termes, le décapage jusqu'à 30 cm de profondeur n'a pas évacué la totalité des rhizomes qui, sous forme de mottes conservant un stock grainier, donne des îlots de végétation originelle. Sa structure verticale se compose d'une strate dominée par la grande laiche et de quelques espèces compagnes dont la fréquence dépend de la densité de la haute strate herbacée de roseaux. Le développement de ligneux comme le saule cendré (*Salix cinerea*) très vigoureux sur 4 îlots et d'un saule blanc (*Salix alba*) trouvent des conditions d'installation très favorables sur le sol nu constamment humide de ces îlots.

- Les franges de grandes héliophytes qui se développent à partir de ces îlots : elles sont le plus souvent composées de roseaux mélangés avec quelques massettes à feuilles étroites et plus rarement, de quelques touffes de jonc du tonnelier. La massette à feuille étroite (*Typha angustifolia*) forme une ceinture monospécifique très dynamique à partir de 2 îlots. La structure verticale unistrate de ces ceintures à colonisation centrifuge est comparable à la frange de roselière à croissance centripète et génère des groupements de roselières de transition.

Comme le montre le tableau 4, le nombre d'espèces chute au fur et à mesure de la colonisation. Les espèces pionnières peu compétitives ont été éliminées dès que la grande laiche (*Carex elata*) se régénère à partir des restes de rhizomes contenus dans ces îlots. Le nombre d'espèces relevées dans des placettes représentatives des emplacements respectifs de l'îlot 9 et 15, dénote dans le premier îlot d'un total d'espèces comparable à la situation de 1997, pour le deuxième îlot, le *Caricetum elatae* d'origine a évolué vers un *Typhetum angustifoliae* pur. Ce massif à massettes provient d'une propagule préservée lors du décapage.

îlot n°	1	4	5	9	18	3	13	14	15	10
Profondeur	20	20	20	20	20	20	20	30	30	30
Nb d'espèces en 1997	5	12	12	15	1	4	9	2	1	11
Nb d'espèces en 2001	3	4	7	5	2	3	5	2	1	4
différence	-2	-8	-5	-10	1	-1	-4	0	0	-7
<i>Nb d'espèces avant décapage</i>				12					9	

Tableau 4 : Evolution du nombre d'espèces végétales par îlots entre 1997 et 2001. En italique, la diversité avant décapage dans des placettes localisées à proximité directe de l'îlot correspondant.

3.6 Résumé des différents résultats et remarques générales

En résumé, les différentes profondeurs de décapages se différencient par :

- la vitesse d'extension du front de roselière ;
- le potentiel de végétalisation par les propagules (rhizomes, graines) laissées en place après le décapage ;
- des roseaux inférieurs à 3 m dans la zone de décapage à 20 cm.

10 ans d'accroissement de la rhizosphère de la ceinture colonisatrice ne permettent pas de retrouver le niveau initial de sol et ce même dans la zone de décapage la plus faible. Même pendant la sécheresse de 2003 où pour la première fois depuis les travaux, un assèchement complet par évapotranspiration des roselières inondées adjacentes était observé, 5 à 10 cm d'eau stagnait dans les zones décapées à 20 cm, seul indice prouvant que le tapis rhizomateux n'atteint pas le niveau du sol intact.

Le type de substrat laissé en place lors du décapage est déterminant pour la stratégie de colonisation. L'extraction de la totalité de la matière organique non figurée et figurée dans la zone à 40 cm ne laisse aucune chance à une colonisation par des foyers secondaires. Par contre, sur 18 îlots dénombrés en 1994, 15 sont situés dans la zone décapée à 20 cm de profondeur caractérisée par une couche organique que partiellement détruite. Les diaspores, sources de foyers de colonisation secondaire, sont donc encore nombreuses. Des tourradons de *Carex elata* ou des amas de rhizomes de roseaux constituent la majorité de ces organes de propagation. Les 3 îlots restants sont des foyers de colonisation dans la zone décapée à 30 cm.

Des événements imprévisibles associés à la colonisation centrifuge auraient pu changer rapidement la physionomie générale de la zone décapée, comme cet épisode unique et fugace de colonisation par des germinations de graines de *Thypha sp* (figure 10) qui envahissaient en 1994 presque la totalité des zones décapées à 20 et 30 cm de profondeur. Dans les deux mois qui suivirent, leur abrutissement par deux couples de cygnes (*Cygnus olor*), aidés de leurs petits a fait disparaître la totalité des jeunes pousses.



Figure 10 : germination de *Thypha sp* en 1994 dans la zone décapée à 20 cm

4 DISCUSSION

4.1 L'importance des différents traits pour la croissance du roseau

4.1.1 La profondeur et la nature du substrat

Dans sa synthèse concernant la gestion des roselières, Sinnassamy (2000) passe en revue les effets de l'augmentation de la profondeur sur la croissance du roseau. Celle-ci induit une augmentation du diamètre et de la hauteur des tiges (proportionnellement à une augmentation de la masse foliaire) qui permet d'améliorer les échanges gazeux avec les rhizomes, ce qui tend à accroître le rapport biomasse aérienne/biomasse souterraine. La croissance des parties aériennes se ferait donc au détriment de la biomasse allouée aux rhizomes, avec comme conséquence une diminution du potentiel d'extension centripète de ces derniers. Coops (1996, *in* Sinnassamy, 2000) observe cette différence d'allocation de matière organique sur des roseaux poussant dans 80 cm d'eau. Les variations de profondeur de 10 cm n'ont donc vraisemblablement que peu d'influence sur les différences fortement significatives de la vitesse d'extension du front dans les différentes creuses. Par contre, la profondeur peut être un facteur explicatif important dans la comparaison entre la vitesse de fermeture de la creuse à 40 cm et celle de l'étang voisin d'une profondeur moyenne d'1 m (avec une croissance de la ceinture des hélrophytes d'une largeur moyenne inférieure à 50 cm en 12 ans) pour un fonds sableux identique.

Sans qu'il fût testé, un décapage léger (environ 10 cm) par raclage laisserait en place une multitude de diaspores vraisemblablement vivantes qui initieraient une végétalisation rapide (colonisation centrifuge) de tout le plan d'eau avec une reconstitution rapide des structures de la rhizosphère.

profondeur	20 cm	30 cm	40 cm
Nature du substrat après décapage	<i>M.O résiduelle et rhizomes</i>	<i>M.O résiduelle et rhizomes</i>	<i>sables</i>
Vitesse de la colonisation centripète (ceinture de roseaux)	3	2	1
Potentiel de colonisation centrifuge (extension des îlots)	1	1	0
Densité (selon la valeur de référence)	1	1	1
Diversité des types de végétation	1	1	0
Morphométrie (seuil: L. 300 cm, diam. 6,5 mm)	(1)	1	1
Espèces colonisatrices indésirables (ligneux)	-1	-1	0
total	5	5	3

Tableau 5: Synthèse des résultats selon les différentes profondeurs de creuse et le substrat de fonds. Les descripteurs sont cotés selon un système booléen (1, 0), excepté le premier qui est coté selon 4 valeurs (3, 2, 1, 0). La cotation du descripteur en valeur négative exprime un effet indésirable de la colonisation.

Le rôle du substrat et la présence de matière organique, susceptible d'augmenter la fertilité du sol et la croissance des hélophytes sont également relevés par plusieurs auteurs. Dans un essai de comparaison de croissance de massettes à feuilles larges, à feuilles étroites et de roseau en conditions expérimentales d'inondation permanente, Szczepanska (1976) constate une augmentation de la biomasse des rhizomes lorsque le sol est fertilisé. Même si le roseau répond moins bien que les massettes à ce stimulus, la présence de matière organique paraît plus discriminante pour la croissance optimale du roseau que des variations de 10 cm de hauteur d'eau. La couche de vase organique en suspension stimulant la croissance des rhizomes et a fortiori, l'extension de la ceinture, expliquerait ainsi les différences significatives de l'avancée du front de la roselière dans l'essai de Font. Lors de restaurations de plans d'eaux superficiels, le bureau Ecotec a constaté que la présence de matière organique et de rhizomes favorisaient une repousse rapide de la roselière indépendamment de la hauteur d'eau (Meilan, *données non publiées*).

Quel que soit le substrat ou la profondeur, la mise en eau par décapage agit favorablement sur la morphométrie du roseau et permet d'obtenir ou d'approcher les valeurs seuils de 3 m de longueur et de diamètre supérieur à 6,5 mm valeurs morphométriques du roseau exigées par plusieurs espèces d'oiseaux pour leur habitats de reproduction (Sinnassamy, 2000, voir tableau 5).

L'accroissement en épaisseur de la rhizosphère des grandes hélophytes est un des facteurs prépondérants de l'atterrissement de ces formations. Andersen (1976) cite une biomasse souterraine 6 fois plus importante que la biomasse aérienne pour des roselières d'un lac danois. Dans la zone de Font, le rehaussement du sol à partir de la frange de la creuse à 20 cm a été estimé en 10 ans à une dizaine de centimètre. Une évolution linéaire de cette accumulation en fonction du temps est toutefois peu probable. L'accumulation de matière organique peut en effet accentuer l'anoxie et freiner à un moment donné la vitesse de croissance du roseau et de sa biomasse souterraine (Armstrong *et al*, 1996). Dans ce dernier cas, la progression pionnière du front de roseau continuerait d'être linéaire, alors que la densité et les caractères morphométriques de roseaux issus de tapis de rhizomes plus âgés tendraient à diminuer, comme le vérifie aussi Le Nédic (2002) dans le suivi des roselières non fauchées pour le trait du diamètre (mais pas pour la longueur).

Outre la profondeur, la présence de mottes de rhizomes peu abîmés sont des facteurs déterminants pour relancer une colonisation par des hélophytes et notamment par la laiche élevée (*Carex elata*), comme l'a constaté Le Nédic, (2002) dans les ornières d'Elbotel. Le potentiel de la colonisation par les îlots ou par des diaspores disséminées dépend du type de matériel laissé en place après décapage. Les segments de rhizomes de roseaux arrachés et mis en flottation ne semblent pas viables.

Comme dans le cas de la fauche, ces substrats humides en mottes nues offrent des conditions particulièrement favorables à la germination de saules (*Salix sp*). Une étroite surveillance les premières années de ce type de surface doit permettre d'éliminer manuellement ces ligneux non désirés.

4.2 Modèle prédictif de fermeture de zones décapées

En résumé, les paramètres agissant sur la vitesse de fermeture d'une zone décapée sont :

- De nature édaphique : la composition du substrat de fond avec notamment la présence ou non de matière organique.

- De nature hydrique : la nature des fluctuations de la nappe (période d'exondation possible), la hauteur d'eau à partir d'un certain seuil limite la vitalité des rhizomes.
- Des facteurs de stratégie de colonisation : la nature des rhizomes (déchiquetés ou en mottes) et leur nombre qui peuvent être autant de foyers d'une colonisation potentielle depuis l'intérieur de la zone décapée. De manière plus imprévisible, une colonisation dispersée par germination peut intervenir tout au long du processus de fermeture et même être très probable en cas d'assèchement temporaire de la surface décapée. Selon la composition végétale des plantes en bordure de creuse, la dynamique centripète de recolonisation peut être plus ou moins rapide.
- Un facteur géométrique : la largeur maximale de la zone décapée. Le temps de fermeture complet d'un plan d'eau est proportionnel à sa largeur maximale.

Le modèle simple de la figure 11 s'appuie sur les différences significatives de progression de la ceinture de la roselière (colonisation centripète) du décapage de Font pour prédire le temps de fermeture complète de zones décapées de 20 m de large. Pour les caractéristiques respectives d'un décapage à 20, 30 et 40 cm, la disparition de la zone ouverte interviendrait respectivement après 19, 25 et 31 ans. Cette fermeture pourrait être encore plus rapide dans les zones à 20 et 30 cm si la colonisation par des foyers secondaires était prise en compte.

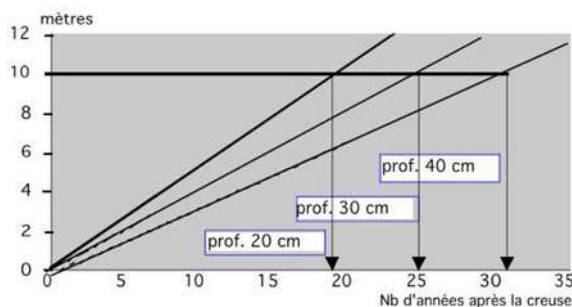


Figure 11: courbes prospectives de la progression de la roselière dans les 3 surfaces décapées selon des pentes respectives $y_{20\text{ cm}}=0.51x$, $y_{30\text{ cm}}=0.4x$, $y_{40\text{ cm}}=0.33x$ calculées sur 8 ans de mesure

Si le désir est de favoriser une colonisation qui passe par une succession de groupements d'hélophytes pionniers, l'arasement de l'entier de la rhizosphère en place est à proscrire. Si l'objectif est le maintien d'un plan d'eau ouvert colonisé lentement par de la roselière pure, on privilégiera un décapage de l'entier du tapis de rhizomes.

4.3 Décapage et préservation des fonctions écologiques des roselières

Comme énoncé dans l'introduction, les roselières revêtent une valeur patrimoniale particulière pour la flore et l'avifaune.

Les espèces végétales menacées liées aux roselières sont dépendantes de groupements de transition peu représentés sur la rive, excepté la roselière à utriculaire (unité 24 : 17 ha), formation vraisemblablement secondaire générée par l'impact de la faucheuse dans les roselières inondées.

Ces espèces patrimoniales apparaissent par exemple lors de processus de colonisation d'anciennes lagunes (étangs de Champ-Pittet – *Sparganium sp.*), d'ornières de machines peu fréquentées (ornières de Cheyres – *Hydrocaris morsus ranae*, *Rumex hydrolapathum...*) ou d'ornières d'accès abandonnées traversant des roselières (ancienne ornière de Gletterens – *Utricularia vulgaris...*).

Dans le cas du décapage de Font, aucune de ces espèces n'a été observée, vraisemblablement en raison d'un stock grainier inexistant dans la roselière paucispécifique originelle. Seul un développement de massifs à *Typha angustifolia*, et dans une moindre mesure à *Schoenoplectus lacustris*, a été relevé. Ces milieux, sans pour autant abriter d'espèces menacées, contribuent à restaurer des milieux devenus peu fréquents sur la Rive sud.

Du point de vue de l'avifaune, les résultats du décapage sont plus probants. Pour mémoire, le tableau 6 ci-dessous résume les exigences d'habitats des oiseaux nicheurs inféodés aux roselières inondées.

Espèce	Végétation des sites de nidification	Structures	Inondation	habitats d'alimentation ou autres facteurs
<i>Espèces inféodées aux vieilles roselières</i>				
Râle d'eau*	vieilles roselières inondées, les zones témoins sont les plus favorables	importante litière, hauteur du roseau >3 m	inondation permanente	vieilles roselières
Héron pourpré, à nouveau nicheur sur la Rive Sud	roselières pures, rarement dans des massifs à Typha.	pas déterminant	50 à 20 cm d'eau	plans d'eau d'alimentation à proximité (< 50m)
Blongios nain*	Roselière âgée inondée	grandes tiges de roseaux	inondation permanente	étangs à proximité, mosaïque de milieux : étangs, buissons, roselières de densités différentes
Canards de surface (chipeau, sarcelle d'été* et d'hiver) disparu sur la Rive Sud	vieille roselière, roselière à Carex elata	litière dense	eau aux abords du nids	préfère les plans d'eau pionniers de faible profondeur
Rousserolle turdoïde*	roselières pures inondées en bordure d'étangs	diamètre du roseau >6,5 mm	Inondation permanente	étangs à proximité pour l'alimentation
<i>Espèces inféodées aux roselières de transition</i>				
Panure à moustaches*	surtout dans les roselières à Carex elata, rarement dans des roselières à Typha	tourradons, litière debout épaisse	non inondé	étangs à proximité pour l'alimentation
Locustelle luscinoïde*	roselière hétérogène mal régénérée, des phragmitaies au cladaies	structures de prairies âgées de > 2ans	peu d'exigence d'inondation	sites d'alimentation identiques aux sites de reproduction
Marouette poussin(*?)	roselières de transition à Carex elata ou Typha	hauteur du roseau >3 m	inondation permanente	souvent à proximité de plans d'eau pionniers de faibles profondeurs
Poule d'eau(*?)	roselière hétérogène	roselière uni ou bistratée	inondation permanente	présence d'étangs superficiels ou eau littorale (petits plans d'eau favorables, car diminuent la concurrence de la foulque)

Espèce favorisée par la restauration de milieu pionnier de faible profondeur				
Vanneau huppé* disparu de la Rive Sud	roselière maintenue basse (pacage), zone pionnière, prairie inondée	zone ouverte	faible inondation	grand dégagement, (pas d'arbres à proximité du site de nidification)

* nicheurs transitoires dans la zone décapée de Font

Tableau 6: Synthèse des exigences d'habitats de l'avifaune nicheuse liée aux roselières (d'après Antoniazza M. (1979, 2001) Antoniazza V. (1980), Sinnassamy (2000))

Ce tableau montre l'importance pour l'avifaune nicheuse d'un plan d'eau qui fonctionne comme zone d'alimentation à proximité de l'habitat de nidification. Il rappelle le rôle des facteurs hydriques d'inondation du milieu, des facteurs morphométriques comme une longueur et un diamètre minimaux du roseau et des facteurs structuraux (importance de la litière).

Les observations régulières faites dans la zone de décapage corroborent la synthèse du tableau 6 et notamment tout l'attrait qu'un plan d'eau pionnier de faible profondeur entouré de roselières génère pour les espèces citées. Actuellement¹ la zone décapée de Font abrite le blongios nain (*Ixobrychus minutus*), la mésange à moustaches (*Panurus biarmicus*) qui profite des massifs de massettes et la rousserole turdoïde (*Acrocephalus arundinaceus*) qui niche dans la nouvelle frange de roselière. La présence de ces espèces, toutes trois jugées prioritaires dans la Grande Cariçaie (Keller, Antoniazza, 2003) montre que le décapage a permis de restaurer la fonctionnalité des roselières (diversification des structures, densité et morphométrie optimale de la frange de colonisation de la roselière). Ces espèces résidentes se révèlent être de bons indicateurs, car leur densité est corrélée positivement avec des caractéristiques de milieu difficilement quantifiables comme la structure, le degré d'inondation et les faciès des zones de contacts avec le plan d'eau (Antoniazza & Maillefer, 2001).

La valeur patrimoniale des roselières pour les invertébrés est certaine, mais les investigations dans les roselières de la Grande Cariçaie sont peu nombreuses et concernent la faune du sol. Sur la base des données de littérature (Ostendorp, 1993, Fojt & Forster, 1992 in Sinnassamy, 2000), une centaine d'espèces d'invertébrés fréquenterait les roselières. Quelques dizaines d'entre eux accompliraient l'entier de leur cycle dans la roselière. Certaines espèces de papillons comme l'Arctiidé *Pelosiâ obtusa*, trouvé en Suisse surtout dans la Grande Cariçaie, ou le Noctuidé *Archarana sp*, exigent des roselières fortement structurées. *P. obtusa* a été menacé de disparaître des rares sites connus d'Angleterre pour cause de fauchage trop fréquent des roselières les abritant (Fojt & Forster, 1992).

L'effet du décapage sur les invertébrés reste aujourd'hui mal connu. Le dispositif expérimental mis en place dans la zone de Font pour le suivi de la faune des invertébrés s'est en effet révélé insuffisant pour répondre à cette question. Les sites de piégeage ne permettant que le suivi de l'évolution de la faune du plan d'eau, mais omettant celui des fonctionnalités nouvelles créées par les ceintures d'hélophytes colonisatrices. 2 résultats peuvent être toutefois retenus :

¹ Les tentatives de nidification des canards de surface (nettes rousses et canard chipeau) sont découragées par l'agressivité des foulques. Actuellement, le développement des grandes hélophytes sur les îlots n'offre plus d'habitats de reproduction favorables au vanneau huppé. Notons aussi que la forte attractivité de la zone à faible profondeur pour les limicoles migrants pendant ses premières années d'existence fit de la zone décapée un des points de haute diversité ornithologique de la Rive Sud.

- L'abondance des chironomes, taxa prépondérants du niveau trophique intermédiaire et constituant la base alimentaire des carnivores (libellules, oiseaux...) est significativement inférieure (*Mann-Whitney*, $p < 0,05$) dans la creuse à 40 cm par rapport aux creuses à 30 et 20 cm de profondeur (Lods-Crozet, *non publ.*). La fonction de réservoir alimentaire est favorisée par un décapage à faible profondeur.
- l'attrait de la zone la moins profonde comme site de reproduction pour 2 insectes rares trouvés à l'état larvaire : la libellule *Aeshna affinis* et l'éphémère *Caenis lactea*.

4.4 Avantages et désavantages du décapage sur les autres modes de gestion des roselières

4.4.1 Sous l'angle de la conservation des fonctions biologiques

Les facteurs d'altération des fonctions des roselières intérieures mis en relation avec les différents modes de gestion permettent d'évaluer l'effet de chaque mode d'entretien sur les biocénoses.

L'évolution des roselières qui se traduit d'abord par la fermeture de lagunes par les premières ceintures d'hélophytes pionnières, puis par l'évolution de ces dernières vers de la roselière pure, n'est pas freinée par le fauchage triennal et encore moins par l'abandon de l'entretien : la fauche accélère l'apparition d'espèces eutrophes et la mise en flottation du tapis rhizomateux favorise la transgression vers la prairie à laiche élevée (Moret, 1988, Le Nédic, 2002). L'absence d'entretien se traduit par une accumulation de litière (mais comment évolue-t-elle ?) qui contribue à diminuer lentement l'attractivité du milieu pour la flore et pour l'avifaune (Antoniazza, *non publ.*).

L'action de revitalisation par décapage initie un processus de colonisation pionnière de la lagune creusée, en privilégiant dans le cas de Font, les ceintures de roseaux et de massettes à feuilles étroites (*Typha angustifolia*) selon la nature des horizons qui constituent le fond de la creuse. Actuellement une partie de la ceinture à massettes évolue peu à peu vers de la roselière.

Selon le matériel laissé en place lors de la creuse, la végétation présente avant les travaux détermine la nature des faciès de végétation recolonisatrice. Dans la zone creusée à 20 cm, la recolonisation des îlots nus s'est fait avec les espèces des prairies à grandes laiches présentes avant la creuse. Une profondeur plus importante éliminant les diaspores de ce type de formation, la ferait évoluer vers une roselière. De même qu'avec un substrat de fonds de type molassique ou morainique, plusieurs expériences (étangs de Châbles, mare de Font, diverses mares temporaires) montrent que la conservation de la végétation originelle n'est pas assurée et peut évoluer vers d'autres formations végétales.

Le décapage n'assure vraisemblablement pas la pérennité des groupements de roselières à Berle dressée (*Berula erecta*) ou à utriculaire. Les espèces patrimoniales qui leur sont associées s'installent dans les marques mal cicatrisées et générées par le passage d'Elbotel (Clerc, 2002).

De même, un passage répété de la faucheuse sur une même zone crée rapidement une ornière qui se transforme à la longue en un canal (cas de l'ornière de Gletterens). Laisse à l'abandon, ce canal pourra évoluer avec l'apparition de différentes hélophytes pionnières dans un processus équivalent de celui initié par le décapage. La vitesse de colonisation est mal connue, mais Allenbach (2004) dans une étude sur le compactage supposé du sol par Elbotel, montre que la déchirure du matelas de rhizomes se répercute par un tassement des couches inférieures, dont l'effet sur le potentiel de colonisation des ceintures reste inconnu.

En résumé, l'abandon n'assure pas la conservation des fonctions biologiques des roselières inondées. Une action de décapage restaure ou initie, selon la nature de la végétation en place, des fonctions originelles que de vieilles roselières avaient perdu, à condition d'avoir un substrat organique ou sableux. Des solutions annexes qui exploiteraient d'une manière maîtrisée les effets collatéraux de la faucheuse ou une adaptation du rythme de fauche devraient être étudiées, car elles pourraient aussi avoir les mêmes effets fonctionnels.

4.4.2 Sous l'angle des coûts

Une comparaison des coûts des différentes interventions montre que le décapage reste une action très coûteuse. Comme l'exprime le tableau 9, le coût d'entretien par décapage pendant un cycle de 25 ans pour 1 hectare est 4 fois supérieur à un fauchage triennal effectué pendant la même période.

Le coût lié à l'évacuation des matériaux correspond presque à la moitié du coût total. Des solutions de mise en valeur du matériel extrait ou d'une diminution des coûts d'évacuation permettraient de limiter la facture finale. Un précédent a déjà été obtenu lors de la réalisation de l'étang de Châbles (FR), puisque grâce à une dérogation du concordat intercantonal, une immersion du substrat extrait dans une crique proche a permis avec succès d'interrompre le processus érosif à laquelle elle était soumise.

Dans une logique de balance des coûts, le décapage de 2 ha ne peut être envisagé actuellement qu'au détriment du fauchage annuel de 70 ha marais, surface fauchée approximative par Elbotel au cours de la saison 2003.

Action technique	coût Fr/ha	Coût / ha de gestion sur 25 ans	Contraintes techniques	Avantages	Désavantages
décapage	99'000	99'000	évacuation du matériel difficile ou impossible selon la portance des accès	Une intervention pour un cycle de plusieurs décennies	très coûteux
fauche	3700	18500	espacement du rythme de fauche limité par la qualité de la litière récoltée (max 5 ans ?)	faible coût, conservation de l'avifaune en place, « entretien » des plantes patrimoniales	transgression de la roselière vers des groupements moins humides, destructuration
Abandon	aucun	aucun	aucune	conserve les organismes des spécialisés des vieilles roselières	assèchement à long terme ?

Tableau 9: Comparaison des coûts des différentes actions d'entretien possibles pour les roselières inondées

5 CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

L'essai de Font a montré que le décapage pouvait offrir une restauration des processus d'installation des ceintures d'hélophytes conduisant à terme à la roselière inondée. Cette phase de colonisation permet de rehausser la valeur écologique du milieu périphérique.

Afin de « rentabiliser » au mieux l'intervention, le décapage devrait se faire au moins à deux profondeurs différentes, l'une correspondant à un enlèvement total de l'horizon organique, l'autre à un enlèvement partiel.

Le décapage épargnant de la matière organique favorise les différentes dynamiques de colonisation et de ce fait la diversité des habitats. Les premières contribuent à augmenter les surfaces de formations végétales devenues rares sur la rive

Le décapage « profond » permet la création et le maintien à moyen terme d'un plan d'eau, complément souvent indispensable pour l'avifaune des roselières. De ce fait, la planification et la gestion de roselières inondées doivent être associées à celles des étangs. L'échelle de temps de fermeture par la végétation est le paramètre principal qui sépare une planification de gestion d'étang et de restauration lente de roselière inondée.

Le couplage de la fonction d'étangs et de zone décapée (creuse en seuils de différentes profondeurs) est une solution souvent retenue dans des expériences extérieures, car il assure la pérennité relative d'une zone d'écotone.

Une zone décapée non inondée est un milieu extrêmement favorable à des germinations de toutes sortes de plantes pionnières, avec un risque de voir l'entier de la surface colonisée en une seule saison. Pour remédier à cette éventualité, les profondeurs de creuses doivent être prévues à cet effet. Une liaison directe ou indirecte avec le lac est une garantie d'un niveau minimum, vu la régularité de ces fluctuations. Avec un apport d'eau par l'arrière-pays, un risque est pris d'avoir des eaux trop chargées.

Les paramètres à observer pour un décapage de restauration de roselière inondée devrait prendre en compte les éléments suivants :

Critères géographiques

La fluctuation de la nappe détermine la profondeur de creuse

- Site avec des surfaces de roselières ou prairies à grandes laiches suffisamment vastes pour assurer un écotone fonctionnel dans le périmètre extérieur de la zone décapée
- Accès possible pour les machines de chantier avec possibilité de ressuyage des matériaux d'excavation

Critères de mise en œuvre

- Une surface d'une largeur de 20 m creusée en limite inférieure de l'horizon organique nécessite un pas de temps supérieur à 20 ans avant une fermeture complète
- Maintien de 2 horizons différents : un horizon organique et un horizon minéral

Suivi après travaux

- Supprimer rapidement tous les ligneux installés sur les îlots éventuels

Le protocole de suivi de l'évolution de la végétalisation de la zone décapée de Font prévoit qu'à chaque vol (normalement tous les 5 ans), destiné à des prises de vues redressées et utilisables pour saisir les nouveaux contours de la végétation, correspond une cartographie des différentes unités végétales en place dans la zone décapée.

Dans le cas d'une autre expérience de décapage, le protocole de suivi mis en place devrait prendre en compte les processus de colonisation pionniers et leurs rôles pour un groupe faunistique intégrateur comme l'avifaune.

BIBLIOGRAPHIE

- ANDERSEN F. O., 1976. Primary production in a shallow water lake with special reference to a reed swamp. *Oikos*, 27 : p. 243-250
- ANTONIAZZA M., MAILLEFER A., 2001: Influence du fauchage des marais sur la répartition et la densité des oiseaux nicheurs de la Grande Cariçaie. Actes du colloque interrégional d'ornithologie, Yverdon-les-Bains (Suisse), 1999 Nos Oiseaux, suppl. 5, p. 53-72
- ARMSTRONG J., ARMSTRONG W. W. & H. VAN DER PUTTEN H., 1996 : *Phragmites australis* die-back. Bud and root death, blockages within the aeration and vascular systems and the possible role of phytotoxins. *New Phytologist*, 133 : 399-414
- BUTTLER A., CORNALI P., BUECHE M., 1995 : Etudes des effets de la régulation des lacs subjurassiens sur la végétation et le milieu. Rapport final, Laboratoire d'écologie végétale et de phytosociologie de l'Université de Neuchâtel, sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage. 154 p.
- CASTELLA – MUELLER J., 2004 : Végétation aquatique et gradients environnementaux en zone alluviale périlacustre (Lac de Neuchâtel, Suisse). Thèse de la Faculté des sciences de l'Université de Genève. 176 p.
- CLERC C., 2003: Cartographie de la végétation de la Grande Cariçaie. Ed. GEG, Grande Cariçaie, Cheseaux-Noréaz 61 p.
- COOPS H., 1996 : Helophyte zonation. Impact of water depth and wave exposure. Thèse de l'Université de Nijmegen, The Netherlands. p.1-150
- DUNANT F., 2001 : la revitalisation de la roselière de la Pointe-à-la-Bise. *Génie biologique* 1, mars 2001, ISSN1422-0008
- KELLER V., ANTONIAZZA M., 2003 : Espèces pour lesquelles la Rive sud du lac de Neuchâtel revêt une importance particulière. Schweizerische Vogelwarte, Sempach, Groupe d'Etude et de Gestion, Cheseaux-Noréaz 25 p.
- LE NEDIC C., MORET J.-L., 1987: Effets de l'entretien sur la végétation. Résultats de 1986. Rapport n°3. Ed. GEG, Grande Cariçaie, Cheseaux-Noréaz 76 p.
- LE NEDIC C., MORET J.-L., 1990: Effets de l'entretien sur la végétation, résultats de 1987. Rapport de gestion n°15. Ed. GEG, Grande Cariçaie, Cheseaux-Noréaz 54 p.
- LE NEDIC C., 2002 : Suivi du fauchage mécanisé sur la végétation. GEG, Yverdon
- MAUCHAMP A., YAVERCOVSKY N. & SINNASSAMY J. M., 2002 : Assistance au suivi et à la gestion des roselières des réserves naturelles de France. Ed. réserves naturelles de France, Station biologique de la tour du Valat 73 p.
- OSTENDORP W., 1993 : Schilf als Lebensraum. Beihefte zu den Veröffentlichungen für Naturschutz und Landschaftspflege in Baden – Wurtemberg, Band 68, 1993, ISSN 3-88251-184-2
- SAGER L., 2002 : Distribution d'*Hydrochois morsus ranae* et *Rumex hydrolapathum* dans un bas marais périlacustre, influence du fauchage. Mémoire N° 74. Laboratoire d'écologie et de biologie aquatique de l'Université de Genève. 126 p.

SINNASSAMY J. M., & MAUCHAMP A., 2000 : Roselières : gestion fonctionnelle et patrimoniale. Ed : ATEN, Fondation EDF, Réserves naturelles de France & Station Biologique de la Tour du Valat publ., Cahiers Techniques N°63 : 1-96

SZCZEPANSKA W., SZCZEPANSKI A., Growth production of underground organs of *Typha angustifolia* L., *Typha latifolia* L. and *Phragmites communis* Trin in relation to the fertility of soils. *Polskie archiwum hydrobiologii* **23**; 2 p 233-248

ANNEXE I

Caractéristiques pédologiques du matériel décapé

Résultats de l'échantillon tamisé à 2 mm :

Granulométrie

argile	13 %
limon fin	9 %
limon grossier	5 %
sable fin	60 %
sable grossier	13 %

Chimisme (sans tenir compte de la matière organique figurée)

	% poids de matière sèche
Carbone organique	3
Azote total	0.14
CaCo ₃	20

ANNEXE II

Végétation des îlots de la zone décapée : relevés de 1997 et 2001

îlot n°	1	1	4	4	5	5	9	9	10	10	3	3	13	13	14	14	15	15	18	18
Année 19.. - 20..	97	01	97	01	97	01	97	01	97	01	97	01	97	01	97	01	97	01	97	01
REC. (%)	10	10	10	10	10	10	90	95	10	10	70	10	75	90	90	90	85	90	10	75
	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0							0	
SURFACE (M2)	12	14	58	92	17	20	60	16	20	24	9	15	0	8	1.2	31	19	56	7	7
							2													
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	r		r																	
<i>Berula erecta</i>			+				+													
<i>Cardamine palustris</i>			+				+					+		+						
<i>Carex elata</i>	5	5	5	5	5	5	3	2	4	3	5	5	5	5	5	3				1
<i>Galium palustre</i>			1		2		1		+				+							
<i>Veronica beccabunga</i>			+		+		+		+											
<i>Lycopus europaeus</i>					+				+		+									
<i>Lysimachia vulgaris</i>	r	+	+	+	1		1		+	1	1		+	+						
<i>Lythrum salicaria</i>	r				+	+	+		1				1	+						
<i>Mentha aquatica</i>					+		1	4	1				2							
<i>Phragmites australis</i>			2	2	1	1	+	2	1			1	2							
<i>Potamogeton pectinatus</i>					1															
<i>Salix alba</i>						+	r													
<i>Salix cinerea</i>			1	+	1	2	1	2	+	+			1		1					
<i>Schoenoplectus lacustris</i>	+		+		+		1							+						
<i>Stachys palustris</i>		+	3		+		2		+				+							
<i>Thypha angustifolia</i>			1			2	3	3	3	2			1			4	5	5		
<i>Iris pseudacorus</i>					+		+				+								5	5
<i>nb d'espèces</i>	5	3	12	4	12	7	15	5	11	4	4	3	9	5	2	2	1	1	1	2