

Efficacité de l'aménagement de plans d'eau forestiers sur le maintien de la diversité des communautés d'Odonates

par

Alice DUBOS^{1,2}, Jérôme PELLET^{2,3} et Alain MAIBACH²

Abstract.—DUBOS A., PELLET J. and MAIBACH A., 2005. Efficiency of created forest ponds for the maintenance of Odonata communities. *Bull. Soc. Vaud. Sc. nat.* 89.4: 185-205.

We monitored dragonfly communities in a set of 32 forest ponds created during the last twenty years in Western Switzerland, as part of the pilot forestry programs EFFOR2 and RECONFOR. The survey took place in 2003. The ponds were built with different structures in order to promote different groups of species between sites, thus allowing a greater species richness. The study demonstrated the sites effectiveness in successfully producing an important autochthonal dragonflies' species richness, with 28 species representing 82% of the regional richness. Moreover, three threatened species colonized the sites. The diverse structures of the ponds, banks and adjoining vegetation allowed different groups of species to settle. We identified three groups of sites, of which two were well defined; one was selected by pioneer Odonata and the other by species bound to climatic sites. Seven habitat parameters appeared determinant: herbaceous riparian vegetation, depth, surface and maturity of the pond, presence of fish, bushy riparian vegetation and floating vegetation. The species richness is influenced by the three first parameters. Forest pond creation can thus be an effective mean of restoring or improving regional Odonata species richness.

Keywords: Odonata, forestal anthropogenous ponds, group of species, habitat parameters, species richness, habitat management efficiency.

Résumé.—DUBOS A., PELLET J. et MAIBACH A., 2005. Efficacité de l'aménagement de plans d'eau forestiers sur le maintien de la diversité des communautés d'Odonates. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.* 89.4:185-205.

Cette étude menée dans l'Arrondissement forestier 8 du canton de Vaud (Suisse occidentale), a pour objet de suivre l'efficacité de la création de 32 plans d'eau forestiers sur les communautés d'Odonates. Ces créations de biotopes ont été menées dans le

¹Rue Boissy d'Anglas 30, 75008 Paris, France.

²Bureau d'études en environnement A. Maibach Sàrl, La Poya 10, C.P.99, CH-1610 Oron-la-Ville.

E-mail: alain.maibach@amaibach.ch

³Laboratoire de Biologie de la Conservation, Département d'Ecologie et d'Evolution, Université de Lausanne, CH-1015 Lausanne.

cadre de programmes forestiers (*EFFOR2 et RECONFOR*). Le suivi des populations a été réalisé en 2003. Les plans d'eau ont été aménagés de manière à présenter des caractéristiques d'habitats différentes d'un site à l'autre, l'objectif étant d'héberger des cortèges d'espèces différents et une richesse spécifique importante. Cette étude montre que les sites permettent effectivement de fixer une forte richesse d'espèces autochtones de libellules, avec 28 espèces représentant 82% de la diversité régionale. Par ailleurs, 3 espèces menacées se sont établies sur les sites. Les divers aménagements réalisés permettent également d'héberger des cortèges d'espèces différents entre les sites. Ainsi, trois groupes de sites ont été établis, dont deux sont bien définis: le premier permet d'héberger des cortèges d'espèces pionnières, le second des cortèges d'espèces de milieux évolués. Sept paramètres d'habitats sont apparus comme importants pour déterminer le type de cortège d'espèces visé. Ces paramètres sont les suivants: la végétation herbacée des berges, la profondeur, la surface et l'âge du plan d'eau, la présence de poissons, la végétation arbustive des berges et la végétation flottante. La richesse spécifique est influencée par les trois premiers de ces paramètres d'habitats. L'aménagement de plans d'eau forestiers apparaît donc comme un moyen efficace de restaurer ou maintenir des cortèges d'Odonates à l'échelle régionale.

Mots clés: Odonates, plans d'eau d'origine anthropogène, cortège d'espèces, paramètres d'habitats, richesse spécifique, gestion de l'habitat.

INTRODUCTION

De part leur statut de prédateurs, les Odonates constituent une part importante de la faune des écosystèmes d'eau douce. Ils reflètent les pressions auxquelles sont soumis les organismes des chaînes trophiques inférieures dont ils se nourrissent (SAMWAYS et STEYTLER 1995). En outre, les Odonates à l'état adulte ou larvaire sont des indicateurs importants de la biodiversité du fait de leur grande sensibilité à la qualité de l'eau et au dérangement du milieu (WATSON *et al.* 1982, CASTELLA 1987). Un fort déclin de leurs populations a été observé depuis les dernières décennies, que ce soit en Amérique du Nord ou en Europe (BICK 1983, WILDERMUTH 1994a, CORBET 1999). En Suisse, la cause principale de la régression de nombreuses espèces de libellules indigènes est la disparition et la fragmentation de leurs milieux naturels, la proportion de ces derniers ayant été réduite de 90% depuis 1800 (IMBODEN 1976). De nombreuses démarches de conservation des milieux humides ont été entreprises en Suisse afin de freiner cette diminution alarmante.

Depuis deux décennies, des étangs forestiers ont été créés dans l'Arrondissement forestier 8 du canton de Vaud, afin de tamponner les eaux de surface. En effet, une grande partie de la région est caractérisée par des sous-sols composés de moraines de fond très argileuses. Les sols sont en conséquence naturellement peu profonds et très hydromorphes. Dans le cadre des programmes forestiers EFFOR2 (programme pilote 1999-2003) et RECONFOR (reconstitutions forestières dans le canton de Vaud à la suite de l'ouragan Lothar: 2000-2003), l'option a été prise de lier les fonctions de tampon hydrique avec des fonctions biologiques. L'ensemble de ces plans d'eau a de

ce fait été aménagé de manière à favoriser la biodiversité. Les aménagements réalisés sur les plans d'eau sont très divers et sont basés sur l'hypothèse que la diversité des structures naturelles hébergera des cortèges d'espèces différents et une richesse spécifique conséquemment plus élevée. De par leur exigence écologique et leur dépendance aux milieux humides, les libellules constituent un groupe écologique indiqué pour tester cette hypothèse.

Cette étude a donc pour but d'évaluer l'apport des étangs forestiers aménagés en terme de richesse régionale d'Odonates. Secondairement on vise à identifier l'importance des types d'aménagement et des structures naturelles de ces étangs en terme de conservation.

MÉTHODES ET ANALYSES

Zone d'étude et échantillonnage

Le lieu d'étude se situe sur le Plateau Suisse dans l'Arrondissement forestier 8 du canton de Vaud, dont les limites géographiques vont de Yverdon à Echallens et des hauts de Moudon à la Plaine de L'Orbe (figure 1). L'Arrondissement forestier 8 est une subdivision administrative qui compte 5'200 ha de forêts. Trente-deux plans d'eau forestiers d'origine anthropique ont été prospectés (figure 1). L'altitude des sites étudiés varie de 430 m à 800 m.

Un recensement des espèces d'Odonates a été effectué (tous les 10 jours, de juin à septembre 2003). Sept sessions de capture ont ainsi été opérées. Lors de ces recensements, les adultes et les immatures ont été capturés au filet et déterminés sur le terrain à l'aide des clés de détermination suivantes: MAIBACH (1989), WENDLER et NÜSS (1994), HOESS (1995) (pour les immatures de *Sympetrum*). Les exuvies ont été déterminées avec les clés de détermination de KOHL (1998) pour le genre *Sympetrum* et de HEIDEMANN et SEIDENBUSCH (1993), ASKEW (1998) et GERKEN et STERNBERG (1999) pour les autres genres. Les conditions météorologiques influençant la probabilité d'observation des Odonates, la prospection des sites a été effectuée par temps ensoleillé afin de maximiser la probabilité d'observation des espèces. Les berges de chaque plan d'eau ont été systématiquement parcourues avec arrêt de 5 minutes tous les 10 mètres. Seules les espèces autochtones, caractérisées par la présence d'immatures, d'exuvies, ou de larves de dernier stade, sont utilisées dans le cadre de cette étude.

Les espèces répertoriées sur les sites inventoriés sont comparées à la diversité régionale définie sur la base d'une liste des espèces observées dans la région biogéographique du Plateau ouest durant les dix dernières années, liste obtenue auprès du Centre Suisse de Cartographie de la Faune (CSCF, Neuchâtel, Suisse). Les espèces retenues dans cette démarche pour caractériser

la diversité régionale sont sélectionnées sur la base des critères suivants:

(i) espèces observées durant les dix dernières années, (ii) dans le bassin versant des rivières de l'Arrondissement forestier 8, (iii) à des altitudes inférieures à 800 m et (iv) dont l'autécologie correspond à celle des sites lenticques forestiers (MAIBACH et MEIER 1987, WILDERMUTH et al. 2005).

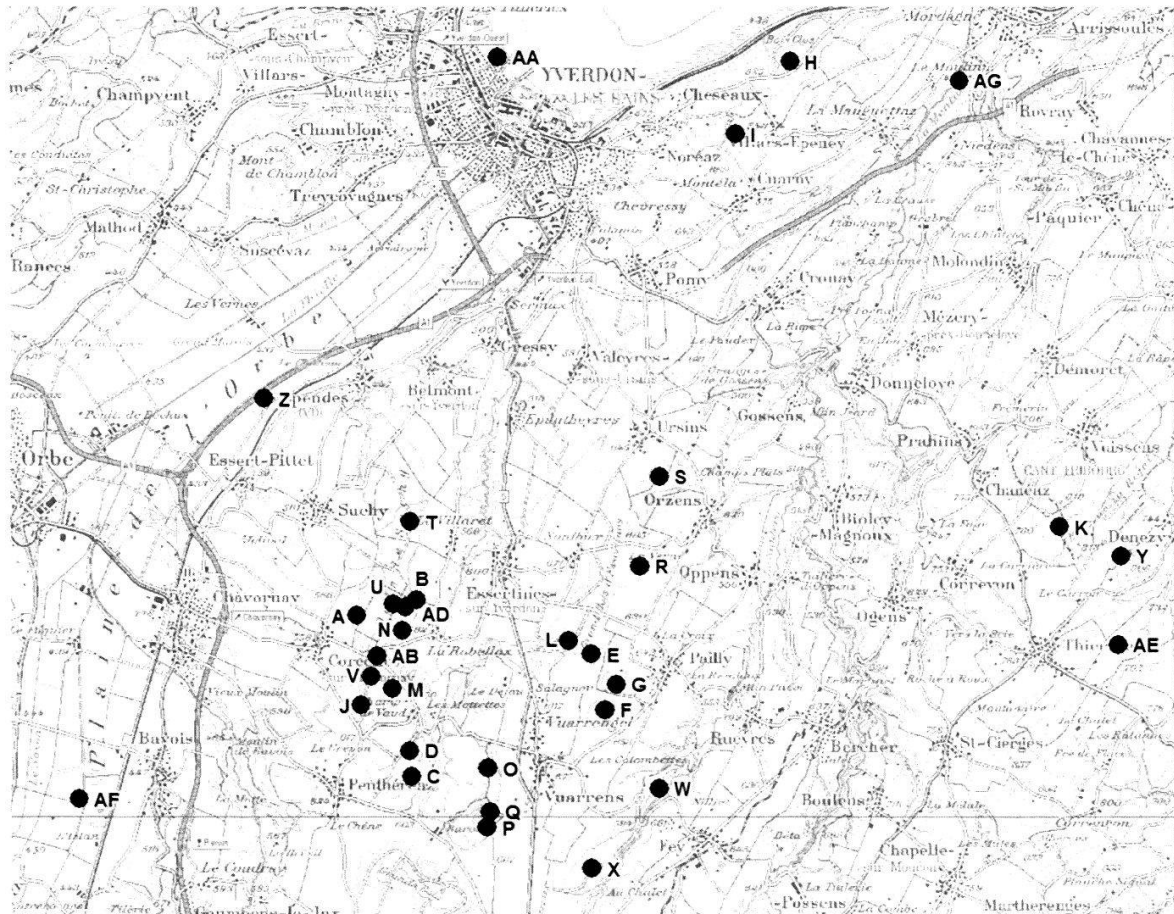


Figure 1.—Localisation de l'ensemble des sites étudiés durant l'année 2003 dans l'Arrondissement forestier 8 du canton de Vaud (Suisse occidentale).

(A: Suchy, Bois de Suchy, Etang de Suchy; AA: Yverdon, Les Vernes, Mares; AB: Corcelles-Chavornay, Bois de Suchy, Gouille du réservoir sud; AD: Corcelles-Chavornay, Bois de Suchy, Fossé ombragé ouest; AE: Thierrens, Pessounet, Etang du Pessounet; AF: Orny, Les Sésines, Etang des Sésines; AG: Yvonand, Valleires, Etang des Iles; B: Suchy, Bois de Suchy, Etang du Tondillon; C: Penthéraz, Bois du Buron, Etang du Buron; D: Penthéraz, Bois du Buron, Gouilles du bloc erratique; E: Essertines, Grand bois d'Essertines, Les Mares; F: Pailly, Les Rappes, Etang des Rappes; G: Pailly, Les Sapalles, Mouille des Sapalles; H: Cheseaux-Noréaz, Bois de la ville, Gouille à Gus; I: Cheseaux-Noréaz, Bois de l'Hôpital, Gouille Dubois; J: Penthéraz, Bois Désert, Cibleries; K: Chanéaz, Correvon, Les Mares; L: Essertines, Grand bois d'Essertines, Les Moilles; M: Penthéraz, Grand bois, Etang de la Tuilerie; N: Suchy, Bois de Suchy, Gouille du Bois; O: Essertines, Bois de Mr Jacques, Les Rigoles; P: Essertines, Bois du Tronc, Mouilles des Ruches; Q: Essertines, Bois du Tronc, Les Râpes; R: Orzens, Grand Bois, Le Bioley; S: Ursins, Bois Pontey, Mireloup; T: Suchy, Bois de Suchy, Fossé nord; U: Suchy, Bois de Suchy, Fossé-dépression; V: Corcelles-Chavornay, Grand bois, Fossé; W: Fey, Sau, Fossé-mares; X: Villars-le-Terroir, Charbonnière, Mares; Y: Thierrens, La Roseire, Fossé; Z: Ependes, Les Vernes, Mares). Reproduit avec l'autorisation de Swisstopo BA057237.

Analyses statistiques

Les similarités entre différents sites sont analysées en utilisant les espèces de libellules comme descripteurs de chaque étang. La variable descriptive utilisée est de type binaire (présence/absence). L'analyse factorielle des correspondances (AFC) permet d'analyser les données du point de vue qualitatif et positionne réciproquement les espèces et les sites en fonction de leur contenu (distribution des espèces dans les sites et caractérisation des sites par les variables d'habitat). Les espèces présentes sur aucun, un ou deux sites ainsi que les sites n'abritant aucune, une ou deux espèces sont éliminés des analyses en raison de leur faible contenu informatif. L'analyse s'est donc portée sur 22 sites et 23 espèces.

Afin de regrouper les sites dans des classes distinctes, un dendrogramme des sites en fonction des espèces de libellules présentes a été établi. La contribution des espèces à la constitution de ces groupes est également mesurée (ROUX 1991). Cette démarche permet de déterminer si les groupes de sites obtenus peuvent être caractérisés par des cortèges distincts d'espèces de libellules.

Les regroupements établis avec le dendrogramme sont par la suite légendés avec les variables d'habitats pour examiner quels paramètres d'habitat sont déterminants pour la classification des sites. Trente et un paramètres d'habitat ont été relevés (tableau 1). Ceux-ci peuvent être classés dans trois groupes qui sont (i) les paramètres du plan d'eau, (ii) ceux des alentours dans un rayon de 50 m, et (iii) ceux caractérisant le paysage à une échelle encore supérieure. La corrélation entre les 31 variables d'habitat a été testée systématiquement et parmi les variables présentant un coefficient de corrélation de plus de 80%, seules les 20 variables les plus proximales (les plus fortement liées à l'écologie des espèces étudiées) ont été retenues (tableau 1). En outre, ces variables ont été normalisées lorsque nécessaire (distribution non normale au seuil de 5%, testée par un test de Shapiro) par une transformation logarithmique.

Pour établir si chaque variable d'habitat est distribuée de façon globalement différente entre les groupes établis, nous avons appliqué une analyse de variance ou un test de Kruskal-Wallis (sur les variables non normales après transformation logarithmique). Puis, pour établir si chaque variable d'habitat était distribuée de façon différente entre chaque groupe pris 2 à 2, un test de t ou un test de Wilcoxon a été employé en fonction de la normalité de la distribution des variables. Les regroupements établis avec le dendrogramme ont ensuite été légendés avec la richesse spécifique pour définir si la diversité est différente entre les groupes de sites obtenus. Les typologies établies permettent d'examiner si la richesse peut être caractérisée par des variables d'habitat, afin d'étudier s'il est possible de définir des paramètres d'habitat semblant la favoriser.

Tableau 1. – Paramètres d’habitat relevés pour les 32 sites durant l’année 2003. En gras, les variables non corrélées retenues dans les analyses.

Paramètres	Description
(1) Paramètres du plan d’eau	
<i>Altitude</i>	Altitude en m selon la carte au 1 : 25’000
<i>Ensoleillement</i>	Evaluation du pourcentage d’ensoleillement du plan d’eau
<i>Barrière vent</i>	Barrière au vent du Nord, variable catégorielle (aucune, faible, totale)
<i>Type sol</i>	Type de sol , variable catégorielle (sable, argile-marnes, M.O.-tourbe, molasses, graviers-blocs)
<i>Alimentation écoulement</i>	Evaluation d’une note sur 12 de l’eau alimentant le plan d’eau et provenant de l’écoulement
<i>Alimentation pluie</i>	Evaluation d’une note sur 12 de l’eau alimentant le plan d’eau et provenant de la pluie directe
<i>Alimentation source</i>	Evaluation d’une note sur 12 de l’eau alimentant le plan d’eau et provenant d’une source
<i>Saturation en M.O</i>	Saturation en matière organique (eutrophe, mésotrophe, oligotrophe)
<i>Assèchement</i>	Régime d’assèchement du plan d’eau, variable catégorielle
<i>Poissons</i>	Présence de poissons dans le plan d’eau, variable binaire
<i>Surface du Plan d’eau</i>	Surface administrative attribuée au plan d’eau en m ²
<i>Profondeur PE</i>	Profondeur du plan d’eau en dm
<i>Age</i>	Age du plan d’eau en année
<i>PE vég. flottante</i>	Végétation flottante du plan d’eau en %
<i>PE vég. émergée</i>	Végétation émergée dressée du plan d’eau en %
<i>Berges sans vég.</i>	Berges du plan d’eau sans végétation ou avec un recouvrement faible en %
<i>Berges Arbustives</i>	Berges du plan d’eau avec végétation arbustive en %
<i>Berges herbacées</i>	Berges du plan d’eau avec végétation herbacée en %

Tableau 1.-Suite.

Paramètres	Description
(2) Paramètres des alentours dans un rayon de 50 m	
<i>Pourtour herbacé</i>	Recouvrement en végétation herbacée dans un rayon de 50 m en %
<i>Pourtour arbustif</i>	Recouvrement en végétation arbustive dans un rayon de 50 m en %
<i>Pourtour arborescent</i>	Recouvrement en végétation arborescente dans un rayon de 50 m en %
(3) Paramètres du paysage	
<i>Paysage proche ouvert</i>	Paysage de type ouvert dans un cercle de 250 m de rayon autour du site en %
<i>Paysage proche fermé</i>	Paysage de type fermé dans un cercle de 250 m de rayon autour du site en %
<i>Paysage proche riverain</i>	Paysage de type riverain dans un cercle de 250 m de rayon autour du site en %
<i>Paysage proche agglomération</i>	Paysage de type agglomération dans un cercle de 250 m de rayon autour du site en %
<i>Paysage proche PE</i>	Nombre de plans d'eau dans un cercle de 250 m de rayon autour du site
<i>Paysage lointain ouvert</i>	Paysage de type ouvert dans un cercle de 500 m de rayon autour du site en %
<i>Paysage lointain fermé</i>	Paysage de type fermé dans un cercle de 500 m de rayon autour du site en %
<i>Paysage lointain riverain</i>	Paysage de type riverain dans un cercle de 500 m de rayon autour du site en %
<i>Paysage lointain agglomération</i>	Paysage de type agglomération dans un cercle de 500 m de rayon autour du site en %
<i>Paysage lointain PE</i>	Nombre de plans d'eau dans un cercle de 250 m de rayon autour du site

RÉSULTATS

Richesse spécifique

Durant l'année 2003, 39 espèces de libellules ont été observées parmi lesquelles 28 ont présenté des indices de cycle complet (autochtonie) dans les mares forestières de l'Arrondissement forestier 8 (tableau 2). La richesse spécifique moyenne des sites étudiés est de 9,5 espèces (minimum 1, maximum 19). La diversité spécifique régionale pour l'ensemble des espèces potentiellement autochtones est de 34 espèces (données CSCF). Ainsi, avec 28 espèces, les espèces autochtones de l'ensemble des sites représentent une part importante (82%) de la diversité régionale totale.

Rareté des espèces

Trois des espèces autochtones appartiennent aux catégories de la Liste rouge (Tableau 2) allant de «potentiellement menacée» à «au bord de l'extinction» (UICN 2001, GONSETH et MONNERAT 2002). Le nombre d'espèces menacées hébergées ($n=3$) est proche du nombre d'espèces menacées potentiellement hébergeables ($n=5$) issues de la liste des espèces définissant la diversité régionale. Les sites permettent donc bien de fixer des espèces de la Liste rouge contenues dans le pool régional. La catégorie «au bord de l'extinction» comporte l'espèce *Lestes dryas*. Deux espèces font partie de la catégorie de Liste rouge «potentiellement menacée»: il s'agit de *Lestes sponsa* et *Coenagrion pulchellum*.

Répartition des sites et des espèces

La répartition des sites en fonction des espèces et la répartition des espèces en fonction des sites pour la zone d'étude prospectée sont déterminées à l'aide d'une AFC sur la figure 2. Le long de l'axe 1, le critère de discrimination est l'âge du site (figure de gauche) et l'affinité des espèces en fonction du degré de maturité du site (figure de droite), le long de l'axe 2 le critère est le degré d'eutrophisation des sites (figure de gauche) et la sensibilité des espèces au degré d'eutrophisation (figure de droite, l'autoécologie des espèces est tirée de: MAIBACH et MEIER 1987, ASKEW 1988, KOTARAC 1997, KÜRY 1999). L'analyse de la répartition des sites dans le plan factoriel (figure 2) permet de caractériser seulement une partie des sites étudiés. Cette analyse demande à être complétée par une ordination des sites en fonction des espèces (dendrogramme) qui a l'avantage de nous permettre de classer l'ensemble des sites étudiés.

Tableau 2.–Liste des espèces observées en 2003, par ordre alphabétique, avec mention de l'autochtonie (A) et du statut de la Liste rouge.

Statut UICN Liste Rouge CH 2002: CR: au bord de l'extinction, EN: en danger, NT: potentiellement menacé, LC: non menacé.

NE: espèces migratrices ou se reproduisant encore irrégulièrement en Suisse (non évaluées).

<i>Genre espèce</i>	Statut L.R. (Gonseth & Monnerat, 2002)	Autochtonie sur au moins un des sites étudiés	Abréviations utilisées dans les AFC
<i>Aeshna affinis</i>	NE	---	
<i>Aeshna cyanea</i>	LC	A	AESCYA
<i>Aeshna grandis</i>	LC	---	
<i>Aeshna isoceles</i>	LC	A	AESISO
<i>Aeshna mixta</i>	LC	A	AESMIX
<i>Anax imperator</i>	LC	A	ANAIMP
<i>Anax parthenope</i>	LC	A	ANAPAR
<i>Brachytron pratense</i>	LC	A	BRAPRA
<i>Calopteryx splendens</i>	LC	---	
<i>Calopteryx virgo</i>	LC	---	
<i>Ceriagrion tenellum</i>	EN	---	
<i>Chalcolestes viridis</i>	LC	A	LESVIR
<i>Coenagrion puella</i>	LC	A	COEPUA
<i>Coenagrion pulchellum</i>	NT	A	COEPUM
<i>Cordulegaster boltonii</i>	LC	---	
<i>Cordulia aenea</i>	LC	A	CORAEN
<i>Crocothemis erythraea</i>	LC	A	CROERY
<i>Enallagma cyathigerum</i>	LC	A	ENACYA
<i>Erythromma viridulum</i>	LC	A	ERYVIR
<i>Ischnura elegans</i>	LC	A	ISCELE
<i>Ischnura pumilio</i>	LC	A	ISCPUM
<i>Lestes dryas</i>	CR	A	LESDRY
<i>Lestes sponsa</i>	NT	A	LESSPO
<i>Leucorrhinia dubia</i>	NT	---	
<i>Leucorrhinia pectoralis</i>	CR	---	
<i>Libellula depressa</i>	LC	A	LIBDEP
<i>Libellula fulva</i>	LC	---	
<i>Libellula quadrimaculata</i>	LC	A	LIBQUA
<i>Orthetrum brunneum</i>	LC	A	ORTBRU
<i>Orthetrum cancellatum</i>	LC	A	ORTCAN

Tableau 2.–Suite.

<i>Genre espèce</i>	Statut L.R. (Gonseth & Monnerat, 2002)	Autochtonie sur au moins un des sites étudiés	Abréviations utilisées dans les AFC
<i>Platycnemis pennipes</i>	LC	A	PLAPEN
<i>Pyrrhosoma nymphula</i>	LC	A	PYRNYM
<i>Somatochlora flavomaculata</i>	LC	---	
<i>Sympecma fusca</i>	LC	A	SYMFUS
<i>Sympetrum fonscolombii</i>	NE	A	SYMFON
<i>Sympetrum meridionale</i>	NE	---	
<i>Sympetrum sanguineum</i>	LC	A	SYMSAN
<i>Sympetrum striolatum</i>	LC	A	SYMSTR
<i>Sympetrum vulgatum</i>	LC	A	SYMVUL

Regroupement des sites en fonction des espèces

Les sites sont regroupés en fonction des espèces de libellules sur la figure 3 et le tableau 3. Trois groupes de sites dont le niveau de ramification est comparable (macrogroupes) sont retenus sur le dendrogramme obtenu à la figure 3. Dans la première ramification du dendrogramme le groupe III se diverge nettement des groupes I et II. Une seconde ramification permet de distinguer le groupe II du groupe I. La taille des groupes obtenus est homogène. Pour les groupes I et III de la figure 3, on trouve des espèces caractéristiques. Les espèces qui caractérisent le groupe I sont des espèces spécialistes de milieux évolués (Tableau 3). Ces espèces requièrent, selon la littérature (MAIBACH et MEIER 1987, ASKEW 1988, KOTARAC 1997, KURY 1999, WILDERMUTH et al. 2005) les paramètres suivants: (i) une végétation arbustive ou arborescente développée, et (ii) une végétation émergée (roseaux, massettes) importante. Le groupe II du tableau 3 est caractérisé avant tout par l'absence des espèces du genre *Orthetrum*, qui ont généralement besoin de zones dépourvues de végétation (WILDERMUTH et al. 2005). Ce même groupe n'est pas caractérisé par la présence d'espèces particulières et semble être un groupe établi «par défaut» en comparaison des groupes I et III. Les milieux pourraient néanmoins avoir comme point commun d'être pauvres, mais pour diverses raisons (isolement, pollution...). Il ne serait donc pas étonnant de voir des espèces différentes s'adaptant à différentes exigences du milieu. Le groupe III du tableau 3 est caractérisé par un cortège d'espèces pionnières et par l'absence marquée d'une espèce caractéristique des milieux évolués riches en végétation arbustive (*Chalcolestes viridis*) (BROOKS 1997, WILDERMUTH et al. 2005). Le tableau 3 montre donc des cortèges d'espèces caractéristiques de deux stades de successions: milieux pionniers et milieux évolués.

Tableau 3.—Espèces caractéristiques de la typologie des sites basée sur le dendrogramme de l'AFC.

I, II et III: groupes de sites établis. Pour chaque espèce est indiqué le score obtenu lors de la création des groupes; sites: nombre de sites pour lesquels l'espèce est autochtone (22 sites retenus au total), en gris foncé: espèces des milieux évolués (selon la littérature), en gris clair: espèces des milieux pionniers (selon la littérature).

	Groupes			Sites
	I	II	III	
<i>Sympecma fusca</i>	17	-2	-11	9
<i>Cordulia aenea</i>	14	-3	-7	7
<i>Crocothemis erythraea</i>	12	-5	-3	5
<i>Chalcolestes viridis</i>	10	1	-20	12
<i>Sympetrum striolatum</i>	6	-6	0	14
<i>Aeshna mixta</i>	6	-1	-3	5
<i>Sympetrum sanguineum</i>	5	0	-4	15
<i>Sympetrum vulgatum</i>	4	-7	0	6
<i>Brachytron pratense</i>	4	-2	-1	3
<i>Platycnemis pennipes</i>	4	-2	-1	3
<i>Orthetrum cancellatum</i>	2	-17	7	15
<i>Orthetrum brunneum</i>	1	-26	14	12
<i>Ischnura pumilio</i>	-1	-10	20	10

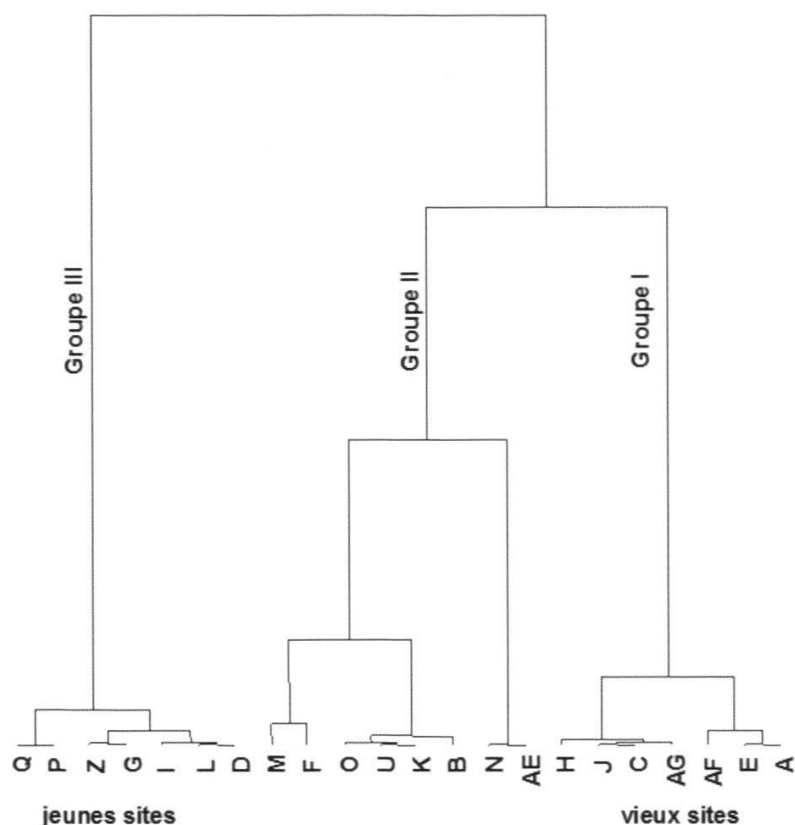


Figure 3.—Dendrogramme des sites basé sur l'AFC.

Analyse d'habitat

L'analyse des paramètres d'habitats entre les groupes de sites issus de la classification du dendrogramme (figure 3), permet de mettre en évidence 7 paramètres d'habitats déterminants:

- le taux de végétation herbacée des berges du plan d'eau,
- la profondeur du plan d'eau,
- la surface du plan d'eau,
- la présence de poissons,
- le taux de végétation arbustive des berges du plan d'eau,
- l'âge du plan d'eau,
- la végétation flottante du plan d'eau.

Un parallèle est par ailleurs établi entre la richesse spécifique des libellules et les groupes de sites issus du dendrogramme. Cette richesse est significativement différente entre les groupes. Les trois groupes de sites obtenus via le dendrogramme ont fait l'objet d'une nouvelle analyse pour tester s'il existait une relation entre richesse spécifique, cortèges d'espèces et variables d'habitat. La figure 4 montre les résultats de cette analyse, à savoir la significativité des différences intergroupes pour les 7 variables retenues. Le cortège d'espèces du groupe I, caractéristique de milieux évolués (tableau 3) a la richesse spécifique la plus forte. Les paramètres représentatifs du cortège d'espèces sont également représentés sur la figure 4.

Plusieurs paramètres d'habitat importants pour l'efficacité des sites à héberger une richesse importante et un cortège d'espèces défini sont mis en évidence à la figure 4. Ainsi, la richesse spécifique en Odonates est élevée pour des sites avec une grande profondeur, une faible végétation herbacée des berges et une surface élevée (la présence de poissons, la végétation arbustive des berges, l'âge et la végétation flottante ont une valeur élevée mais semblent être des paramètres d'importance secondaire).

DISCUSSION

Contribution des sites forestiers d'origine anthropique à la biodiversité

La présente étude montre clairement que les aménagements forestiers spécifiques permettent de favoriser la biodiversité locale en Odonates. En effet, ils ont permis l'installation d'un nombre relativement important d'espèces d'Odonates autochtones parmi lesquelles trois sont considérées comme menacées à l'échelle nationale (WILDERMUTH *et al.* 2005). D'autre part, parmi l'ensemble des plans d'eau échantillonnés, 9 sites n'hébergeaient aucune espèce autochtone. Deux hypothèses pourraient expliquer cette absence:

(i) les sites ont été construits dans l'année et les Odonates n'ont pas eu le temps de coloniser le milieu (hiver 2002 ou bien printemps 2003, cas des sites AB et S, voir figure 1), ou (ii) les sites sont des sites particulièrement pauvres ne répondant pas aux conditions de survie minimales des Odonates en étant soit trop ombragés (ensoleillement inférieur à 40%, cas des sites AD, V, W et X, voir figure 1), soit asséchés sur une période trop longue (ici supérieure à 40 jours, cas des sites AD, V, T, R et Y, voir figure 1).

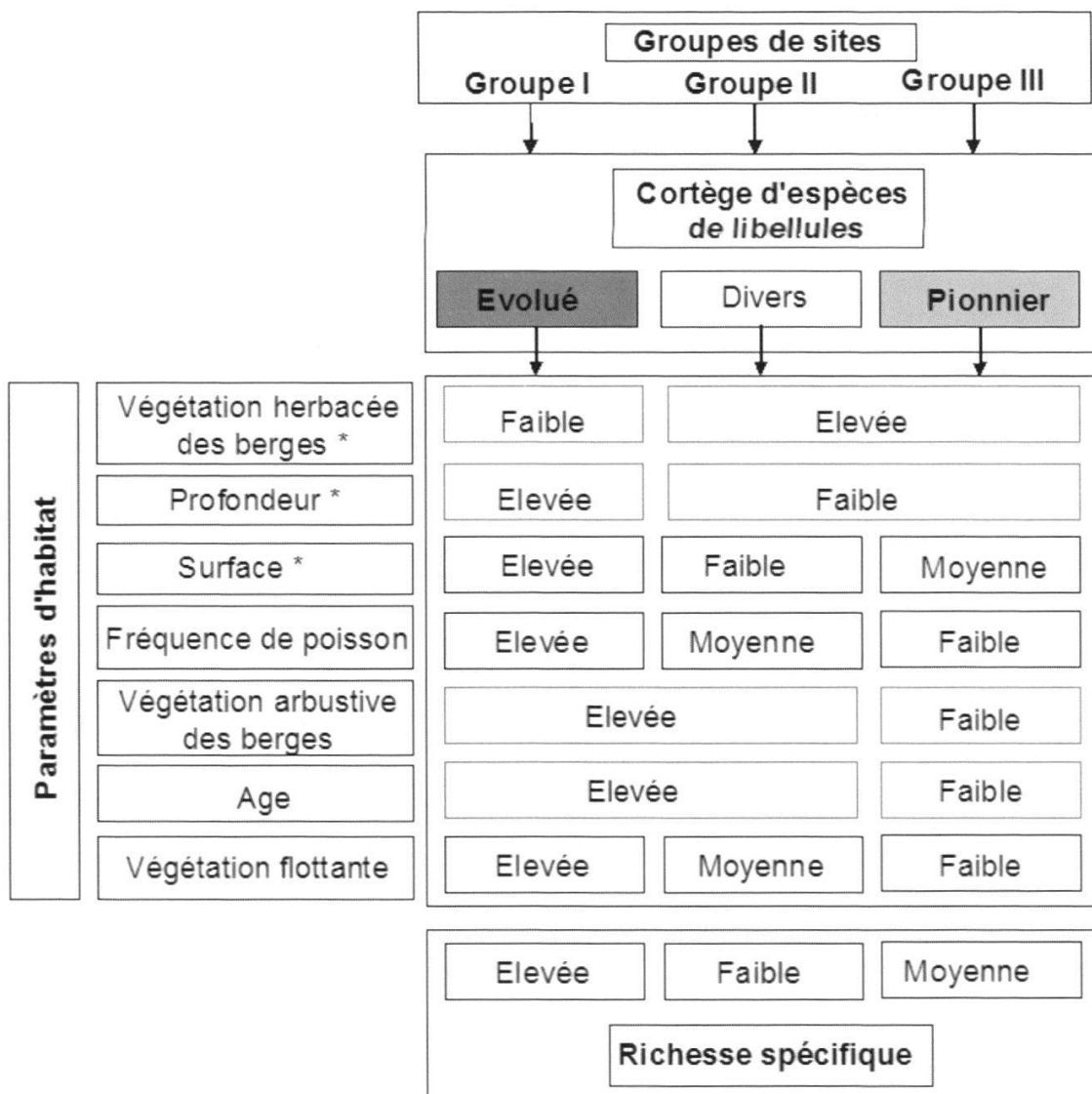


Figure 4.—Typologie des regroupements de sites basée les cortèges d'espèces, la richesse spécifique et les paramètres d'habitats.

I, II, et III: groupes de sites établis. Est indiquée pour chaque paramètre, la différence entre les groupes lorsque significatif au seuil de 5%; encadré noir le paramètre est différent pour les 3 groupes pris 2 à 2, encadré gris le paramètre est différent seulement entre 2 groupes de sites parmi les 3, * paramètre d'habitat influant sur la richesse spécifique.

Les espèces menacées sont retrouvées sur peu de sites, mais, en général ce sont des sites distincts. Chaque site permettrait ainsi de supporter des espèces menacées mais différentes les unes des autres. Ainsi, quatre sites permettent d'héberger des espèces menacées. Ceux-ci sont spatialement assez proches les uns des autres à l'exception de l'étang des Sésines (site AF sur la figure 1) situé dans la plaine de l'Orbe. Ce dernier site est une exception dans notre échantillonnage puisque âgé de plus de 50 ans et aménagé sur des tourbes profondes. Il constitue aujourd'hui un réservoir de biodiversité à l'échelle régionale et nationale avec plus de 40 espèces observées (MAIBACH 1995). Cet étang n'ayant été échantillonné qu'à deux reprises, il est probable que des espèces rares n'y aient en conséquence pas été observées. Toutefois, l'ensemble de nos sites semble être bien connecté au réservoir d'espèces que représente la plaine de l'Orbe.

Le bilan biologique de ces nouveaux étangs est cependant à relativiser puisqu'ils ont été réalisés en milieu forestier, au risque d'artificialiser ce dernier. On pourrait donc émettre des réserves quand à la systématisation de la création de tels d'étangs. Dans le périmètre d'étude, les sols de types hydromorphes ont une tendance naturelle à retenir les eaux de surface. L'option d'aménager des dépressions destinées à tamponner les eaux de surface avant leur écoulement et/ou de les évaporer au maximum visait avant tout à reproduire des mouilles déjà naturellement présentes dans ces forêts (bas fonds) ou des dépressions identiques à celles causées par la chute des arbres (arrachement de galettes racinaires, MAIBACH *et al.* 2001). Les aménagements tels que proposés n'ont donc pas excessivement artificialisés l'environnement général. En revanche, l'aménagement systématique de plans d'eau forestiers pour favoriser la biodiversité n'est pas recommandé sans études hydrogéologiques et biologiques préalables dans la mesure où il pourrait, par exemple, compromettre des valeurs botaniques particulières.

Paramètres d'habitat

Il est apparu clairement dans notre étude que les espèces de libellules permettent de caractériser un certain nombre de sites selon deux critères, qui sont (i) l'état de maturité du site et (ii) son degré d'eutrophisation. Le degré de maturité du site est à préciser; en effet, aucun des sites n'a atteint le stade de climax. Il s'agit donc d'un degré de maturité relatif. L'eutrophisation du site est apparue comme un élément primordial ne permettant que l'établissement d'espèces ubiquistes. La qualité des eaux est donc un facteur limitant dont on tiendra compte lors de la planification des aménagements, en précisant que le degré d'eutrophisation mériterait d'être vérifié à l'aide de variables physico-chimique pour chacun des sites (charge en ions organiques en particulier).

Une étude plus approfondie nous a permis de mettre en évidence un regroupement possible et cohérent des plans d'eau selon les espèces qu'ils

abritent. L'hypothèse de départ de notre étude était que les différents aménagements réalisés sur les sites permettent d'obtenir différents cortèges d'espèces de libellules avec une richesse variable. Les sites étudiés sont donc bien efficaces dans cette optique. On distingue trois grands groupes de sites caractérisés par des cortèges différents: (i) un cortège d'espèces caractéristiques des milieux pionniers, (ii) un cortège d'espèces caractéristiques des milieux évolués et, (iii) un cortège d'espèces assez hétérogène que l'on va retrouver sur des sites que l'on suppose pauvres pour différentes raisons.

Certaines des caractéristiques d'habitat des plans d'eau ont bien un effet sur les cortèges d'espèces, ainsi la diversité des aménagements réalisés est donc efficace dans l'optique d'établissement de cortèges d'espèces différents. En outre, parmi ces aménagements ayant un effet sur les cortèges d'espèces, certains ont bien un effet sur la diversité des espèces de libellules. Parmi les variables d'habitat obtenues, la végétation arbustive des berges est apparue comme favorisant la richesse spécifique. Ce type de végétation entraîne généralement un plus grand ombrage du site; mais ici l'ensoleillement n'est pas identifié comme un paramètre déterminant pour la diversité contrairement aux études de SAMWAYS et STEYTLER (1995). Les arbustes des berges permettent, selon les espèces de se réfugier, de pondre, de se percher et/ou de se cacher (ASKEW 1988). La végétation arbustive est donc un élément indispensable au développement de certaines espèces. Cet élément est bien présent sur une partie des sites étudiés, favorisant les espèces qui y sont sensibles.

La profondeur apparaît dans nos résultats comme un élément favorisant la diversité. Toutefois des études tendent à prouver que les Odonates ne sont généralement pas retrouvés à des profondeurs dépassant le mètre (WEIR 1974, ASAHINA 1982), mais dans notre étude seul un intervalle défini a été étudié, en l'occurrence de 10 à 300 cm. Il faut aussi souligner que les sites de faible profondeur vont s'assécher et empêcher la survie de larves se développant sur plusieurs années.

La surface du site est un paramètre favorisant la richesse spécifique. Ceci confirme les analyses récentes de OERTLI *et al.* (2000) réalisées avec des Odonates adultes et les recommandations en terme de gestion faites par ANDREWS (1995), à savoir que pour des espèces se retrouvant sur des plans d'eau de petite et de grande taille, les populations les plus importantes sont retrouvées sur les plans d'eau les plus grands et présentent aussi un risque d'extinction plus faible. On remarque néanmoins qu'un plan d'eau d'une surface importante n'hébergera pas le même cortège d'espèces qu'un plan d'eau de taille inférieur. Ainsi si deux petits plans d'eau sont suffisamment différents, ils sont susceptibles d'héberger plus d'espèces qu'un seul grand plan d'eau (GEE *et al.* 1997). Ceci suggère donc, qu'à surface égale, il serait plus judicieux d'aménager quelques étangs aux structures différentes afin de maximiser la diversité des structures et donc la richesse spécifique tout en

minimisant les risques d'extinctions liés aux petites populations. Selon les résultats de notre étude, la présence de poissons n'a pas eu d'effet négatif sur la richesse spécifique des Odonates. Des études sur l'effet de la prédation des Odonates par les poissons ont montré différents résultats selon les espèces et selon le comportement de fuite des larves (HENRIKSON, 1988). Notre résultat est vraisemblablement lié au fait que la diversité régionale actuelle est peut être déjà moins sensible aux poissons que ce qu'elle était par le passé (DE BEAUMONT 1941), avec en particulier l'absence du genre *Leucorrhinia*. Néanmoins, l'introduction de poissons est à éviter si l'on souhaite conserver une diversité de macroinvertébrés (KIRBY 1992) ou d'autres organismes comme, par exemple, les batraciens.

L'âge est apparu comme un facteur secondaire de la richesse des plans d'eau étudiés. Ces résultats confirment les observations de BARNES (1983) qui a constaté une augmentation de la richesse pour des sites adjacents dont l'âge allait de 1 à 15 années. Les plans d'eau étudiés ont donc bien des états de maturité différents dont chaque étape a su être conservée au profit de la biodiversité. Le rôle bénéfique de l'oxygénation des plans d'eau par la végétation flottante est très discuté et est fonction de l'espèce (GEE *et al.* 1997). Par contre, la végétation flottante est souvent corrélée à une importante biodiversité du fait des opportunités de reproduction (pontes dans les feuilles et les tiges), de refuges et de diversité structurelle de l'habitat.

Les paramètres d'habitat obtenus sont globalement très différents de ceux mis en évidence dans le rapport PLOCH (OERTLI *et al.* 2000, OERTLI *et al.* 2002). Dans ce rapport, les paramètres importants pour la richesse en Odonates étaient l'altitude, la surface de l'étang, l'ombrage de l'étang et le pH (paramètre non mesuré dans la présente étude). Ceci peut-être attribué à diverses explications: (i) les plans d'eau échantillonnés pour le rapport PLOCH s'étendent sur une gamme beaucoup plus large d'habitats tandis que notre étude s'est cantonnée aux plans d'eaux forestiers, et (ii) les associations d'espèces ayant des fortes notes de contribution sont différentes, les regroupement de sites ne sont donc pas basés sur les mêmes critères.

Recommandations pour la création et la gestion de biotopes forestiers à libellules

Rappelons qu'en écologie, il est très difficile d'évaluer tous les facteurs entrant en compte lors de la mise en place d'une mesure de gestion tant la complexité des facteurs et des processus spatio-temporels est grande. Les aménagements ne seront pas les mêmes selon que l'on veut privilégier la diversité du point de vue quantitatif ou qualitatif. On peut vouloir privilégier des cortèges d'espèces pionnières ou bien caractéristiques de milieux évolués. Lors de la création d'un site des mesures à éviter sont apparues:

- éviter de construire des sites sur des zones trop eutrophes entourées de cultures intensives ou à proximité d'éléments polluants comme une décharge ou des élevages d'animaux;
- éviter que le site ne s'assèche sur une période trop longue (> 40 jours);
- éviter de construire un site sur une zone très ombragée (ensoleillement < 40%).

Il serait recommandé en tous les cas de créer une zone tampon de 30 m de large entre les nuisances et le plan d'eau (voir MARTI et MÜLLER 1994).

Diversité de milieux évolués

Si l'on souhaite privilégier des espèces caractéristiques de milieux évolués et une bonne richesse spécifique il serait alors recommandé:

- de conserver ces sites à un stade de succession avancé sans pour autant atteindre le stade climax;
- de gérer ces sites en conservant toujours une partie de la végétation arbustive des berges et de la végétation flottante du plan d'eau;
- de créer des sites relativement profonds avec une surface relativement importante.

Diversité des milieux pionniers

Par contre, si l'on souhaite privilégier des espèces caractéristiques de milieux pionniers tout en favorisant une richesse spécifique moyenne il serait alors recommandé:

- de maintenir au moins une partie de ces sites à un état pionnier de succession naturelle (gestion par biotopes tournants);
- de maintenir une partie de la végétation herbacée des berges;
- de créer des sites de surface moyenne;
- d'éviter l'empoisonnement des sites en construisant des sites peu profonds, *a priori* peu favorables à ce type de faune.

Diversité à l'échelle régionale

La richesse en espèces de libellules (aspect quantitatif) obtenue sur un site n'est qu'un volet de la biodiversité et on gardera à l'esprit que certains sites, bien que pauvres en espèces mais possédant des espèces particulières (aspect qualitatif), ont un rôle tout aussi important à jouer à l'échelle régionale (voir le cas de *Lestes dryas*). Comme le montre notre étude pour les libellules, une des clés du succès est donc bien la qualité du site en terme de structures et de stades d'évolution de ces structures.

En termes d'aménagements forestiers, plusieurs voies peuvent être envisagées:

– Dans le cas de la création d'un seul plan d'eau, on s'attachera à le créer suffisamment grand pour se permettre d'en diversifier les structures des rives et du fond;

– En revanche, la création d'un chapelet de mares permettra d'apporter cette diversification de structures sans pour autant trop artificialiser un environnement, rappelons-le forestier, qui crée naturellement ces petites structures. On prendra soin également de les aménager en mosaïque, à savoir dans des états de successions différents pour couvrir la gamme des espèces.

Lors de la gestion des sites à l'échelle d'une région, il est important de considérer leur complémentarité dans la succession naturelle et de les gérer de façon rotatoire (ou biotopes tournants) afin d'assurer le maintien de l'ensemble de la gamme des espèces. Ainsi les espèces iront se réfugier sur un site proche ayant des caractéristiques d'habitat similaires à celui dont elles auront été délogées. Il peut être aussi avisé, à l'échelle d'un seul site et surtout si celui-ci est de taille suffisante, de pratiquer aussi une méthode dite «de rotation» en intervenant seulement sur une partie du site (biotopes tournants sensu WILDERMUTH 1994b et WILDERMUTH 1995), afin que les espèces puissent se réfugier sur un microbiotope de compensation. Ainsi, lors de la restauration d'un site on éviterait la perte d'une partie des espèces dont l'ensemble de l'habitat risquerait d'être détruit.

CONCLUSION

Les nouveaux plans d'eau d'origine anthropique créés via les actions des programmes EFFOR2 et RECONFOR ont permis d'héberger très rapidement des espèces et ont permis de fixer une richesse odonatologique importante dans l'Arrondissement forestier 8. En revanche, les espèces très spécialisées ne vont que ponctuellement s'installer sur ces sites. Ainsi, force est de constater que ces aménagements n'ont permis de recréer des noyaux d'espèces rares que de manière anecdotique. Il n'est donc pas possible en l'état de remplacer les spécificités de vieux sites, très évolués, dont la protection apparaît en conséquence de grande importance. C'est pourquoi la politique de conservation devrait, d'une part, concentrer ses efforts tant sur la protection de sites connus pour leur importance (sorte de «mémoires» régionales ou nationales), que sur la création de nouveaux pôles de biodiversité.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier M. Pierre Cherbuin, Inspecteur des forêts de l'Arrondissement forestier 8 pour son esprit d'initiative, son soutien constant au cours de cette étude

ainsi que pour les autorisations délivrées. Nous tenons également à remercier M. Emmanuel Castella pour avoir mis à disposition ses compétences en statistiques. Nos remerciements vont également à M. Yves Gonseth du Centre Suisse de Cartographie de la Faune ainsi qu'à Mmes Anne Reymond et Sylvaine Leuba (Fédération des Triages de l'Arrondissement 8) pour les données faunistiques, cartographiques et techniques relatives à chaque site. Ce travail a été réalisé dans le cadre du DESS «Systématique et gestion de la biodiversité» de l'UNIL (Lausanne, Suisse), session 2003-2004.

BIBLIOGRAPHIE

- ANDREWS J., 1995. Waterbodies. In: *Managing Habitats for Conservation*, ed. Sutherland, E.J. & Hill, D.A. Cambridge University Press, Cambridge: 121-149.
- ASAHINA S., 1982. The Odonata of the Ozegahara Moor. *Ozegahara: Sci. Res. Highmoor Cent. Japan*: 321-330.
- ASKEW R. R., 1988. *The dragonflies of Europe*. Harley Books, Essex. 291 p.
- BARNES L. E., 1983. The colonization of ball-clay ponds by macroinvertebrates and macrophytes. *Freshwater biology* 13: 561-578.
- BICK G.H., 1983. Odonata at risk in conterminous United States and Canada. *Odonatologica* 12: 209-226.
- BROOKS S., 1997. *Field Guide to the Dragonflies and Damselflies of Great Britain and Ireland*. British Wildlife Publishing. 159 p.
- CASTELLA E., 1987. Larval Odonata distribution as a describer of fluvial ecosystems: the Rhône and Ain rivers, France. *Adv. Odonatol.* 3: 23-40.
- CORBET P. S., 1999. *Dragonflies: behaviour and ecology of Odonata*. Harley Books, Essex, 828 p.
- DE BEAUMONT J., 1941. Les Odonates de la Suisse romande. *Bull. Soc. vaud. Sci. nat.* 61 (256): 441-450.
- GEE J.H.R., SMITH B.D., LEE K.M. and GRIFFITHS S.W., 1997. The ecological basis of freshwater pond management for biodiversity. *Aquatic Conservation Marine and Freshwater Ecosystems* 7: 91-104.
- GERKEN B. et STERNBERG, K., 1999. *Die Exuvien Europäischer Libellen - Insecta, Odonata*. Arnika und Eisvogel, Höxter, Jena IV. 354 p.
- GONSETH Y. et MONNERAT C., 2002. Liste Rouge des Libellules menacées en Suisse. Ed. Office fédéral de l'environnement des forêts et du Paysage. Berne et Centre Suisse de cartographie de la faune, Neuchâtel. Série OFEFP: L'environnement pratique. 46 p.
- HEIDEMAN, H. und SEIDENBUSCH, R. 1993. *Die Libellenlarven Deutschlands und Frankreichs- Handbuch für Exuviensammler*. Verlag Erna Bauer, Keltern. 391 p.
- HENRIKSON B.-L., 1988. The absence of anti-predator behaviour in the larvae of *Leucorrhinia dubia* (Odonata) and the consequences for their distribution. *Oikos* 51: 179-183.
- HOESS R., 1995. Schlüssel zur Bestimmung juveniler Tiere der Gattung *Sympetrum* Newman, 1833 in der Schweiz. non publié - doc. interne.
- IMBODEN C., 1976. *Eaux vivantes- Initiation à la biologie des zones humides*. LPSN, Basel.
- JURZITZA G., 1993. *Libellules d'Europe, Europe centrale et méridionale*. Delachaux et Niestlé. 191 p.
- KIRBY P., 1992. *Habitat management for invertebrates*. Royal Society for the Protection of Birds (RSPB). Sandy.
- KOHL S., 1998. Odonata, Anisoptera-Exuvien (Grosslibellen-Larvenhäute), Europas, Bestimmungsschlüssel. Ed. Kohl. 26 p.
- KOTARAC M., 1997. *Atlas of the Dragonflies (Odonata) of Slovenia with the Red Data List*. Centre for cartography of fauna and flora. 205 p.

- KÜRY D., 1999. Faszination Libellen. Naturhistorisches Museum Basel. 80 p.
- MAIBACH A., 1989. Clé de détermination illustrée des libellules (Odonates) de Suisse et des régions limitrophes. *Bull. rom. Ent.* 7: 31-68.
- MAIBACH A., 1995. L'étang des Sésines et la Haute-plaine de l'Orbe (Vaud). Un site d'importance nationale pour les Odonates (libellules). Centre de Conservation de la faune et de la nature; Etat de Vaud. Rapport interne: 10 p. + annexes.
- MAIBACH A. et MEIER C., 1987. Atlas de distribution des libellules de Suisse (Odonata). *Doc. Faun. Helv.* 3. 231 p.
- MAIBACH A., ANTONNIAZZA V. et CHERBUIN P., 2001. Colonisation par la faune des dépressions créées par la verse des arbres suite à l'ouragan Lothar: premiers constats dans les forêts vaudoises. *Schweiz. Z. Forstwes.* 152: 247-253.
- MARTI K. et MÜLLER R., 1994. Zones-tampon pour les marais. Edit. Office fédéral de l'environnement des forêts et du Paysage (OFEFP). Berne. Cahier de l'Environnement, Nature et paysage 213. 27 p.
- OERTLI B., AUDERSET D., CASTELLA E., JUGE R., CAMBIN D. and LACHAVANNE J. B., 2002. Does size matter? The relation ship between pond area and biodiversity. *Biological Conservation* 104: 59-70.
- OERTLI B., AUDERSET D., CASTELLA E., JUGE R. et LACHAVANNE J. B., 2000. Diversité écologique et typologie écologique des étangs et petits lacs de Suisse. Rapport OFEFP, LEBA et UNIGE. 340 p.
- ROUX M., 1991. Interpretation of hierarchical clustering. Devillers, J. and Karcher, W. Applied Multivariate Analysis in SAR and Environmental Studies. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht:137-152.
- SAMWAYS M. J. et STEYTLER N. S., 1995. Dragonfly (Odonata) distribution patterns in urban and forest landscapes, and recommendations for riparian management. *Biological Conservation* 78: 279-288.
- UICN., 2001. UICN Red List Categories: Version 3. 1. Prepared by the UICN Species Survival Commission. UICN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 23 p.
- WATSON J. A., ARTHINGTON A. H. et CONRICK D. L., 1982. Effect of sewage effluent on dragonflies (Odonata) of Bulimba Creek, Brisbane. *Aust. J. Mar. Freshwat. Res.* 33: 517-528.
- WEIR J. S., 1974. Odonata collected in and near seasonal pools in Wankie National Park, Rhodesia, with notes on the physico-chemical environments in which nymphs were found. *J. Entomol. S. Afr.* 37: 135-145.
- WENDLER A. et NÜSS J. H., 1994. Libellules; guide d'identification des libellules de France, d'Europe septentrionale et centrale. Société Française Odonatologie (SFO). 131 p.
- WILDERMUTH H., 1994a. La Leucorrhine à gros thorax (*Leucorrhinia pectoralis*), une libellule rare des tourbières. In OFEFP (Ed.) 1992-2002: Manuel de conservation des marais en Suisse, Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, Berne. Vol. 1, chap. 3.4.2.
- WILDERMUTH H., 1994b. Dragonflies and Nature Conservation: an Analysis of the Current Situation in Central Europe. *Adv. Odonatol.* 6: 199-221.
- WILDERMUTH H., 1995. Pflege von Kleingewässern in Mooren. In BUWAL (Hsg.) 1992-2002. Handbuch Moorschutz in der Schweiz. Grundlagen, Fallbeispiele. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern. Bd. 1, Kap. 2.1.6.
- WILDERMUTH H., GONSETH Y. et MAIBACH A., 2005. Odonata: les libellules en Suisse. *Fauna Helvetica* 11, CSCF/SES Neuchâtel. 398 p.