



PROTCOLE ODONATES - 2011

Rédacteurs : Bernard Pont et Marilyn Mathieu,
Association des amis de l'Ile de la Platière

avril 2011



RAPPEL DES OBJECTIFS DU PROGRAMME RHOMEO

Mettre en place un observatoire des zones humides du bassin Rhône Méditerranée utilisant différents bio-indicateurs pour évaluer l'état de chaque zone humide. Les indicateurs retenus a priori, à partir de l'expérience des gestionnaires d'espaces naturels, sont la végétation, les amphibiens, les odonates et les papillons de jour. La présente réflexion concerne uniquement le volet odonates.

LES ODONATES: DES BIO-INDICATEURS?

Les auteurs sont sur des positions variées quant à l'intérêt des odonates en tant qu'indicateur : MASSELOT et al (2003) sont sur une position de grand doute alors que d'autres auteurs mettent en avant l'intérêt de ce groupe taxonomique en complément d'autres bio-indicateurs (CHOVANNEC et al 2001, 2004 et 2005, SCHMIDT 1985, OERTLI et al. 2005, INDERMUHELE et al. 2008). La synthèse proposée par OERTLI (2008) met en avant les points suivants :

Les odonates constituent un groupe parapluie et porte-étendard ;

Ils sont représentatifs des zones humides ;

Ils sont raisonnablement diversifiés et sont généralement le groupe d'invertébrés le mieux connu (taxonomie, écologie,...) ;

Bien qu'utilisant des habitats variés en fonction de leur stade de développement, ils sont fonctionnellement peu diversifiés car tous sont prédateurs ;

Plusieurs espèces sont sténoèces et nécessitent des conditions d'habitat spécialisées ;

Ils sont largement répandus, mais manquent aux altitudes élevées ;

Ils constituent un matériel aisément accessible pour un échantillonnage quantitatif.

On peut résumer la situation comme suit : les odonates ne sont certainement pas les meilleurs bio-indicateurs des zones humides, mais il s'agit du groupe d'invertébrés le plus facilement accessible en terme de reconnaissance et de méthodes d'échantillonnage.

CONTEXTE

Ce travail bénéficie largement des réflexions conduites au sein du réseau RNF depuis une dizaine d'année (protocole « macrophytes/odonates ») et son retour d'expérience, réflexion autour de l'évaluation de l'état de conservation des habitats PECHEUR A.L., 2008).

Afin de nourrir la réflexion une analyse bibliographique a été réalisée. On trouvera en annexe les références bibliographiques de quelques méthodologies d'échantillonnage des peuplements d'odonates mises en œuvre dans différents contextes et avec divers objectifs. Cette revue ne prétend pas être exhaustive, mais donne un aperçu des choix méthodologiques fait par divers auteurs. Comme le souligne OERTLI (2008), l'émergence d'un protocole standardisé serait un progrès considérable. Plusieurs initiatives vont dans ce sens :

- En France, la SFO souhaite mettre en place un protocole de suivi des espèces prioritaires (SONEP). En lien avec le plan national d'action des odonates, un programme de suivi des populations de libellules est en cours de test (STELI) (Cédric VANAPELGHEM comm. pers.).

- Ailleurs en Europe des protocoles sont en place depuis quelques années (KETELAAR et al. 2001, OERTLI et al. 2005, INDERMUHELE et al. 2008).

Le programme RHOMEO s'inscrit dans cette dynamique. Ceci a conduit à solliciter la participation d'experts (Cyrille DELIRY - GRPLS Sympetrum, Cédric VANAPELGHEM - Soc. Française d'Odonatologie, Beat OERTLI - Haute Ecole du Paysage, d'Ingénierie et d'Architecture de Genève, Xavier HOUARD - OPIE – national, coordinateur du plan d'action odonates) impliqués dans ces démarches de manière à contribuer à l'émergence d'un tel protocole.

METHODE

PRINCIPE :

L'évaluation proposée s'appuie sur la comparaison, à l'échelle d'une zone humide, du peuplement odonatologique observé au peuplement attendu. L'écart entre ces 2 états constitue une estimation de l'altération de la zone humide. L'analyse de l'écologie des taxons manquants permet de formuler des hypothèses quant aux facteurs expliquant cette altération. Des approches de ce type sont proposées par SCHMIDT (1985), CHOVANNEC et al. (2001, 2004, 2005), OERTLI et al. (2005), INDERMUHELE et al. (2008).

Ceci implique, d'une part de disposer d'un protocole de description du peuplement à un instant donné, d'autre part de pouvoir définir un peuplement de référence pour le type de zone humide étudiée, dans le contexte biogéographique donné. La question des limites de validité (quels types de zones humides peuvent être redevables d'une telle approche ?) doit d'emblée être posée. Les expériences disponibles en contexte de plaine alluviale, de mares et de petits étangs apportent une première réponse. Il convient de discuter de la pertinence d'une telle approche pour les bas marais, tourbières, grands étangs ou lacs. Il semble évident que les zones humides de haute altitude sont de fait exclues par l'absence d'odonates (limite altitudinale à préciser).

DECRIRE LE PEUPLEMENT ACTUEL

(a) Plan d'échantillonnage

Pour décrire la richesse totale de la zone humide, il est nécessaire d'échantillonner tous les types d'habitats disponibles pour les odonates. Il convient donc d'avoir au préalable une connaissance suffisante de la zone humide et des habitats présents.

Une cartographie des surfaces en eau sera réalisée à l'aide de cartes topographiques, de photographies aériennes et d'une visite préalable du site ;

Le plan d'échantillonnage s'appuiera sur la liste des habitats odonatologiques produite par la SFO (cf. annexe). Il est important de souligner que cette notion d'habitat odonatologique ne se superpose pas à la notion d'habitat au sens de la végétation ou de la phytosociologie. Ainsi, à titre d'exemple, une tourbière de pente ne présentant pas de pièces d'eau libre ou de gouilles n'est pas une tourbière au sens des odonates. Des nuances ont été apportés à la typologie SFO de manière à optimiser la qualité de l'échantillonnage, notamment pour :

- les milieux alluviaux : le degré de connexion au chenal des annexes et les différents faciès du chenal (radier et mouille) ;
- l'altitude : notion d'étage montagnard et alpin ;
- en fonction des régions biogéographiques.

Au sein de chaque habitat odonatologique, au moins 3 points de suivi seront mis en place, idéalement 6 et au maximum 10. Dans le cas d'habitats odonatologiques présentant des nuances significatives (cas des annexes hydrauliques fluviales notamment) on s'attachera à répartir les points de suivi

de manière à échantillonner ces différentes nuances. Pour les habitats fragmentés, on veillera à échantillonner les différents « patch » présents.

Lorsque le nombre de pièces d'eau sur une zone humide ne permet pas de réaliser au moins 6 points de suivi (sur un ou plusieurs habitats odonatologiques), le volet odonates du protocole RHOME0 n'est pas appliqué.

(b) Surfaces d'observation

Le choix de la surface d'observation est laissé au libre choix des opérateurs, en fonction de la configuration du site et des conditions de déplacement. Il peut s'agir :

- de transects de 25 m de long et 5 m de large (2.5 m de part et d'autre de l'interface terre/eau). Cette option est à retenir dans tous les cas où l'interface terre/eau est bien marquée et où le déplacement à pied le long du transect est aisé (sol portant, eau peu profonde). Deux transects peuvent être en continuité ou proche de quelques dizaines de mètres de manière à optimiser le travail de terrain (par exemple 2 transects en continuité pour échantillonner un radier et une mouille adjacente sur un cours d'eau)
- de points d'un rayon de 5-10 mètres, permettant la détermination à vue (éventuellement à l'aide de jumelles) des anisoptères les plus caractéristiques. Les points doivent être distants de deux fois le rayon de d'observation, pour éviter le chevauchement. On retiendra par sécurité la valeur de 25 m au moins entre 2 points.

Il est important que l'habitat soit homogène au sein de chaque point de suivi.

Les points de suivi seront localisés géographiquement avec précision (coordonnées du barycentre) afin de réaliser les relevés au même endroit au cours d'une saison ainsi que les années suivantes (si le milieu est stable). Les points de suivi seront également décrits de manière précise à l'aide d'une fiche standardisée (cf. annexe).

(c) Conditions de réalisation d'un relevé

Pour les transects, les relevés s'effectueront à marche lente. Au cours de la première visite, une durée de référence sera mesurée et restera constante pour les visites ultérieures afin de conserver la même pression d'observation.

Pour les points, le relevé dure au moins 6 minutes et chaque nouvelle espèce détectée est notée par tranche de 2 minutes. Si la dernière tranche de 2 minutes a permis de détecter au moins une espèce nouvelle, une tranche supplémentaire de 2 minutes d'observation est ajoutée. Si cette période n'apporte aucune espèce nouvelle, le relevé est stoppé, sinon une nouvelle période de 2 minutes est ajoutée, et ainsi de suite. Le temps total d'observation est noté.

Le temps passé à la capture et à la détermination d'individus est décompté du temps d'observation.

Les relevés se réaliseront entre 10h et 16h (possibilité de pousser plus tard en juin-juillet par temps chaud et lorsque les jours sont les plus longs), période optimale d'activité des imagos. Les conditions météorologiques devront être « bonnes » le jour du relevé ainsi que la veille de celui-ci :

| | | Température | | |
|---------------|--------------|-------------|------------------------|--------|
| | | < 17°C | 17°C - 22°C | > 22°C |
| Nébulosité | > 3/4 | non | oui | oui |
| | < 3/4 | oui | oui | oui |
| Pluie | | non | non | non |
| Force du vent | < 4 Beaufort | non | oui | oui |
| | 4 Beaufort | non | oui exceptionnellement | |
| | > 4 Beaufort | non | non | non |

Température : prise sur le site météoFrance et exprimée en degré Celsius ;

Nébulosité : estimée et exprimée en quart (0 - 1/4 - 1/2 - 3/4 - 1) ;

Force du vent : estimée et exprimée en Beaufort. Les indices suivants peuvent être utilisés afin d'estimer cette force :

1 : vent perceptible sur une fumée mais pas sur une girouette (1 à 5 km/h) ;

2 : girouette en mouvement et vent perceptible sur le visage (6 à 11 km/h) ;

3 : les feuilles et brindilles sont constamment en mouvement (12 à 19 km/h) ;

4 : les petites branches sont en mouvement. Les poussières et les papiers tourbillonnent (20 à 28 km/h) ;

5 : des vagues sont clairement visibles à la surface de l'eau. Les petits arbres balancent. Les sommets de tous les arbres sont agités (29 à 38 km/h) ...

(d) Calendrier d'intervention

- pour les sites de plaine : 4 campagnes

dates indicatives début mai - juin - juillet - septembre, à caler sur la phénologie des espèces. Le premier relevé doit comprendre la période de vol de *Brachytron pratense* pour les eaux stagnantes et de *Gomphus vulgatissimus* pour les eaux courantes. Le dernier correspond au vol des espèces tardives (*Lestes*, *aeshna mixta/affinis*,...)

A terme, le nombre de campagne pourra être réduit à 3 par suppression d'une des périodes de mai ou juin qui semblent, au vu des résultats 2010, être souvent similaires, soit entre elles, soit à la première campagne. Dans les secteurs géographiques ayant été suivi en 2010 où l'une des campagnes n'a apporté aucune espèce nouvelle, cette dernière pourra être supprimée.

- pour les sites de l'étage montagnard : 3 campagnes

juin - juillet - août

- pour les sites de l'étage alpin : 2 campagnes

début juillet - fin juillet

Les dates de prospection devront être identiques (du point de vue de la phénologie des odonates) d'une année sur l'autre.

(e) Choix des paramètres à collecter

Pour les imagos, le relevé consistera à noter :

- l'espèce observée ;
- la présence d'individu isolé ou multiple ;
- la présence de mâle et de femelle ;
- le comportement reproducteur le plus significatif : défense territoriale, tandem, accouplement, ponte, émergence, exuvie.

La recherche des exuvies d'anisoptères est facultative (mais la collecte des exuvies repérées aisément est recommandée pour attester le statut reproducteur), à l'exception de deux types d'habitats odonatologiques où les exuvies sont indispensables pour repérer des espèces discrètes au stade

imago : grands cours d'eau (gomphidés, Oxygastra, Boyeria) et tourbières d'altitude (Somatochlora).

Les exuvies d'anisoptères sont alors recherchées attentivement et récoltées, au retour pour les transects en cours d'eau sur une largeur de 1 m à partir de l'eau et par prospection des gouilles en tourbière d'altitude.

Pour les exuvies, récoltées puis déterminées en laboratoire, seront notés :

- l'espèce à l'exception de certains *Sympetrum* : *Sympetrum sanguineum*, *S. striolatum* *S. meridionale* et *S. vulgatum* ne peuvent être déterminés au niveau spécifique avec certitude, ils seront donc notés dans le même groupe ;
- le nombre.

Ces observations seront consignées sur une fiche de terrain (cf. annexe).

Les exuvies seront stockées dans des boîtes en attendant d'être déterminées. Ces boîtes seront référencées avec le code du point de suivi, la date du relevé et le nom de l'observateur.

Une description succincte du milieu (recouvrement des hydrophytes, des héliophytes, de la zone en eau et du couvert végétal) sera réalisée et notée sur une fiche de terrain (cf.annexe). Un relevé des macrophytes aquatiques (hydrophytes et héliophytes) sera effectué si possible pour chaque point de suivi une fois par saison, au mois de juin ou juillet. A défaut les hydrophytes dominants seront notés.

(f) Mise en forme des données (à préciser par Axe 3 sur certains points)

Les données seront saisies dans deux tables distinctes : la première décrira les points de suivi et la seconde regroupera les observations odonatologiques.

Table point de suivi:

- Identifiant RhoMeO de la zone humide ;
- Code du point de suivi, composé de l'identifiant RhoMeO et d'un numéro ;
- Taille du point de suivi ;
- Code de l'habitat selon la liste SFO ;
- Code Corine Biotope (facultatif) ;
- Durée indicative du suivi ;

- Géoréférencement (le système utilisé devra être précisé par l'axe 3) ;
- Nom de l'ensemble fonctionnel : nom de l'étang, de la mare, du ruisseau... (pour les grands sites) ;
- Recouvrement zone en eau ;
- Recouvrement hydrophytes flottantes ;
- Recouvrement hydrophytes submergées ;
- Recouvrement héliophytes ;
- Recouvrement couvert herbacé « terrestre » ;
- Recouvrement couvert ligneux ;
- Remarques.

Table observation:

- Date ;
- Observateur ;
- Code du point de suivi ;
- Température le jour du relevé ;
- Force du vent le jour du relevé ;
- Nébulosité le jour du relevé ;
- Nom de l'espèce
- Code espèce défini par la liste de référence de la SFO (cf. annexe) ;
- Présence d'adulte (champ oui/non) ;
- Individu isolé ou multiples
- Présence de mâle (champ oui/non) ;
- Présence de femelle (champ oui/non) ;
- Comportement reproducteur le plus significatif (choisir l'item le plus loin dans la liste de choix suivante : défense territoriale, tandem, accouplement, ponte, émergence, exuvie.

(g) Traitement des données

L'information synthétique pour un site se présentera donc sous la forme d'une liste annuelle d'espèces observées sur la zone humide accompagnée de

l'information sur son autochtonie (champ oui/non) et de la fréquence d'observation et/ou de l'indice d'abondance moyen.

L'autochtonie sera considérée comme certaine par la présence d'au moins une des informations suivantes pour une espèce sur un site:

- Reproduction avérée (émergence, exuvie)
- reproduction suspectée (autres comportements reproducteurs)
- Présence d'individus multiples et/ou de mâle et femelle sur au moins un point.

L'autochtonie sera suspectée par les informations suivantes (les espèces concernées sont conservées pour l'analyse)

- Présence d'individus multiples et/ou de mâle et femelle sur au moins un point.
- Présence d'individus isolés sur plusieurs points.

En revanche une espèce contactée par un seul individu sur un seul point sur un site ne sera pas considérée comme autochtone et retirée pour la suite de l'analyse.

DEFINIR LE PEUPLEMENT ATTENDU (OU DE REFERENCE) (A PRECISER UNE FOIS L'OUTIL PREPARE PAR C. DELIRY FINALISE)

Le peuplement attendu est défini pour chaque type d'habitat odonatologique et pour chaque région bioclimatique et département selon 4 niveaux :

- 1 - Espèces dont c'est un des habitats principaux ;
- 2 - Espèces ayant une affinité forte à cet habitat ;
- 3 - Espèces ayant une affinité moyenne à cet habitat.
- 4 - Espèces pouvant être observée sur cet habitat sans que sa reproduction ne soit prouvée

Ces listes de références sont établies à dire d'expert par Cyrille Deliry, en s'appuyant sur une analyse de la base de donnée du groupe Sympetrum ainsi que sur la bibliographie existante.

La liste de la référence pour un zone humide est construite en retenant toutes les espèces mentionnées dans les différents habitats odonatologiques identifiés sur la ZH.

COMPARER LE PEUPEMENT OBSERVE AU PEUPEMENT ATTENDU - EVALUER L'ETAT DE CONSERVATION DE LA ZONE HUMIDE (ET SON EVOLUTION)

La richesse observée ne sera probablement qu'une sous-estimation de la richesse réelle, même avec un plan d'échantillonnage rigoureux. L'outil statistique Jackknife-1, estimateur non paramétrique permettant de compenser le biais inhérent à un échantillonnage non exhaustif, sera donc utilisé pour calculer la richesse totale « vraie ».

On comparera ensuite cette richesse du peuplement autochtone estimée à la richesse du peuplement de référence. On obtient ainsi un ratio qui varie de 0 (richesse observée nulle) à 1 (richesse observée = richesse attendue). Il se pose alors la question de l'interprétation de ce ratio et d'éventuels seuils de qualification de l'état de la zone humide. Si il est évident que plus le ratio se rapproche de la valeur 1 meilleur est l'état de la zone humide, la définition de classes d'état bornées par des seuils faciliterait la restitution du résultat à des non spécialistes. Il faut toutefois avoir à l'esprit que de telles classes sont largement arbitraires et sous-tendues par des choix qui ne répondent pas forcément à une approche scientifique....

A titre d'exemple, la méthode IBEM retient les classes suivantes qui renvoient à une qualification de l'état de la zone humide cohérent avec le cadre de la DCE :

| Classe d'IBEM | Interprétation état de la zone humide |
|---------------|---------------------------------------|
| 0 à 0,2 | mauvais |
| >0,2 à 0,4 | médiocre |
| >0,4 à 0,6 | moyen |
| >0,6 à 0,8 | bon |
| >0,8 | très bon |

Cette qualification sera ensuite être complétée par une analyse des espèces de niveaux 1 et 2 de la liste de référence, non observée sur la zone humide.

L'absence d'une de ces espèces dans le jeu de données témoigne, soit de sa grande rareté sur la ZH, ce qui la rend difficile à détecter, soit de sa réelle absence. Dans tous les cas, cette information traduit une altération de la ZH qu'il convient d'interpréter à partir de la connaissance de la biologie et de l'écologie de ces taxons manquants, suggérant des hypothèses d'altération de la zone humide. Cet exercice ne peut en l'état actuel se faire qu'à dire d'expert. La mise au point de profils écologiques pour chaque espèce pour différents paramètres serait un élément d'objectivation mais ne semble pas à portée actuellement.

Références bibliographiques

Concept et méthodologie:

CHOVANEC A, WARINGER J., 2001. Ecological integrity of river-floodplains systems- assesment by dragonfly survey. Regul. Riv. Res. Mgmt.17:493-507

CHOVANEC A., WARINGER J., RAAB R. LAISTER G., 2004. Lateral connectivity of a fragmented large river system: assessment on a macroscale by dragonfly surveys (Insecta: Odonata). Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst. 14, 163-178.

CHOVANEC A, WARINGER J, STRAIF,M., GRAF W., RECKENDORFER W., WARINGER-LÖSCHENKOHL A., WAIDBACHER H., SCHULTZ H., 2005. The Floodplain Index - a new approach for assessing the ecological status of river/floodplain-systems according to the EU Water Framework Directive. Large Rivers 15, 169-185.

COTTEREAU V., 2005. Recherche d'une relation entre odonates, pratiques piscicoles et végétation. Martinia 21(3):91-108

DUPIEUX N., 2004. Une proposition de protocole commun pour la description et le suivi des annexes hydrauliques du bassin de la Loire. Programme Loire nature, mission scientifique, 52 p.

FATON JM, DELIRY C., 2004. Surveillance de la population de *Coenagrion mercuriale* dans la réserve naturelle nationale des Ramières du val de drôme. Martinia 20(4):163-180

GUERBAA K., HENNEQUIN E., 2003. Mise en place d'un suivi des peuplements d'odonates de al tourbière de la ferrière (Communes de Davignac et Bonnefond, Corrèze). Premiers résultats après 2 ans. Martinia 19(3) : 99-108

INDERMUEHLE N., ANGÉLIBERT S., OERTLI B., 2008. IBEM: Indice de Biodiversité des Etangs et Mares. Manuel d'utilisation. Ecole d'Ingénieurs HES de Lullier, Genève. 33 p.

KETELAAR R., PLATE C., 2001. Manual Dutch Dragonfly monitoring Scheme. Dutch Butterfly Conservation, Wageningen.

LHOR M., 2003 : Etude faunistique des plaines alluviales de l'Allier et de quelques affluents au Nord Ouest de Moulins. *Martinia* 19(4):123-148

LEROY T., 2005. Nouvel inventaire des odonates des tourbières du Cézallier en Auvergne (Départements du Cantal et du Puy de Dôme). *Martinia* 21(1):3-16

LEROY T., 2006 : Evolution du peuplement d'odonates adultes au cours d'une saison sur les rives d'un lac tourbière d'Auvergne (France). *Martinia* 22(2) : 109-118

MASSELOT G., NEL A., 2003. Les odonates sont-ils des taxons bio-indicateurs. *Martinia* 19(1):5-38

OERTLI B., AUDERSET JOYE D. A., CASTELLA E., JUGE R., LEHMANN A., LACHAVANNE J.-B., 2005. PLOCH : a Standardized Method for Sampling and Assessing the Biodiversity in Ponds. In: Conservation and monitoring of pond biodiversity. *Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosystems. Special issue Vol 15 (6): 665-680*

OERTLI B., 2008. The use of dragonflies in the assessment and monitoring of aquatic habitats, In *Dragonflies and Damselflies : Model Organisms for Ecological and Evolutionary Research*. ed. A. Córdoba-Aguilar, pp. 79-95. Oxford University Press, Oxford, New York.

PECHEUR A.L., 2008. Evaluation de l'état de conservation des habitats. Evaluation des habitats fluviaux dans le réseau des Réserves Naturelles de France. Mémoire FIF AgroParisTech – RNF. 66 p + annexes

PONT B., FATON J.M., PISSAVIN S., 1999. Protocole de suivi à long terme des peuplements de macrophytes aquatiques et d'odonates comme descripteurs de fonctionnement des hydrosystèmes. RNF, 33 p.

SCHMIDT E., 1985. Habitat inventarization, characterization and bioindication by a "representative spectrum of Odonata Species (RSO)". *Odonatologica* 14, 127-133.

Guides et clés d'identification :

Libellules. Guide d'identification des libellules de France, d'Europe septentrionale et centrale par A. Wendler et J.-H. Nüss, 1997. Société française d'odonatologie.

Larves et exuvies des libellules de France et d'Allemagne (sauf la Corse) par H.Heidemann et R. Seidenbuch. 2002. Société française d'odonatologie.

Les odonates de l'Europe occidentale, du Nord de l'Afrique et des îles atlantiques. Clé d'identification des larves par P. Aguesse, 1968. Faune de l'Europe et du bassin méditerranéen.

Clé pour l'identification des exuvies des espèces ouest-européennes du genre Gomphus Leach, 1815 par R. Cloupeau, M. Levasseur, F. Boudier. Martinia N°5, 1987.

Bildbestimmungsschlüssel mitteleuropäischer Libellen-Larven (Insecta : Odonata). Clé illustrée pour les larves d'Odonates du Centre de l'Europe par Von Ulrich Franke. Radolfzell.

Clé de détermination des exuvies des odonates de France par G. Doucet, 2010. Société française d'odonatologie.

Ouvrages complémentaires :

Les Libellules de France, Belgique et Luxembourg par D. Grand et J.-P. Boudot, 2006. Collection Parthénope, Éditions Biotope, 480 pages.

Atlas illustré des libellules de la région Rhône-Alpes coordonné par C. Deliry. Dir du Groupe Sympetrum et Muséum d'Histoire Naturelle de Grenoble. Collection Parthénope, Éditions Biotope, 408 pages.

Guide des Libellules de France et d'Europe par K.-D. B. Dijkstra. Illustrations : R. Lewington. Traduction et adaptation française : P. Jourde, 2007. Les guides du naturaliste. Editions Delachaux et Niestlé, 320 pages.