

Le Rougequeue à front blanc *Phoenicurus phoenicurus* à La Chaux-de-Fonds

Suivi, étude de l'environnement
et recommandations pour sa conservation

Jacques Laesser, Boris Droz, Florence Bovay & Valéry Uldry

ARTICLE



J. Laesser

Le Rougequeue à front blanc *Phoenicurus phoenicurus* est une espèce prioritaire en Suisse.

A La Chaux-de-Fonds NE, les ornithologues locaux ont mené une vaste étude sur la population actuelle de Rougequeue à front blanc. Ils en déduisent les besoins et les manques en termes écologiques et proposent des mesures concrètes pour sa conservation à long terme. Une initiative exemplaire.

Introduction

Depuis ses habitats de nidification originels, les vieilles forêts clairsemées, le Rougequeue à front blanc a colonisé différents milieux façonnés par l'homme, tels que les parcs, cimetières et autres quartiers verts des villes, les bordures peu densément bâties des villages, les fermes isolées, les vergers et les vignobles, pour autant qu'ils comportent de grands arbres (GLUTZ VON BLOTZHEIM & BAUER 1988). Tous ont subi d'importantes modifications depuis les années 1950, et plus particulièrement dans les milieux agricoles (EWALD & KLAUS

2010), où l'espèce s'est fortement raréfiée. En Europe centrale, les milieux urbanisés figurent désormais parmi les habitats principaux du Rougequeue à front blanc (DROZ *et al.* 2015; suppléments). En Suisse, grâce au monitoring des oiseaux nicheurs répandus, on estime qu'ils abritent 29% de l'ensemble de ses effectifs nicheurs (données Station ornithologique suisse; H. Schmid comm. pers.). D'une manière générale, ses effectifs semblent très influencés par les sécheresses en période hivernale dans les quartiers d'hiver, au Sahel. Plusieurs années consécutives de sécheresses,

entre 1968 et 1973, puis entre 1983 et 1985 (BERTHOLD 1973, 1974; ZWARTS *et al.* 2010) ont provoqué un fort déclin des populations nicheuses de Rougequeue à front blanc, notamment en Suisse (BRUDERER & HIRSCHI 1984; FELIX & FELIX 2004). Les hivers moins secs au Sahel n'ont toutefois pas permis aux effectifs de se reconstituer ou seulement partiellement (ZWARTS *et al.* 2010), suggérant que les conditions dans les quartiers d'hiver n'expliquent pas, à elles seules, l'ensemble du déclin. En Suisse et en Allemagne, les effectifs se sont en général stabilisés à un niveau bas (BERNDT & WINKEL 1979; ZBINDEN *et al.* 2005; GEDEON *et al.* 2014; STATION ORNITHOLOGIQUE SUISSE 2016). En Suisse, le Rougequeue à front blanc est inscrit dans la liste rouge des oiseaux nicheurs (KELLER *et al.* 2010) comme potentiellement menacé (selon les critères de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature; UICN) et fait partie des 50 espèces d'oiseaux nicheurs prioritaires pour des mesures de conservation ciblées (AYÉ *et al.* 201; OFEV 2012). Le Rougequeue à front blanc se reproduit des régions basses jusqu'à la limite des arbres, avec les densités les plus élevées en dessous de 1000 m. Pendant la période 1993-1996, la population helvétique était évaluée à 10 000 à 15 000 couples (SCHMID *et al.* 1998). Dans le canton de Neuchâtel, le Rougequeue à front blanc niche principalement dans les quartiers peu densément bâtis de La Chaux-de-Fonds et du Locle, mais aussi ailleurs en densités faibles, du littoral aux crêtes. Entre 1997 et 2003, la population cantonale était estimée entre 140 et 180 territoires (LAESSER 2007). En Allemagne, l'espèce est inscrite dans les listes rouges de plusieurs Länder (STÜBING & BAUSCHMANN 2013).

Le maintien de ses populations en milieux urbanisés pourrait constituer un enjeu fondamental pour la conservation du Rougequeue à front blanc en Europe centrale dans les prochaines décennies, compte tenu de la dégradation de ses autres habitats principaux. Les exigences de l'espèce dans cet environnement sont toutefois mal connues. Cet article résume les résultats de 13 ans de suivi en ville de La Chaux-de-Fonds. Les analyses effectuées, en partenariat avec *Nos Oiseaux*, l'*ASPO/BirdLife Suisse*, la *Station ornithologique suisse*, *Pro Natura Neuchâtel*, le *Musée d'histoire naturelle de La Chaux-de-Fonds* et l'*Etat de Neuchâtel*, ont été publiées notamment dans un article récent (DROZ *et al.* 2015) et un autre en préparation portant sur son habitat (DROZ *et al. in prep.*).

Sur la base de ces résultats, des propositions de recommandations concrètes pour la conservation du Rougequeue à front blanc en milieux urbanisés ont été élaborées (BOVAY 2014) et sont développées dans le présent article.

Prise de données et méthodes d'analyses

La Chaux-de-Fonds est une ville suisse du Jura neuchâtelois, d'environ 38 000 habitants, située à 1000 m d'altitude (*fig. 1a*). Le Rougequeue à front blanc y est un habitant typique des quartiers périphériques. Cette population urbaine est spatialement isolée, les campagnes environnantes ne comptant que quelques cantonnements épars. L'espèce niche aussi en ville du Locle, à environ 5 km à vol d'oiseau (LAESSER 2007). Depuis 2003, un recensement annuel des territoires de Rougequeue à front blanc est entrepris sur deux zones échantillons de 0,5 km² chacune (A et B; *fig. 1b*), essentiellement constituées de quartiers à faible et moyenne densité d'urbanisation. Quatre passages sont effectués entre fin avril et début juin, débutant une heure avant le lever du soleil et durant en moyenne 1,8 h (+/- 0,2) pour chaque secteur. Le parcours est différent à chaque passage et couvre la surface de manière à ce qu'aucun point du périmètre d'étude ne reste à plus de 150 m du trajet. Les territoires théoriques sont comptabilisés selon la méthode de cartographie des territoires (BIBBY *et al.* 2000). En 2009, tous les quartiers de la ville *a priori* favorables à l'espèce ont été recensés selon la même méthode que les deux zones échantillons (DROZ & LAESSER 2009). Les données du Service d'Information de la *Station ornithologique suisse*, incluant celles saisies sur le portail www.ornitho.ch, ont été collectées et intégrées au jeu de données utilisé pour les modèles statistiques. En plus des recensements, des recherches non systématiques de nids ont été effectuées, essentiellement pendant les périodes de construction et de nourrissage, permettant la découverte de 74 nids, dont 62 % étaient situés dans des cavités de maisons privées (par exemple sous des tuiles ou sous les faites de toit), 32 % dans des nichoirs et 5 % dans des cavités d'arbres (DROZ *et al.* 2015).

Un modèle statistique permettant de prédire la distribution potentielle du Rougequeue à front blanc a été élaboré sur la base de variables environnementales reflétant la qualité de l'habitat et incluant les types de couverture pay-

sagère, les perturbations induites par l'humain, ainsi que les conditions climatiques et topographiques. Les données géographiques, telles que couvertures paysagères, comptages routiers, climat ou topographie, ont été mises à disposition par le *Système d'information du territoire* ou fournies par le *Service de la géomatique de la ville de La Chaux-de-Fonds*, *Swisstopo* et l'*Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage* (WSL). Les variables expliquant conjointement le mieux la présence ou l'absence des Rougequeues à front blanc ont ensuite été retenues pour développer le modèle le plus performant. Ce modèle permettant de prédire la distribution potentielle actuelle nous a aussi permis d'identifier l'importance

relative des facteurs environnementaux et leurs valeurs optimales pour la présence du Rougequeue à front blanc. Deux scénarios ont ensuite été simulés sur la base du modèle en modifiant ses variables. Dans un *scénario conservation*, on augmente la couverture en arbres jusqu'à la valeur optimale de 20 %, partout où il est théoriquement possible d'en planter. Le nouveau modèle prédit ce que serait la nouvelle distribution de l'espèce dans ces conditions. Dans un *scénario menace*, c'est la proportion de surfaces imperméables (bâtiments et surfaces asphaltées) qui est augmentée dans le modèle. Les zones prioritaires de conservation et à fort potentiel de promotion (cf. ci-après) se basent sur les distributions calculées par le modèle.



Fig. 1 - Localisation de la zone d'étude (a), avec une vue détaillée de La Chaux-de-Fonds (b). Les deux rectangles gris clair (A+B) représentent les deux terrains d'étude ($2 \times 0,5 \text{ km}^2$) suivis annuellement, la zone délimitée en traitillé représente la surface ($5,4 \text{ km}^2$) prospectée durant le recensement de 2009. Les points orange figurent chaque territoire identifié entre 2004 et 2012 (nombre de territoire: 283) et utilisé dans notre analyse. Les fonds de carte ont été mis à disposition par le *Système d'Information du Territoire Neuchâtelois* et *Swisstopo*.

Résultats des suivis

Les effectifs recensés entre 2003 et 2015 sur les deux zones échantillons cumulées (1 km²) oscillent entre 14 et 31 territoires théoriques sans qu’une tendance ne s’affirme (fig. 2). La population peut donc être considérée comme fluctuante, mais stable pour la période de suivi. L’évolution de cette population témoin s’accorde dans l’ensemble avec celle que montre l’indice des effectifs pour la Suisse (ZBINDEN et al. 2005 ; STATION ORNITHOLOGIQUE SUISSE 2016). Le

recensement de l’ensemble de la population de la ville, en 2009, couvrant les secteurs *a priori* les plus favorables (5,4 km²), a permis de comptabiliser 56 territoires théoriques, dont le 48 % dans les zones échantillons A et B (respectivement 14 et 13 territoires ; DROZ & LAESSER 2009). En extrapolant cette proportion à l’ensemble de la période couverte par le suivi, nous estimons que le nombre de territoires de la population de la ville a fluctué entre 29 et 64 durant la période d’étude.

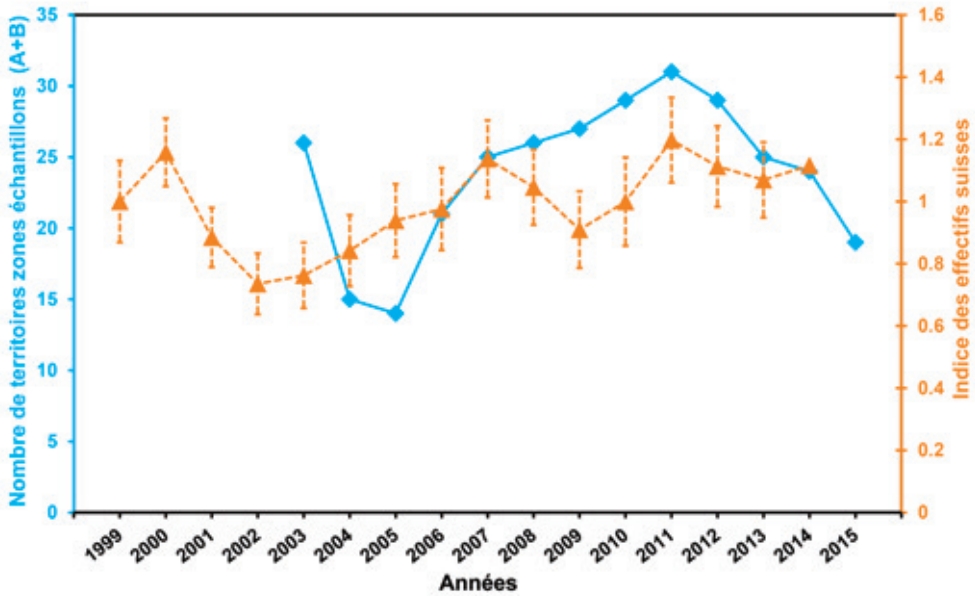


Fig. 2 - Tendence d’évolution des populations de Rougequeue à front blanc *Phoenicurus phoenicurus* de La Chaux-de-Fonds en comparaison avec l’indice national d’abondance. Les diamants bleus indiquent l’évolution du nombre cumulé de territoires sur les zones d’échantillons (A & B ; fig. 1b) entre 2003 et 2015. Pour comparaison, l’indice des effectifs suisses (triangles orange) est reporté avec sa déviation standard.

Descriptifs de l’environnement du Rougequeue à front blanc à La Chaux-de-Fonds

Dans une première étude (DROZ et al. 2015), l’utilisation des habitats par le Rougequeue à front blanc, par rapport à leur disponibilité sur l’ensemble de la ville, a été estimée en considérant les types de milieux par une analyse multi-variée des variances (MANOVA) de type analyse compositionnelle (AEBISCHER et al. 1993 ; CALENGE 2006). Les gazons à végétation rase partiellement arborés correspondent à l’habitat le mieux représenté dans les territoires de Rougequeue à front blanc par rapport à la surface disponible et constituent 40 % de la

surface des zones d’échantillon A et B. Afin de satisfaire aux exigences du Rougequeue à front blanc, la présence d’arbres et de végétation rase doit être combinée en mosaïque aux bâtiments, qui fournissent des cavités pour la nidification. L’herbe haute joue aussi certainement un rôle important dans la production de proies invertébrées, mais devient défavorable lorsqu’elle couvre de grandes surfaces (prairies) dénuées de végétation rase ou de sol nu. Les proies sont alors inaccessibles à l’espèce qui chasse principalement au sol.

Dans la deuxième étude (DROZ et al. *in prep.*), la modélisation de la distribution du Rougequeue à front blanc montre la contribution dé-

terminante de la couverture arborée qui limite la distribution de l'espèce au niveau de la ville. Son importance relative est de 39,8 % dans le modèle qui reproduit le mieux la distribution potentielle du Rougequeue à front blanc. La surface de canopée optimale est estimée à 20,4 % de la surface d'un territoire (*tabl. 1*). La densité du bâti est aussi un facteur environnemental clef. Son importance relative dans le modèle est de 24,5 %. Le même modèle montre un optimum de la surface imperméable à 34,6 % des territoires de Rougequeue à front blanc (*tabl. 1*), alors que le modèle situe à 12,5 % l'optimum de surfaces bâties. Au-delà

de cette densité, la probabilité d'une occupation par l'espèce décline. Les optimums de surfaces imperméables et bâties peuvent paraître élevés, alors qu'on aurait pu s'attendre à ce qu'un minimum de surfaces bâties, signifiant plus d'espaces verts, serait plutôt favorable. L'importance des bâtiments a certainement une cause indirecte, peut-être parce que les propriétés privées fournissent, à l'échelle d'un territoire de Rougequeue à front blanc, la diversité de structures nécessaires (arbres, terrains de chasse, structures productrices en insectes et cavités de nidification) qu'on ne trouve que rarement à La Chaux-de-Fonds sur des surfaces non bâties.

Tabl. 1 - Variables utilisées dans le modèle prédictif de la distribution du Rougequeue à front blanc *Phoenicurus phoenicurus*. Les neuf variables expliquant conjointement le mieux la présence ou l'absence des Rougequeuees à front blanc ont été retenues parmi 32 variables descriptives pour développer le modèle. Le rang des variables suit leur ordre d'importance relative dans le modèle. Le calcul des optimums se base sur le même modèle. Les variables exprimées en pour cent correspondent à des proportions de surfaces. Leur importance suppose que leur présence est déterminante pour le choix du territoire des Rougequeuees à front blanc, ou, au contraire, dissuasive pour la végétation haute (valeur optimale proche de zéro). La population humaine est exprimée en personnes par m², qui doit être comprise comme capacité de bâtiments y compris les entreprises, écoles, etc. Elle et le flux routier sont utilisés comme proxy pour les dérangements humains, a priori défavorables. La longueur des murs (de bâtiments), par m², est pressentie comme proxy pour l'offre en cavités. Pour intégrer un descriptif climatique, les radiations solaires durant les mois de la saison de reproduction (avril à juin) ont été utilisées dans le modèle.

Rang	Variables du modèle	Importance (%)	Optimum +/- SD	Unités
1	Couverture en arbres	39,8 ± 4,2	20,4 ± 2,3	(%)
2	Surface imperméable	24,5 ± 6,0	34,6 ± 3,7	(%)
3	Population humaine	11,6 ± 2,7	0,20 ± 0,01	(nombre d'humains * m ⁻²)
4	Végétation rase	7,8 ± 2,8	47,5 ± 2,5	(%)
5	Végétation haute	7,7 ± 4,6	0,70 ± 0,48	(%)
6	Longueur des murs	3,2 ± 2,4	0,013 ± 0,002	(m * m ⁻²)
7	Flux routier	2,8 ± 0,7	0,5951 ± 0,0003	(voiture * jour ⁻¹ * m ⁻²)
8	Sol nu	2,5 ± 1,9	5,6 ± 1,6	(%)
9	Radiation solaire	0,17 ± 0,15	11177 ± 6257	(kJ * m ⁻² * jour ⁻¹)

Sur la base des variables prédictives de l'habitat du Rougequeue à front blanc en ville de La Chaux-de-Fonds (*tabl. 1*), un modèle statistique de la distribution potentielle actuelle a été réalisé. Ce modèle prédit la probabilité de trouver le Rougequeue à front blanc à un endroit donné (*fig. 3a*). A partir de ce modèle, deux scénarios ont été simulés : une augmentation de la couverture arborée (*fig. 3b*), identifiée comme facteur clef pour l'espèce (*scénario conservation*) ; une densification des surfaces construites (*fig. 3c*), identifiée comme ayant un impact négatif sur la distribution de l'espèce (*scénario menace*).

Le *scénario conservation* démontre que la présence d'arbres dans certains quartiers où

l'espèce est peu ou pas présente, rendrait ces derniers attractifs. Les zones qui pourraient potentiellement être améliorées couvrent 380 ha à La Chaux-de-Fonds, contre 104 ha de zones optimales actuellement, ce qui constitue une extension de 365 % de la superficie existante (surfaces vertes du *scénario conservation* à comparer avec les surfaces vertes de la distribution actuelle ; *fig. 3b*).

Selon le *scénario menace*, le Rougequeue à front blanc montrerait une certaine tolérance à un bâti plus dense. Une densification à 50 % de la surface imperméable signifierait une perte de 27 ha de surfaces potentielles, ce qui correspond à 26 % des zones favorables actuelles.

Cette simulation ne tient toutefois pas compte des conséquences indirectes engendrées par les travaux de construction (abattages d'arbres, modifications des zones vertes et morcellement

des habitats), qui diminueraient d'autant la surface optimale, notamment dans les quartiers actuellement favorables à l'espèce.

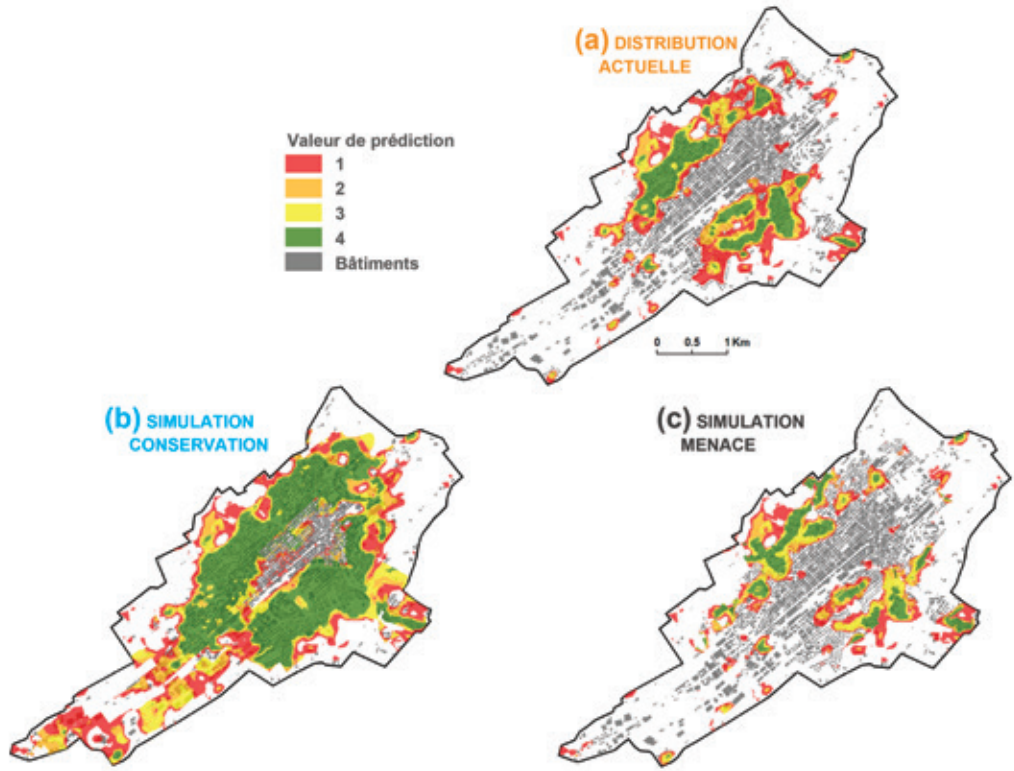


Fig. 3-Prédiction de la distribution du Rougequeue à front blanc *Phoenicurus phoenicurus*: a) actuelle; b) pour un scénario de conservation où la couverture arborée est augmentée à 20% partout où il est théoriquement possible de planter un arbre; c) pour un scénario de menace où la quantité de bâtiments est augmentée de 50%. La valeur de prédiction exprime une intensité, dont les valeurs 1 à 3 (rouge à jaune) sont considérées comme des zones d'habitat sub-optimal et la valeur de 4 (vert) comme zones d'habitat optimales.

Détermination des zones prioritaires en ville de La Chaux-de-Fonds

Sur la base des modélisations, deux types de zones prioritaires ont été définis. La zone de conservation (zone en orange sur la fig. 4) réunit actuellement les conditions favorables à l'installation de l'espèce. Au sein de ces périmètres, l'environnement approprié au Rougequeue à front blanc doit être maintenu. La zone à fort potentiel de promotion (zone en bleu sur la fig. 4) correspond à la surface qui, selon la simulation, n'est actuellement pas considérée

par le modèle comme favorable à l'espèce, mais qui le deviendrait grâce à une meilleure couverture en arbres.

Description des besoins du Rougequeue à front blanc

Les études résumées dans cet article (BOVAY 2014; DROZ *et al.* 2015; DROZ *et al.* *in prep.*) ont permis de bien cerner certaines exigences écologiques du Rougequeue à front blanc. Grâce à la littérature, mais aussi à notre expérience du terrain et aux correspondances avec d'autres

Orthophoto de 2008, source : Swisstopo.

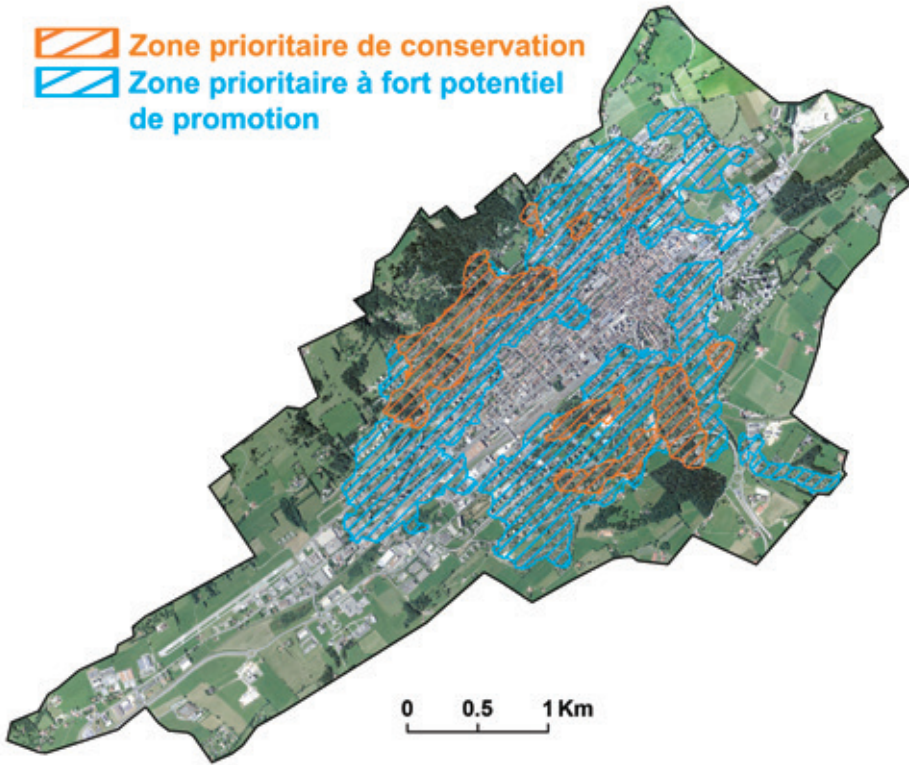


Fig. 4-Zone de conservation et de promotion basée sur les prédictions de distribution du Rougequeue à front blanc *Phoenicurus phoenicurus*. La zone de conservation (orange) équivaut aux secteurs actuels d'habitat optimal (fig. 3a, en vert) et la zone de promotion (bleu) aux secteurs d'habitat optimal pour lesquels la couverture en arbres est augmentée à 20% (fig. 3b, en vert). Pour chaque zone, les surfaces inférieures à 31 400 m², qui constitue la taille d'un territoire de Rougequeue à front blanc, ont été éliminées.

spécialistes de l'espèce, nous avons tenté de synthétiser ces conditions environnementales en sept éléments (voir fig. 5 et encadré). Le maintien des sept éléments est nécessaire à la conservation de l'espèce là où elle se trouve, et ces sept éléments doivent être considérés si l'on compte rendre un quartier attractif.

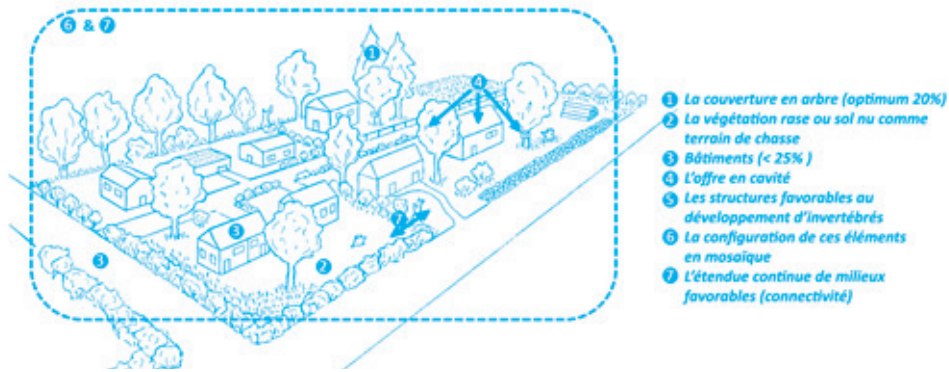
Couverture en arbres

Droz *et al.* (*in prep.*) montrent que la couverture en arbres est un facteur limitant. Une couverture optimale autour de 20% s'avère être l'élément le plus important, qui influence l'installation du Rougequeue à front blanc en milieux urbanisés. Les mâles se postent le plus souvent au sommet d'un arbre pour chanter, mais aussi parfois sur les toits, fils téléphoniques ou antennes de télévision. L'espèce niche régulièrement dans des cavités d'arbres,

quand bien même ce type de site de nidification est nettement minoritaire à La Chaux-de-Fonds (4 des 74 nids trouvés). L'importance des arbres dans l'écologie du Rougequeue à front blanc reste toutefois en partie à préciser. Leur rôle comme producteurs d'invertébrés pourrait expliquer leur importance (SMITH *et al.* 2006) sans qu'il n'ait été démontré que le Rougequeue à front blanc s'en nourrissait principalement, lui qui, le plus souvent, recherche sa pitance au sol. Le sol à végétation clairsemée à l'ombre des arbres a pu constituer son terrain de chasse originel et il est envisageable qu'il représente une structure environnementale essentielle pour lui. Plusieurs études ont démontré l'importance que constituent les arbres majeurs indigènes pour la biodiversité dans les agglomérations (SMITH *et al.* 2006; FONTANA *et al.* 2011). Des arbres dépassant le toit des mai-

Conditions environnementales du Rougequeue à front blanc dans ses quartiers de reproduction en milieux urbanisés résumées en 7 éléments :

1. la couverture en arbres
2. la végétation rase ou sol nu avec postes d'affûts comme terrain de chasse
3. une faible densité d'habitations
4. l'offre en cavités
5. les structures favorables au développement d'invertébrés
6. la configuration de ces éléments en mosaïque
7. L'étendue continue de milieux favorables (connectivité)



F. Bovay

Fig. 5 - Besoins du Rougequeue à front blanc *Phoenicurus phoenicurus* dans ses quartiers de reproduction urbains, résumés en sept conditions environnementales.

sons nous semblent bien résumer les exigences du Rougequeue à front blanc à cet égard.

La protection des arbres est définie dans le *Plan et règlement d'aménagement communal de La Chaux-de-Fonds* (<http://www.chaux-de-fonds.ch/fr/administration/>). Le règlement stipule que tous les arbres de la zone urbanisée (zone d'urbanisation 2, qui abrite l'essentiel de la population de Rougequeue à front blanc) ayant un diamètre supérieur à 50 cm à hauteur d'un mètre sont protégés (Art. 154 al. 1). Tout abattage ou élagage important d'un arbre protégé fait obligatoirement l'objet d'une demande auprès des services communaux compétents, qui se prononcent pour son abattage ou non, selon les cas (Art. 157, al. 1). Toutefois, le vieillissement des arbres est accéléré par les facteurs de stress que représentent la pollution et une place réduite pour les racines. Les arbres âgés de 50 ou 60 ans peuvent alors déjà représenter des risques de chute ou de développement de maladie et sont généralement abattus pour des raisons de sécurité ou de salubrité

(BOVAY 2014). A l'intérieur des propriétés privées, la plantation d'arbres de petite taille (des fruitiers) est souvent encouragée aux dépens d'arbres destinés à devenir majeurs, pour des questions d'espace et pour prévenir des conflits dont la source pourrait être la production de grandes zones d'ombre, les dégâts causés aux constructions par l'extension des racines et les risques de chute de grosses branches par exemple (BOVAY 2014). Le remplacement des arbres majeurs par des arbres restant petits correspond à une perte d'attractivité de l'habitat pour le Rougequeue à front blanc. La réglementation actuelle et son application ne suffisent donc pas à enrayer l'appauvrissement en vieux arbres.

Terrains de chasse

Les Rougequeues à front blanc trouvent leur nourriture essentiellement au sol. Ils ont besoin d'un terrain de chasse dégagé où ils peuvent repérer leurs proies à l'affût (MARTINEZ *et al.* 2009; SCHAUB *et al.* 2010). A La Chaux-de-Fonds, les

gazons ras remplissent cette fonction et cet élément est suffisamment représenté dans les quartiers à faible et dans une moindre mesure à moyenne densité (DROZ *et al.* 2015). D'autres surfaces rases, telles que des chemins de gravier ou des jardins potagers, peuvent aussi servir de terrain de chasse (BOVAY 2014), mais sont comparativement de faible étendue. C'est en étant combinés que ces types de sols dégagés sont les plus favorables (A. Bossus, comm. pers.). Le Rougequeue à front blanc a besoin de perchoirs d'affût bas, tels que barrières, échelas, petits buissons et murets dans ses terrains de chasse (GLUTZ VON BLOTZHEIM & BAUER 1988). Les terrains de chasse opportuns nécessitent toutefois des structures propices à la production d'invertébrés, si bien que des gazons trop banalisés ou des surfaces couvertes de pierres, entretenues aux herbicides, ne conviennent pas à l'espèce et ne constituent pas des exemples à suivre.

Densité du bâti

Comme nous le craignons, la simulation montre qu'une densification du bâti provoquerait un morcellement des habitats favorables, même si elle suggère une certaine tolérance selon les quartiers (DROZ *et al.* *in prep.*). Cependant, le modèle ne tient pas compte des conséquences indirectes qu'engendrent les nouvelles constructions et extensions de bâtiments, qui s'avèrent souvent fatales aux espaces naturels présents encore dans les propriétés. En effet, les nouvelles constructions remplaçant d'anciennes maisons plus petites s'accompagnent fréquemment de l'abattage des arbres de la parcelle, d'un aplanissement du terrain et d'une banalisation de la végétation (LAMBELET-HAUETER *et al.* 2011). Par ailleurs, les nouvelles habitations sont généralement dénuées de cavités dans lesquelles le Rougequeue à front blanc pourrait nicher.

La simulation montre bien le morcellement que produirait une densification urbaine non planifiée (fig. 3c). Les effets néfastes du morcellement, qui s'ajoutent à la perte de milieux verts, ne sont pas pris en compte dans le modèle. Ils sont discutés ci-après.

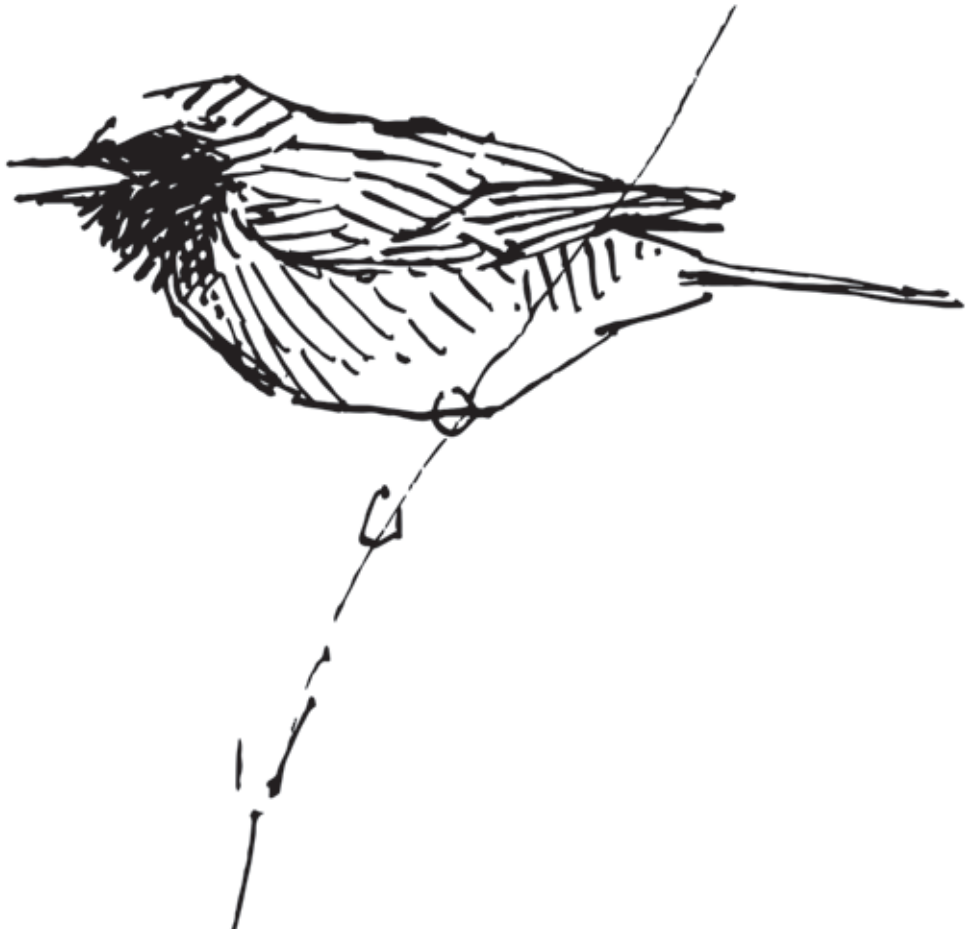
Connectivité des habitats favorables

En ville de La Chaux-de-Fonds, le Rougequeue à front blanc montre une nette préférence pour les zones d'habitation à faible et moyenne densité, telles qu'elles sont définies dans le *Plan et règlement d'aménagement communal* de la ville. La limite supérieure du taux d'occupation

du bâti au sol est déterminée pour chaque parcelle de la zone d'habitation à faible densité à 35 % pour les habitats groupés et à 25 % pour les habitats individuels. Pour les autres types de zones, les taux s'élèvent entre 35 et 45 %. En comparaison, la densité du bâti optimale pour l'espèce, calculée par le modèle, est à 12,5 %, et à 23,8 % à l'intérieur des parcelles. La limite de 25 % prévue par le règlement d'aménagement communal pour les habitats individuels paraît donc tolérable pour l'espèce. Une densité de 35 % prévue pour les parcelles occupées par des habitats groupés dans les zones d'habitation à faible densité par exemple, semble par contre excessive.

Le règlement d'aménagement communal vise à densifier les zones d'habitation à faible densité de la ville (art. 193, al. 1). La commune encourage une densification des quartiers à faible et moyenne densité. Les parcelles concernées sont avant tout en mains privées et la densification y est lente. Toutefois, de nouvelles constructions ou des rénovations sont notées chaque année dans les quartiers favorables à l'espèce, réduisant lentement, mais inexorablement les surfaces vertes.

La biodiversité en milieux urbains est mise à l'épreuve par la révision de la *Loi fédérale sur l'aménagement du territoire* (LAT, état au 1^{er} janvier 2016), qui soutient « *un développement de l'urbanisation vers l'intérieur du milieu bâti [...]* » (Art. 1 al. 1a bis) pour freiner l'extension des zones urbaines au détriment des zones agricoles et autres surfaces ouvertes. Cependant, la LAT admet la nécessité de conserver « *les biotopes des animaux et des plantes dignes d'être protégés* » (Art. 17 al. 1d), notamment en évitant ou en maintenant « *dans leur ensemble à un minimum les effets défavorables qu'exercent [l'implantation de constructions] sur le milieu naturel, la population et l'économie* » (Art. 3 al. 4c). Le *Plan directeur du canton de Neuchâtel* (Service de l'aménagement du territoire 2013) prévoit un développement prioritaire du bâti dans les agglomérations (fiche de coordination U1), tout en renforçant la nature en ville (fiche de coordination U2). Ce document inclut explicitement l'espace urbain et les franges des agglomérations dans la préservation du paysage, de la biodiversité et leur mise en réseaux écologiques (fiche de coordination §3). Les communes doivent adapter leur réglementation à la révision de la LAT et au *Plan directeur cantonal*. La commune de La Chaux-de-Fonds travaille actuellement à l'éla-



J. Laesser

boration d'un *Plan directeur communal*. Pour la conservation du Rougequeue à front blanc, il est important que le taux maximal des bâtiments dans les quartiers à faible et moyenne densité ne soit pas augmenté.

Les dangers concrets et irréversibles que représente la densification du bâti suggèrent d'adopter une approche conservatrice face à cette menace. L'optimum de la densité du bâti calculé à 12,5 % est en effet bien en dessous des valeurs les plus basses prévues par le *Règlement d'aménagement communal*. Une limite supérieure à 25 % de surface bâtie par parcelle (surfaces extra-parcellaires exclues) dans les zones prioritaires semble mettre en péril le maintien durable de la population du Rougequeue à front blanc à La Chaux-de-Fonds.

Offre en cavités

L'offre en cavités n'a pas pu être prise en considération dans les modèles. Toutefois,

un optimum situé autour de 12,5 % de bâtiments trouve certainement son explication par la présence des cavités anthropiques dans lesquelles ont été trouvés la majorité des nids de Rougequeue à front blanc à La Chaux-de-Fonds (62 % en cavités ou semi-cavités anthropiques, nichoirs non compris ; nombre total de nids : 74). La rénovation des maisons est motivée par des questions d'économie d'énergie ou de salubrité. Hélas, les cavités favorables (espace sous des tuiles, poutre faîtière, etc.) à l'installation des nicheurs cavernicoles et semi-cavernicoles manquent généralement dans les ouvrages récents et rénovés. La pose de nichoirs peut en partie pallier ce manque, mais l'intégration de cavités dans les nouvelles constructions est toutefois une mesure à promouvoir en parallèle (BOVAY 2014).

L'espèce semble pouvoir se passer de bâtiments dans les deux grands parcs de la ville. Les Rougequeue à front blanc nichent là dans

des nichoirs. Ceci conforte l'idée que l'importance des bâtiments repose essentiellement sur l'offre en cavités et qu'un territoire non bâti peut convenir à l'espèce si elles sont malgré tout présentes.

Structures propices à la production d'invertébrés

Le Rougequeue à front blanc est une espèce essentiellement insectivore, en particulier en période de nidification, qui chasse ses proies au sol, principalement en terrain dégagé (MARTINEZ *et al.* 2009). A La Chaux-de-Fonds, les gazons ras constituent le terrain de chasse préféré de l'espèce. Ce type de végétation est toutefois peu productif en invertébrés en comparaison d'une végétation haute. Il n'a pas été démontré, à notre connaissance, si les surfaces de gazon ras produisent elles-mêmes les proies dont profitent les Rougequeues à front blanc. Toutefois, il est vraisemblable que la proximité de petits biotopes propices à la production d'invertébrés (prairies fleuries, friches, mur de pierres sèches, souches, etc.) dans les alentours immédiats des terrains de chasse déterminent leur attractivité. Les prairies naturelles font partie des structures riches en insectes. Toutefois, elles deviennent défavorables à l'espèce, lorsque celles-ci sont couvertes, sans la présence à proximité d'étendues dégagées pouvant servir de terrains de chasse (MARTINEZ *et al.* 2009; DROZ *et al.* 2015). Une fauche partielle échelonnée est alors recommandée.

Disposition en mosaïque

Nous l'avons vu précédemment, l'habitat du Rougequeue à front blanc doit intégrer plusieurs éléments. Chaque territoire (couvrant une aire comprise entre 1400 et 10000 m²; MENZEL 1971; GLUTZ VON BLOTZHEIM & BAUER 1988) doit combiner les différents éléments en formant une mosaïque. Aux abords de leurs cavités, les Rougequeues à front blanc trouveront idéalement dans leur territoire des terrains dégagés (gazon ou terre à nu) bordés de structures propices à la production d'invertébrés, d'arbres couvrant 20% de la surface avec une bonne proportion d'arbres majeurs et de bâtiments, couvrant 12,5% de la surface (ou à défaut de bâtiments, d'autres cavités, par exemple des nichoirs présents en nombre).

Connectivité des habitats favorables

Le maintien d'un noyau de population et le potentiel de colonisation de nouveaux terrains dépendent pour une grande part de la

connectivité des habitats favorables (TAYLOR *et al.* 1993; MIMET *et al.* 2013). Un ensemble compact de plusieurs dizaines de territoires résiste mieux aux fluctuations naturelles importantes qu'on observe chez une espèce à courte espérance de vie que des territoires isolés ou dispersés (REMMERT 1994), en supposant d'une part une importante fidélité de l'espèce au site de nidification et de naissance et, d'autre part, une préférence à s'installer à proximité de territoires de congénères. Les secteurs isolés favorables ne pouvant accueillir qu'un ou deux territoires ne sont occupés que par alternance et ne contribuent sans doute que marginalement à la stabilité de la population. Ainsi, l'aménagement des quartiers situés dans les zones à fort potentiel de promotion (quartiers où la densification en arbres pourrait suffire pour devenir attractif au Rougequeue à front blanc) mérite d'être entrepris en priorité dans les quartiers proches des secteurs déjà occupés par l'espèce, afin de les relier entre eux et d'étendre les zones favorables existantes, et créer ainsi un réseau d'espaces verts.

Avec des effectifs fluctuant entre 29 et 64 territoires, nous considérons que la population de Rougequeues à front blanc de La Chaux-de-Fonds est capable de résister à quelques années consécutives de déclin dans le cadre de fluctuations naturelles dans un environnement intact. Le relatif isolement de la population chaux-de-fonnière la rend toutefois vulnérable, si l'on suppose un faible potentiel d'immigration.

Application du modèle en dehors de La Chaux-de-Fonds

Les grands arbres, le sol nu comme terrain de chasse et les cavités représentent des constantes que l'on retrouve partout où nichent les Rougequeues à front blanc. Toutefois, ces éléments se combinent en des habitats très différents avec le développement de particularités locales. Il serait très intéressant d'appliquer le modèle sur d'autres populations urbaines, afin de le valider au-delà du contexte chaux-de-fonnier. Cependant, certains descripteurs (par exemple altitude, latitude, température moyenne, etc.) n'ont que peu de poids à l'échelle locale, mais prennent de l'importance à un niveau suprarégional, ce dont le modèle ne tient pas compte.

L'application du modèle à des villes où l'espèce est absente permettrait peut-être de pointer les insuffisances l'empêchant de s'installer.

Ambassadeur de la biodiversité en ville

La conservation du Rougequeue à front blanc en milieu urbanisé est confrontée à des enjeux politiques, sociologiques, urbanistiques et économiques parmi lesquels elle fait figure de poids plume. Une étude mandatée par l'ASPO/BirdLife Suisse a montré que presque la moitié des communes suisses dépensent moins de CHF 10 000.– par an pour la conservation de la nature et, en moyenne, les communes ont moins de 20 % d'un équivalent plein temps à disposition pour le travail concernant la nature (MÜLLER 2015). La biodiversité en ville est toutefois une thématique qui s'inscrit de plus en plus dans le cahier des charges des règlements d'aménagement des communes. La LAT et les plans directeurs cantonaux et communaux en tiennent compte. Une étude à vaste échelle de la biodiversité en ville a par ailleurs trouvé une très bonne correspondance entre les préférences paysagères des citoyens comme espace de détente et les conditions propices à une plus grande biodiversité urbaine (OBRIST *et al.* 2012), correspondant manifestement à l'habitat du Rougequeue à front blanc tel que nous le décrivons dans cet article. Dans les agglomérations où il est présent, le Rougequeue à front blanc représente à cet égard une espèce indicatrice très fiable de la qualité biologique et de la bonne structure des espaces verts urbains. Cette étude a permis, grâce à cette espèce indicatrice, de cibler des mesures d'entretien des habitats verts urbains, ainsi que de délimiter les périmètres prioritaires.

Le Rougequeue à front blanc est un oiseau attractif, qui, par sa visibilité et son charisme, facilite la promotion de la biodiversité urbaine auprès de la population et des acteurs politiques, endossant parfaitement le rôle d'espèce porte-drapeau. Le Rougequeue à front blanc peut donc aider à populariser des mesures de conservation de la biodiversité en ville, non seulement pour sa propre conservation, mais aussi pour protéger une cohorte d'espèces animales et végétales aux exigences similaires.

Recommandations aux partenaires impliqués dans la conservation

Les mesures à apporter à l'habitat du Rougequeue à front blanc en milieu urbain s'orientent vers deux types de partenaires: les autorités et les particuliers (BOVAY 2014). Les organisations non gouvernementales jouent par ailleurs un rôle essentiel en informant, en sensibilisant et en entretenant les contacts. Par des actions concrètes, ils peuvent encourager la participation des autorités comme des particuliers.

Nos recommandations pour la conservation du Rougequeue à front blanc en milieu urbain se résument aux sept éléments exposés précédemment, satisfaisant les exigences écologiques de l'espèce.

Recommandations auprès des autorités communales

L'application de la réglementation en zones urbanisées est principalement du ressort des autorités communales. Par les mises à l'enquête et les demandes d'abattage d'arbres, elles sont les interlocutrices des propriétaires souhaitant effectuer des modifications sur leur terrain. La révision du *Plan et règlement d'aménagement communal de La Chaux-de-Fonds* est une opportunité à saisir afin d'y intégrer au plus près les mesures nécessaires à la conservation de la biodiversité en ville. La réglementation sur la protection des arbres et sur la densité maximale de zones bâties notamment, met en place les garde-fous qui permettent le maintien des espaces verts urbains. L'étude sur l'habitat du Rougequeue à front blanc permet d'orienter les décisions, autant dans les mesures à intégrer dans le règlement que dans la délimitation des périmètres prioritaires à conserver. Au-delà de la réglementation, notre étude fournit des informations importantes permettant aux autorités communales de mettre en place des mesures adaptées en connaissance de cause.

Dans sa politique de densification du tissu urbain, la LAT prévoit de ménager les sites naturels et les espaces verts. Toutefois, son application semble plus se diriger vers l'intégration d'éléments naturels dans les nouvelles constructions (densifiées). La conservation d'éléments existants ne prend qu'une place très restreinte (ARE 2009; TOBIAS 2015). Or, en démontrant l'importance des arbres majeurs et la limite de la tolérance du Rougequeue à front blanc face à une densification du bâti,



C. Luisier

Femelle de Rougequeue à front blanc *Phoenicurus phoenicurus* au nourrissage. Image réalisée dans le jardin des grands-parents de l'auteur où un nichoir avait été posé l'hiver précédent. Saillon VS, 27 mai 2015.

notre étude présente une incompatibilité de fond avec la politique qui semble se dessiner à la suite de la révision de la LAT. L'identification et le maintien des habitats favorables à l'espèce à l'intérieur de la ville constituent non seulement les principales mesures de conservation du Rougequeue à front blanc à La Chaux-de-Fonds, mais permettent assurément aussi de promouvoir la biodiversité en ville d'une manière plus générale. La désignation des zones de priorités de conservation comme paysage naturel, tel que le mentionne le concept pour un développement urbain vers l'intérieur (ARE 2009), ainsi que des mesures propres à ces zones, est nécessaire à la préservation à long terme des qualités paysagères et biologiques de ces sites.

Recommandations auprès des particuliers

Les premières mesures de conservation à entreprendre dans les parcelles privées consistent en une sensibilisation des propriétaires et locataires à l'entretien de jardins naturels. Les recommandations principales sont les suivantes (BOVAY 2014):

- *Maintenir et entretenir les grands arbres et planter des essences indigènes* suffisamment espacées pour qu'elles puissent grandir sans devenir une menace. La promotion des arbres majeurs doit toutefois être accompagnée de conseils, afin de tenir compte des

inconvénients et des conflits éventuels qu'ils pourraient provoquer.

- *La surface de pelouses rases* est généralement suffisamment étendue dans les jardins, mais il faut veiller à les entretenir en évitant l'utilisation de produits phytosanitaires et à préserver ou à aménager à leur proximité des structures favorables au développement des invertébrés (principalement prairies fleuries) et des perchoirs servant d'affût de chasse (arbustes, buissons, barrières, etc.).
- *Les niches et autres interstices* présents dans les toits ou dans les murs des maisons méritent d'être conservés durant les travaux de rénovation des bâtiments, pour autant que cela soit compatible avec les prescriptions énergétiques en vigueur. Des gîtes ou des nichoirs peuvent également être intégrés lors de la construction ou la rénovation des bâtiments. Lorsque cela n'est pas possible, la pose de nichoirs pallie le manque de cavités. Des nichoirs spécifiques au Rougequeue à front blanc sont à favoriser.
- *L'aménagement de petits biotopes* dans les jardins (murets de pierres sèches, plantation de haies naturelles, bandes herbeuses le long des allées, tas de branches, composts, etc.) est favorable au développement des invertébrés, tout en pouvant servir de cachettes pour les jeunes oiseaux et de liens de connexions entre les différents espaces verts, créant ainsi un réseau d'habitats utiles pour d'autres espèces animales et végétales.



F. Bovay

Exemple d'un jardin présent dans une zone de conservation (orange) et d'un jardin présent dans une zone de promotion (bleu). Quartiers de Plaisance et des Rosiers à La Chaux-de-Fonds NE.

En tant qu'interlocuteurs et exécutants des travaux d'entretien de jardins privés, les jardiniers-paysagistes doivent être informés de l'importance de la biodiversité qu'abritent les jardins et la manière de la promouvoir. Par le biais du *Service des Espaces verts*, la commune peut appliquer les recommandations favorables au Rougequeue à front blanc et à la biodiversité urbaine sur ses propres terrains, mais aussi informer et conseiller les habitants lui faisant appel.

Les qualités paysagères de jardins naturels ne sont pas au goût de tout le monde. Ils peuvent sembler négligés auprès de citoyens peu sensibles aux notions de nature en ville. Des mesures de sensibilisation, notamment par des tous-ménages, des expositions en plein-air ou la création de labels de jardins verts (par exemple s'appuyant sur les sept exigences écologiques du Rougequeue à front blanc) sont des outils importants permettant de s'allier les contributions de particuliers.

Remerciements

Ce projet a été réalisé dans le cadre du Programme de conservation des oiseaux, en partenariat avec la Société romande pour l'étude et la protection des oiseaux *Nos Oiseaux*, l'ASPO/BirdLife Suisse, la *Station ornithologique suisse*, *Pro Natura Neuchâtel*, le *Musée d'histoire naturelle* de La Chaux-de-Fonds, l'Etat de Neuchâtel, et avec le soutien de *La Loterie Romande*, la *fondation Joachim de Giacomi*, le *Rotary Club* des Montagnes neuchâteloises et la *Fondation Ellis Elliott*. Nos remerciements vont à Philippe Carrard et à son équipe du Service de l'urbanisme et de l'environnement de La Chaux-de-Fonds et de Bernard Wille du Service des Espaces verts pour leur disponibilité et les réponses compétentes à nos questions. Pour leurs participations aux publications et travaux aux-

quels font référence cet article, nous remercions chaleureusement Robin Arnoud, Raffael Ayé, Thierry Bohnens-tengel, Valère Martin, Benoît Perrenoud, Emmanuel Rey, Reto Spaar et Christophe Randin. Yvan Matthey, Nicolas Martinez, Jodok Güntern, Bertrand Posse, Sylvain Antoniazza, Alain Barbalat, André Bossus, Pierre-Alain Ravussin et Niklaus Zbinden ont permis d'améliorer l'article grâce à leurs conseils et commentaires constructifs et autorisés.

Résumé Le Rougequeue à front blanc *Phoenicurus phoenicurus* à La Chaux-de-Fonds (canton de Neuchâtel, Suisse). Suivi, étude de l'environnement et recommandations pour sa conservation.

La modification du paysage depuis les années 1950 a grandement changé la distribution de certaines espèces d'oiseaux. Par le passé, le Rougequeue à front blanc préférait la campagne et ses vergers. Actuellement, en Europe centrale, l'habitat principal du Rougequeue à front blanc est le milieu urbain. La couverture optimale en arbres (20%) se révèle être la variable principale pour favoriser l'établissement de l'espèce en milieu urbain en complément à d'autres exigences (végétation rase, faible densité d'habitations, offres en cavités...). Des prédictions de distribution du Rougequeue à front blanc ont été réalisées, ce qui a permis de définir des zones de conservation et de promotion pour l'espèce. Des mesures concrètes d'aménagement de la surface urbaine dans le cadre d'un réseau d'espaces verts sont proposées sur la base de ces prédictions, ainsi que des exigences de l'espèce.

Zusammenfassung Der Gartenrotschwanz *Phoenicurus phoenicurus* in La Chaux-de-Fonds (Kanton Neuenburg, Schweiz). Bestandserfassung, Habitatsanalyse und Schutzempfehlungen.

Landschaftsveränderungen seit den 1950-er Jahren haben sich stark auf die Verbreitung vieler Vogelarten

ausgewirkt. In der Vergangenheit bevorzugte der Gartenrotschwanz Kulturland und insbesondere Obstgärten. Heute bewohnt die Art in Mitteleuropa vorwiegend städtische Gebiete. Entscheidend scheint neben anderen Faktoren (kurzrasige Vegetation, geringe Siedlungsdichte, Höhlenangebot ...) vor allem ein optimaler Bedeckungsgrad (20 %) durch Bäume zu sein. Voraussagen zur potentiellen Verbreitung des Gartenrotschwanz im Stadtbereich halfen, Förderflächen und Schutzmassnahmen zu definieren. (Übersetzung: A. Aebischer)

Summary Common Redstart *Phoenicurus phoenicurus* in La Chaux-de-Fonds (Canton of Neuchâtel, Switzerland). Following the

population, environmental studies and conservation recommendations. Changes in the landscape during the 1950s brought about major changes in bird species distribution. In the past the Common Redstart was a bird of the countryside and orchards. Now in Central Europe the Common Redstart is mostly found in an urban environment. Its presence is mostly favoured by an optimal amount of tree coverage, (20 %). Other requirements are open ground with short vegetation, a low building density, and the availability of nesting cavities. Distribution predictions have been carried out for the Common Redstart which make it possible to define conservation areas in which protection of the species can be prioritised. Concrete measures are proposed whereby urban areas can be developed with green zones in line with the requirements of the species. (Translation: M. Bowman)

Bibliographie

- AEBISCHER, N. J., P. A. ROBERTSON & R. E. KENWARD (1993): Compositional Analysis of Habitat Use from Animal Radio-Tracking Data. *Ecology* 74: 1313-1325.
- ARE (2009): *Monitoring de l'espace urbain suisse – Analyses des villes et agglomérations*. Office fédéral du développement territorial, Bern.
- AYÉ, R., V. KELLER, W. MÜLLER, R. SPAAR & N. ZBINDEN (2011): Révision 2010 de la liste rouge et des espèces prioritaires de Suisse. *Nos Oiseaux* 58: 67-84.
- BERNDT, R. & W. WINKEL (1979): Zur Populationsentwicklung von Blaumeise *Parus caeruleus*, Kleiber *Sitta europaea*, Gartenrotschwanz *Phoenicurus phoenicurus* und Wendehals *Jynx torquilla* in mitteleuropäischen Untersuchungsgebieten von 1927 bis 1978. *Vogelwelt* 100: 55-69.
- BERTHOLD, P. (1973): Über starken Rückgang der Dorngrasmücke *Sylvia communis* und anderer Singvogelarten im westlichen Europa. *J. Ornithol.* 114: 348-360.
- BERTHOLD, P. (1974): Die gegenwärtige Bestandsentwicklung der Dorngrasmücke *Sylvia communis* und anderer Singvogelarten im westlichen Europa bis 1973. *Vogelwelt* 95: 170-183.
- BIBBY, C. J., N. D. BURGESS, D. A. HILL & S. MUSTOE (2000): *Bird Census Techniques*. Academic press.
- BOVAY, F. (2014): *Le Rougequeue à front blanc comme espèce indicatrice de mesure de conservation nature en ville sur la commune de La Chaux-de-Fonds*. ECOFOC, Neuchâtel.
- BRUDERER, B. & W. HIRSCHI (1984): Langfristige Bestandsentwicklung von Gartenrötel *Phoenicurus phoenicurus* und Trauerschnäpper *Ficedula hypoleuca*. *Ornithol. Beob.* 81: 285-302.
- CALANGE, C. (2006): The package «adehabitat» for the R software: A tool for the analysis of space and habitat use by animals. *Ecol. Mod.* 197: 516-519.
- DROZ, B., R. ARNOUX, T. BOHNENSTENGEL, J. LAESSER, R. SPAAR, R. AYE & C. F. RANDIN (*in prep.*): Urban areas as a conservation opportunity for an endangered songbird, the Common Redstart *Phoenicurus phoenicurus*.
- DROZ, B., R. ARNOUX, E. REY, T. BOHNENSTENGEL & J. LAESSER (2015): Characterizing the habitat requirements of the Common Redstart *Phoenicurus phoenicurus* in moderately urbanized areas. *Ornis Fennica* 92: 112-122.
- DROZ, B. & J. LAESSER (2009): Le rougequeue à front blanc *P. phoenicurus* en 2009. *Info-COMONE* 95: 26-34.
- EWALD, K. C. & G. KLAUS (2010): *Die ausgewechselte Landschaft*. Haupt Verlag, Bern.
- FELIX, K. & L. FELIX (2004): Bestandsentwicklung des Gartenrotschwanzes *Phoenicurus phoenicurus* in der Gemeinde Horgen 1965–2003. *Ornithol. Beob.* 101: 109-114.
- FONTANA, S., T. SÄTTLER, F. BONTADINA & M. MORETTI (2011): How to manage the urban green to improve bird diversity and community structure. *Land. Urb. Plan.* 101: 278-285.
- GEDEON, K., C. GRÜNEBERG, A. MITSCHKE, C. SUDFELDT, W. EIKHORST & S. FISCHER (2014): *Atlas Deutscher Brutvogelarten*. Stiftung Vogelmonitoring Deutschland und Dachverband Deutscher Avifaunisten, Münster.
- GLUTZ VON BLOTZHEIM, U. & K. M. BAUER (1988): *Handbuch der Vögel Mitteleuropas* Band 11/1: Gartenrotschwanz *Phoenicurus phoenicurus*. Aula Verlag, Wiesbaden.

- KELLER, V., A. GERBER, H. SCHMID, B. VOLET & N. ZBINDEN (2010): *Liste rouge des oiseaux nicheurs*. Espèces menacées en Suisse, état 2010. Office fédéral de l'environnement et Station ornithologique suisse, Berne, Sempach.
- LAESSER, J. (2007): Rougequeue à front blanc. In: MULHAUSER, B. & J.-D. BLANT (éd.): *Les oiseaux nicheurs du canton de Neuchâtel*. Muséum d'histoire naturelle, Neuchâtel, Editions de la Girafe, La Chaux-de-Fonds, et *Nos Oiseaux*, Montmolin. pp. 248-250.
- LAMBELET-HAUETER, C., L. BURGESSER, P. CLERC, S. GLOOR, P. MOESCHLER, J.-C. MONNEY, A. MÜLLER, M. PRICE, M. RUCKSTUHL, J. SALOMON CAVIN & Z. N. (2011): Evolution du milieu urbain. In: LACHAT, T., D. PAULI, Y. GONSETH, G. KLAUS, C. SCHEIDEGGER, P. VITTOZ & T. WALTER: *Evolution de la biodiversité en Suisse depuis 1900*. Avons-nous touché le fond? Haupt Verlag, Berne.
- MARTINEZ, N., L. JENNI, E. WYSS & N. ZBINDEN (2009): Habitat structure versus food abundance: the importance of sparse vegetation for the common redstart *Phoenicurus phoenicurus*. *J. Ornithol.* 151: 297-307.
- MENZEL, H. (1971): *Der Gartenrotschwanz*. A. Ziemsen Verlag, Wittenberg Lutherstadt.
- MIMET, A., T. HOUET, R. JULLIARD & L. SIMON (2013): Assessing functional connectivity: a landscape approach for handling multiple ecological requirements. *Methods Ecol. Evol.* 4: 453-463.
- MÜLLER, W. (2015): Gemeinden: wenig Mittel für Naturschutz. *Ornis* 2015/1: 13-15.
- OBRIST, M. K., T. SATTLER, R. HOME, G. GLOOR, F. BONTADINA, M. NOBIS, P. D. SONJA BRAAKER & P. D. B. NICOLE BAUER, M. HUNZIKER & M. MORETTI (2012): *La biodiversité en ville – pour l'être humain et la nature*. Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf.
- OFEV (2012): *Plan de conservation des espèces en Suisse*. Office fédéral de l'environnement OFEV, Berne.
- REMMERT, H. (1994): *Minimum Animal Populations*. Springer Verlag, Berlin.
- SCHAUB, M., N. MARTINEZ, A. TAGMANN-IOSET, N. WEISSHAUPT & M. MAURER (2010): Patches of Bare Ground as a Staple Commodity for Declining Ground - Foraging Insectivorous Farmland Birds. *PLoS ONE* 5: e13115.
- SCHMID, H., R. LUDER, B. NAEF-DAENZER, R. GRAFB & N. ZBINDEN (1998): *Atlas des oiseaux nicheurs de Suisse*. Distribution des oiseaux nicheurs en Suisse et au Liechtenstein en 1993-1996. Station ornithologique Suisse, Sempach.
- SERVICE DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE (2013): *Plan directeur cantonal de Neuchâtel*. www.ne.ch/autorites/DDTE/SCAT/pdc/Pages/accueil.aspx, page consultée le 11 avril 2016.
- SMITH, R. M., K. J. GASTON, P. H. WARREN & K. THOMPSON (2006): Urban domestic gardens (VIII): environmental correlates of invertebrate abundance. *Biodivers. Conserv.* 15: 2515-2545.
- STATION ORNITHOLOGIQUE SUISSE (2016): <http://www.vogelwarte.ch/fr/projets/evolution/sbi-fr.html>, consulté en mars 2016.
- STÜBING, S. & G. BAUSCHMANN (2013): *Artenhilfskonzept Gartenrotschwanz Phoenicurus phoenicurus in Hessen*. Gutachten im Auftrag der Staatlichen Vogelschutzwarte für Hessen, Rheinland-Pfalz und Saarland, Bad Nauheim.
- TAYLOR, P. D., L. FAHRIG, K. HENEIN & G. MERRIAM (1993): Connectivity is a Vital Element of Landscape Structure. *Oikos* 68: 571-573.
- TOBIAS, S. (2015): Stadtland oder Verhäuselung: Was ist eine umwelt- und gesellschaftsverträgliche Siedlungsentwicklung? *WSL Ber.* 33: 7-14.
- ZBINDEN, N., H. SCHMID, M. KÉRY & V. KELLER (2005): Swiss Bird Index SBI® – Kombinierte Indices für die Bestandentwicklung von Artengruppen regelmässig brütender Vogelarten der Schweiz 1990–2004. *Ornithol. Beob.* 102: 283–291.
- ZWARTS, L., R. G. BUIJSMA, J. VAN DER KAMP & E. WYMENGA (2010): *Living on the edge: Wetlands and birds in a changing Sahel*. KNNV Publishing, Zeist, The Netherlands.

Jacques Laesser, Nussweg 8, CH-4800 Zofingen;
jacques.laesser@vogelwarte.ch
Boris Droz, Urdorferstrasse 32, CH-8953 Dietikon;
bodroz@bluewin.ch
Florence Bovay, Nord 11, CH-2300 La Chaux-de-Fonds;
flobov@yahoo.com
Valéry Uldry, Chasseron 5, CH-2300 La Chaux-de-Fonds;
valery.uldry@yahoo.fr