TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION **17**

1. LE MARQUAGE VISUEL DES ANIMAUX EN MILIEU NATUREL **20**

1. QU'EST-CE QUE LE MARQUAGE VISUEL ? 20
   a. *Des observations utiles* *20*
   b. *…mais insuffisantes dans certaines situations* *21*
   c. *Un historique du marquage visuel* *22*
      i. Du divin au bagueur 22
      ii. Les premiers animaux sauvages marqués : des oiseaux au XVIII- siècle 23

2. POURQUOI MARQUER LES ANIMAUX ? 25
   a. *Distinguer un individu ou un groupe* *25*
   b. *Être vu à distance ou capturé* *26*
   c. *Suivre un individu dans le temps* *27*
      i. Le nombre d'individus 29
      ii. La longévité d'un individu et d'une espèce 30
      iii. Les déplacements 31
   d. *Évaluer les conséquences d'une action humaine* *32*
   e. *Étudier son environnement* *34*

3. COMMENT MARQUER LES ANIMAUX ? 36
   a. *Ce qu'il faut savoir avant de poser une marque* *36*
      i. Les questions à se poser 36
      ii. Les connaissances à avoir 39
   b. *Critères de choix de la marque* *41*
   c. *Les différents types de marques* *43*
      i. Les marques naturelles et la photo-identification 43
      ii. Les objets 46
      iii. Les modifications d'une partie de l'animal 60

4. LES EFFETS DES MARQUES : UN RAPPORT BENEFICE-RISQUE A EVALUER 70
   a. *Problème matériel* *70*
   b. *Effets immédiatement perceptibles et défavorables à l'animal* *71*
      i. Le comportement 71
      ii. Les lésions 72
   c. *Effets à court terme mais imperceptibles* *75*
      i. Prédation et chasse 75
      ii. Lésions 76
      iii. Les dépenses énergétiques 76
   d. *Effets à long terme* *76*

2. LES MANCHOTS : SPECIFICITES BIOLOGIQUES ET TECHNIQUES DE MARQUAGE POSSIBLES **78**

1. BIOLOGIE DES ESPECES ETUDIEES ET SPECIFICITES 78
   a. *Distribution, habitat et cycle de vie* *78*
      i. Les manchots 78
      ii. Le Manchot royal 80
   b. *Prédateur, plongeur, marcheur : quelle importance et quelles contraintes pour les marques visuelles ?* *93*
      i. Un prédateur 93

ii. Un plongeur 94
iii. Un marcheur 97

2. HISTORIQUE DU MARQUAGE CHEZ LES MANCHOTS 99

3. LES MARQUES UTILISEES 100
a. *Marques permanentes* *100*
i. Les bagues en inox 100
ii. Les marques naturelles et la photo-identification 105
b. *Marques temporaires* *107*
i. Les bagues "Darvic" 107
ii. Les colorations 108
iii. Les fish-tags 110

4. LES MARQUES DU FUTUR 112
a. *Les bagues en caoutchouc de silicone* *112*
b. *Les greffes* *114*
i. Nécessité de marques visuelles permanentes 114
ii. Objectifs de nos expérimentations 115
iii. Possibilités (matériel et humains) dans les T.A.A.F. 118
c. *Les dispositifs de perçage cutané* *119*

3. PARTIE EXPERIMENTALE : DEUX NOUVELLES METHODES DE MARQUAGE VISUEL PAR CHIRURGIE. 121

1. PERÇAGE CUTANE : POSE D'UNE MARQUE VISUELLE. 122
a. *CANARD COLVERT* *122*
i. Matériel et méthode 122
ii. Résultats 124
b. *MANCHOT ROYAL* *126*
i. Matériel et méthode 126
ii. Résultats 131
c. *Discussion : perçage cutané.* *135*
i. Protocole et technique chirurgicale 135
ii. Tenue du dispositif sous-cutané 137

2. AUTO-GREFFE CUTANEE 140
a. *CANARD COLVERT JUVENILE* *140*
i. Matériel et méthode 140
ii. Résultats : plumage juvénile 144
b. *CANARD COLVERT ADULTE* *146*
i. Matériel et méthode 146
ii. Résultats : plumage mâle adulte 147
c. *PERRUCHE ONDULÉE* *151*
i. Matériel et méthode 151
ii. Résultats 153
d. *Discussion commune aux trois groupes d'oiseaux : autogreffe de peau.* *156*
i. Protocoles et technique chirurgicale 156
ii. Devenir de l'implant 159

CONCLUSION 166

TABLE DES ILLUSTRATIONS 169

BIBLIOGRAPHIE 173

ANNEXES 191

INTRODUCTION

Observer un visage nous informe en une fraction de seconde sur la personnalité, le genre et l'état émotionnel d'une personne ; la direction du regard nous informe sur le contexte et ce qui nous entoure. Cette analyse se fait rapidement et sans effort (BARRAGAN-JASON, 2013). Reconnaître un visage familier nous rassure. Les animaux domestiques distinguent très bien l'éleveur qui s'occupe d'eux chaque jour de la personne anonyme - visiteur, remplaçant ou stagiaire. Pourtant pour nous, humains, la distinction entre animaux d'une même espèce est quasiment impossible. Alors que les animaux identifient l'éleveur par son aspect, le son de sa voix et son comportement, divers moyens matériels sont inventés et utilisés pour marquer les animaux. Imaginez deux campagnols ou deux renards, des heures d'observation vous ne suffiraient pas à établir les caractères distinctifs des individus !

Le marquage est un outil qui permet de distinguer des individus de manière rapide et objective. Souvent demandée réglementairement chez les espèces domestiques, l'identification est aussi une marque de propriété. Chez les espèces sauvages, l'identification est très largement utilisée dans un but scientifique et est un outil majeur de suivi temporel des individus.

Cette méthode de reconnaissance et d'identification des animaux est connue depuis l'Antiquité dans certaines civilisations (WOOD, 1945). Son usage s'est répandu au cours du XXème siècle pour l'étude scientifique des espèces et de leur environnement. Dans le cas particulier des manchots, toutes espèces confondues, les premières marques visuelles ont été utilisées au début du XXème siècle, afin de connaître divers aspects de leur biologie (AUSTIN, 1957). Les méthodes de marquage se sont multipliées et ont été améliorées au fil des années, tant pour augmenter leurs qualités techniques que pour en limiter les conséquences négatives sur les oiseaux. Placée à la base de l'aileron, la bague métallique est devenue la méthode la plus utilisée pour suivre un manchot durant toute sa vie. Cependant, les études démontrant des effets négatifs de ces bagues sur les individus marqués se sont multipliées depuis les années

80 et ont abouti à l'arrêt de leur utilisation par consensus entre scientifiques (STONEHOUSE, 1999).

Depuis, le monde de la recherche est en demande de nouvelles marques permanentes et visuelles, alternatives aux bagues pour le suivi du Manchot royal. Le transpondeur s'est répandu comme moyen d'identification individuelle et permanente chez plusieurs espèces de manchots. Bien qu'ayant de nombreux avantages, le transpondeur n'est pas une marque visuelle, ce qui est un inconvénient pour le suivi et nécessite des aménagements matériels sur les colonies. Nous avons cherché de nouvelles techniques de marquage visuel, qui permettent de suivre un Manchot royal au cours de ses déplacements dans la colonie, et de le reconnaître à chacun de ses séjours à terre et d'une année sur l'autre.

Cette thèse a pour but de présenter les premiers résultats concernant deux de ces nouvelles techniques et de décrire les conditions nécessaires pour envisager leur utilisation sur le Manchot royal : le perçage cutané et la greffe de peau.

Ce travail a pour intérêt majeur de mettre à profit des compétences vétérinaires dans un contexte d'écologie d'une espèce sauvage. Les objectifs des expérimentations et leurs domaines d'applications sont éloignés de la médecine et liés à la recherche scientifique, en écologie, éthologie et physiologie. Cependant, les techniques de marquage et l'interprétation des résultats, relèvent, elles, des compétences d'un vétérinaire, puisqu'il s'agit d'interventions chirurgicales sous anesthésie. Associer un intérêt personnel et des compétences professionnelles me semble d'autant plus enrichissant que j'ai eu l'occasion de travailler au quotidien dans une colonie de manchots royaux et d'observer leur comportement au quotidien.

Dans la première partie, je décris les objectifs du marquage visuel puis les différentes méthodes ainsi que les diverses conséquences d'une marque posée sur un individu. Dans la seconde partie, j'expose quelques aspects de la biologie de l'espèce visée par nos expérimentations : le Manchot royal. En conséquence, j'explique quelles marques peuvent être utilisées en tenant compte des spécificités de ces oiseaux. Enfin, dans la partie expérimentale, je détaille les protocoles de la pose de marques visuelles chez deux espèces d'oiseaux domestiques, et dans quelle mesure cela pourra être appliqué au Manchot royal.

1. Le marquage visuel des animaux en milieu naturel

1. Qu'est-ce que le marquage visuel ?

Le marquage visuel a pour but d'aider l'œil humain à repérer et identifier un animal qu'il lui est impossible ou difficile de distinguer de ses congénères. Cette distinction est difficile car, appartenant à un groupe différent, l'homme ne sait pas repérer des éléments de distinction individuelle entre deux chameaux ou deux corneilles, alors que deux visages humains sont facilement distingués l'un de l'autre et identifiés au premier coup d'œil (BAUDOIN, 2009) (TANAKA, 2001).

a. Des observations utiles

Un contact prolongé permet de distinguer entre eux les animaux d'un groupe, car l'œil exercé a repéré des différences à force de comparaisons multiples, qui passent inaperçues à un œil novice. Ces différences notables peuvent être des éléments visuels d'ordre phénotypique ou d'ordre comportemental.

Ce contact prolongé est envisageable pour des animaux tenus en captivité et pour des groupes de taille restreinte. Par exemple, un éleveur de bovins traditionnel français reconnaît chacune de ses vaches à sa robe et à son comportement, dans un troupeau composé d'individus d'une même race dont les couleurs de robe paraissent identiques à une personne observant pour la première fois ce troupeau. Cela est plus difficile ou nécessite plus de temps dans des troupeaux de taille importante, ou pour les élevages dans lesquels de nombreux animaux sont régulièrement introduits dans le troupeau.
De même que les animaux domestiques, les animaux sauvages tenus en captivité sont connus et distingués les uns des autres par les personnes qui les observent régulièrement : c'est le cas des girafes par exemple des troupeaux de zoos suivies par leurs soigneurs-animaliers.

Dans le cas d'animaux sauvages dans leur milieu naturel, plusieurs naturalistes ont vécu au sein d'une communauté animale au point de connaître et de reconnaître chaque individu sans l'aide d'aucune technique de marquage. Deux exemples parmi d'autres : Tim Treadwell qui a passé plusieurs saisons avec des grizzlis (*Ursus arctos horribilis*) du parc national de Katmai en Alaska (TREADWELL, 1997) (SMITH, 2005) et Jane Goodall avec les chimpanzés (*Pan troglodytes*) du parc national de Gombe en Tanzanie (GOODALL, 2010). Ces personnes ont accumulé des connaissances considérables sur les espèces étudiées, comme les liens hiérarchiques au sein du groupe et leur évolution dans le temps, les relations entre individus d'une même famille ou des épisodes d'adoption, observations qui nécessitent avant tout une identification individuelle des animaux.

b. …mais insuffisantes dans certaines situations

Cependant, toutes les espèces ne peuvent pas être étudiées de cette manière : des animaux de petite taille ou effectuant de grands déplacements ne peuvent pas être suivis sur de longues durées et une "cohabitation" ne paraît pas réalisable par exemple avec un groupe de passereaux en liberté au point de reconnaître chaque oiseau.
De plus, certaines personnes n'ayant pas forcément de compétences naturalistes peuvent avoir besoin d'identifier des animaux (immunologistes, physiologistes, généticiens) et doivent donc avoir recours à des méthodes de marquage "non-naturel".
Enfin, les tendances à l'efficacité, la rentabilité, les contraintes économiques et le nombre d'études actuellement en cours nécessitant l'identification d'animaux, nous conduisent à devoir consacrer le moins de temps possible à ces observations pour plus de rapidité et de facilité de travail.

Le temps de contact visuel entre l'observateur et l'animal est donc souvent réduit en raison :
- des déplacements de l'animal, qu'ils soient liés à son caractère craintif ou à sa biologie (observation furtive d'un passereau dans un couvert forestier ou dans une roselière ; observation en vol d'un rapace en migration),

Rapport-Gratuit.com

- des difficultés d'approche liées au terrain (observations à distance d'un oiseau de mer nichant en colonie sur une falaise surplombant la mer ; observation en vol au-dessus de l'océan ; observation sous une faible luminosité),
- de la durée que l'on souhaite allouer à l'observation (raisons logistiques et économiques).

c. Un historique du marquage visuel

i. Du divin au bagueur

Paysans, météorologistes, devins, navigateurs…nombreuses sont les personnes qui observent depuis des siècles les animaux afin d'en tirer des informations utiles à l'exercice de leur métier, de bon ou de mauvais augure. Souvent, le comportement des animaux donnait une indication liée à l'avancée de la saison et au climat, indications utiles aux activités humaines depuis des millénaires.
Le naturalisme, qui centre son intérêt sur l'observation de la nature, fut d'abord un dilettantisme ; il n'est devenu un métier (ou des métiers) en soi que récemment, avec l'intérêt croissant porté aux sciences naturelles au cours du siècle des Lumières, puis l'admiration de la nature à la période Romantique.

Aux XVIIIème et XIXème siècles, Thomas Bewick (1753-1828) et Jean-Jacques Audubon (1785-1851) sont souvent cités comme étant les premiers ornithologues. Le temps qu'ils ont passé à observer et à réaliser des inventaires de l'avifaune avait pour but principal l'acquisition de connaissances sur ces espèces, et non d'en tirer une information utile liée à une activité humaine.
Une des premières observations naturalistes dont Audubon fait part dans sa *Biographie ornithologique* (AUDUBON, 1832) est le suivi de l'élevage d'une couvée de « gobe-mouches » près de chez lui. Il attacha aux pattes des poussins des fils de coton puis des fils d'argent, les premiers disparaissant régulièrement. Ceci témoigne de la volonté d'une part, distinguer les poussins les uns des autres, et d'autre part, de les retrouver ultérieurement une fois sortis du nid, bien qu'il n'ai fait aucune mention ultérieure de ces oiseaux.

En chassant de nombreux animaux pour ses inventaires et la réalisation de ses peintures (AUDUBON, 1846-1854), il cherche avant tout à représenter de manière plus réaliste des oiseaux qui n'étaient auparavant représentés que dans des tableaux de chasse (CHATELIN, 2004). Bien que l'on puisse déplorer ces "prélèvements" d'individus, ces planches témoignent de l'importance qu'accordait Audubon à décrire le comportement des animaux. De plus, les collections d'oiseaux et les planches (AUDUBON, 1839) permettaient de faire découvrir des espèces, souvent inconnues ou jamais observées : et participaient donc à la diffusion des connaissances zoologiques recueillies aux contemporains d'Audubon. Ce sont des œuvres qui témoignent de l'état des connaissances en matière d'ornithologie et d'expériences de baguage au XIXème siècle.

Un siècle plus tard est apparue la profession de chercheur, nouveaux professionnels de la biologie dont les objectifs communs sont d'augmenter les connaissances et d'en faire part à la communauté scientifique. Les bagues et les autres marques sont alors utilisées selon des protocoles expérimentaux et de manière plus structurée avec la création de nombreux clubs et associations. Cole (COLE, 1922) parle d'élargir l'activité de baguage à l'échelle nationale dès 1908 : « Il était évident qu'une association mieux définie devait prendre en charge le travail (de baguage) en plein expansion, et de cette nécessité germa l'idée de former une société nationale dédiée au baguage. »

ii. Les premiers animaux sauvages marqués : des oiseaux au XVIIIème siècle

Les connaissances que nous avons de l'histoire du marquage dépendent beaucoup de la professionnalisation des utilisateurs de marques – chercheurs et naturalistes – et surtout des traces écrites – des carnets et notes de terrain aux articles publiés – du marquage des animaux. Dans le but d'acquérir des connaissances, de progresser dans une méthode scientifique et d'en faire part à la communauté, ils doivent consigner par écrit le maximum possible d'informations pour les diffuser après analyse.
Des anecdotes existent quant à du marquage dès 200 ans avant Jésus-Christ par des athlètes et des militaires, qui posaient des marques à des oiseaux pour prévenir de leur avancée (North American Banding Council, 2001) (WOOD, 1945). À partir du XIIIème siècle, des colliers, des bracelets et des médailles sont utilisés pour identifier les

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

propriétaires d'oiseaux d'ornement captifs comme des colombidés ou des rapaces (WOOD, 1945). Au XIXème siècle, des animaux chassés sont équipés de marques par des chasseurs, à titre individuel ou par des clubs (COLE, 1922). Lorsqu'il s'agit d'apposer une marque de propriété sur un animal domestique, les contraintes sont très différentes de celles liées au marquage des animaux sauvages. En milieu naturel, le marquage des animaux a pour but de tirer des connaissances de l'observation de certains individus. De nombreuses contraintes liées à l'habitat et aux déplacements des animaux rendent le suivi visuel et les observations difficiles et doivent donc être prises en compte.

Dans *History of Bird Banding*, Lincoln (LINCOLN, 1921) indique que la première bague a été posée sur un Héron cendré (*Ardea cinerea*) en 1710 en Allemagne, puis Mortensen en 1899 bague diverses espèces d'oiseaux – des cigognes, des étourneaux, des rapaces – au Danemark. Forts de cette nouvelle technique, de nombreuses personnes vantent le baguage pour son caractère permanent, individuel et permettant des retours de la part d'observateurs non spécialistes (COLE, 1922).

Ill. 1 : Passereau équipé d'une bague métallique au tarso-métatarse droit. (Photo : S.Prentiss Baldwin, illustrant la contention de l'oiseau (BALDWIN, 1922))

D'autres techniques étaient déjà utilisées à cette époque, mais Cole les critique (COLE, 1922) : colorer les rémiges primaires ou les rectrices avec de l'encre indélébile, y coller des disques de métal, mutiler une partie du pied (ablation d'un doigt), du bec ou du plumage, attacher une petite peau sur le corps, attacher un collier de métal au cou ou au tarse.

Ces méthodes sont encore utilisées aujourd'hui, alors y a-t-il eu une évolution dans le marquage depuis le début du XXe siècle ? Actuellement (VAN DEN HOFF, 2011), des poussins de Pétrel géant (*Macronectes giganteus*) sont bagués afin de connaître leurs zones de nourrissage au cours de leur première année de vie et c'était déjà le cas lors de l'«Antarctic bird-banding by the Falkland islands dependencies survey » (SLADEN, 1958) en 1948, au cours de laquelle des poussins de Pétrels géants antarctiques furent bagués au nid avant leur premier envol et retrouvés à plusieurs milliers de kilomètres au large de l'Australie, dans les cinq mois qui suivirent leur baguage.

Des progrès ont effectivement eu lieu, tant dans le respect du bien-être des animaux que dans la qualité des résultats obtenus.
Ces avancées sont dues pour une partie à l'évolution de la technologie : matériaux plus résistants, plus souples, plastiques qui ne se décolorent pas, transpondeurs etc., pour une autre partie à la réglementation, à la commercialisation à grande échelle et à l'organisation (disponibilité des bagues et formation des personnes) mais surtout grâce à l'observation des individus équipés de marques. L'observation et l'analyse comparative entre les animaux marqués et ceux non-marqués permet d'enregistrer les faiblesses des méthodes et du matériel, ainsi que les biais, et donc d'adapter le marquage. Étant donné le nombre croissant de personnes et d'organismes utilisant des marques, ces progrès matériels, logistiques et scientifiques sont multipliés et facilités.

2. Pourquoi marquer les animaux ?

Le marquage visuel facilite l'observation et la précise. Ce moyen de suivi est utilisé pour accumuler des observations au fil du temps. Les connaissances scientifiques acquises concernent l'animal, à l'échelle de l'individu ou d'une population et son environnement.

a. Distinguer un individu ou un groupe

Dans les cas où l'on recherche une information comme la fidélité d'un animal à son partenaire ou à son site de reproduction d'une année sur l'autre, l'identification

individuelle est nécessaire. Un individu peut être distingué de ses congénères soit par une marque appliquée uniquement à lui : il est distinct des individus qui ne portent pas de marque ; soit par une marque portant un code d'identification individuelle : tous les individus marqués peuvent être distingués les uns des autres grâce à la lecture de ce code.

Dans d'autres cas, tous les individus d'un groupe peuvent être marqués de manière identique si l'on veut obtenir une information liée à une sous-population. Par exemple, la dispersion des jeunes animaux peut être étudiée grâce à un marquage par un point de couleur sur tous les individus d'une même génération (SILVY, 2005).

b. Être vu à distance ou capturé

Selon les objectifs de l'étude, l'espèce animale et les contraintes liées au terrain, la marque peut être visible à distance ou sa lecture peut nécessiter la capture de l'animal. Des fanions de couleur sur l'aile d'un rapace sont visibles de loin et surtout les couleurs sont *lisibles* à distance, à l'œil nu ou à l'aide de jumelles ou d'une longue-vue. En revanche, sur une bague métallique, le numéro d'identification individuelle ne peut être lu que lorsque l'oiseau est tenu en mains. La bague métallique est cependant visible à distance, c'est donc une marque visuelle en tant que telle.

Le choix d'une marque visible à distance peut être dû à la difficulté de capture de l'animal, comme dans le cas des grands ongulés : une anesthésie générale est souvent nécessaire pour poser une marque (CLAUSEN, 1984), acte qu'il vaut mieux limiter au cours de la vie de l'animal, en raison aussi des moyens techniques et humains requis.
Chez les oiseaux, certaines espèces ne peuvent pas être capturées à l'âge adulte. Chez les flamants roses (OSBORNE, 2001), les risques de blessures et de fractures des pattes sont élevés, la plupart des individus sont donc bagués au stade juvénile, avant qu'ils soient (JOHNSON, 2000) capables de voler. Chez les vautours, la capture des adultes est difficile dans le milieu naturel, tandis que les poussins trop jeunes pour voler peuvent être marqués sur l'aire. Le type de bague choisi doit donc être lisible à distance et éviter la capture des adultes.

Le choix d'une identification lisible uniquement après capture de l'individu peut être dû au nombre de combinaisons potentiellement utilisées, c'est-à-dire, au nombre maximal d'individus qui seront identifiés avec ce code. Par exemple, un code à cinq couleurs aux deux ailes d'un rapace : il existe 120 combinaisons différentes, alors que le code actuellement utilisé pour les bagues en inox du Centre de Recherche par le Baguage des Populations d'Oiseaux (C.R.B.P.O.[1]) permet de baguer environ 10 millions d'individus avec un code à neuf chiffres sur une taille de bague (code utilisé pour les mésanges par exemple), ou 2,6 millions avec un code à une lettre suivie de cinq chiffres, qui est le code utilisé pour les moineaux.

Ill. 2 : Flamant rose (*Phoenicoptérus roseus roseus*) identifié par une bague Darvic lisible à distance et par une bague métallique sur l'autre tibiotarse. (Photo P.Schnetzer)

c. Suivre un individu dans le temps

Le marquage visuel permet d'identifier un animal à chaque observation et d'obtenir des renseignements sur son écologie (dont ses déplacements), son comportement, son statut hiérarchique ou reproducteur à différents moments de sa vie.

La collecte de ces observations peut être réalisée de différentes manières : par l'observation directe, à distance ou après capture, ou par la prise de photographies ou de films ; et par différentes personnes selon les contextes : public spécialisé de naturalistes, chercheurs ou autres personnes informées de l'étude, ou grand public, dans la mesure où il est capable d'identifier l'animal et transmettre la donnée.

[1] Le Centre de Recherche par le Baguage des Populations d'Oiseaux dépend du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris. Il forme les bagueurs, organise et gère la distribution des bagues permanentes en inox à l'échelle nationale, la récolte et la diffusion des informations et des analyses des données.

Dans le cas du baguage d'oiseaux, il existe des bases de données regroupant toutes les observations liées à un numéro de bague et donc à un individu. Ainsi, n'importe quelle personne lisant un numéro de bague peut en informer la communauté et prendre connaissance de toutes les observations précédentes et informations liées à la pose de la bague : date, lieu, âge de l'individu, contexte de lecture de bague (capturé, chassé, tué ou trouvé mort), comportement et informations déduites (par exemple, on attribue à un oiseau vu en train de construire un nid ou de nourrir des poussins un statut "d'individu reproducteur").

Cet appel à observateurs auprès du grand public est très largement mis à profit par les organismes qui équipent des animaux ; c'est le cas par exemple du Parc National des Écrins qui informe et demande aux visiteurs de signaler toute observation de Bouquetins des Alpes (*Capra ibex*) (PNE) après les avoir marqués de boucles auriculaires de couleurs. Cette méthode a pour avantage majeur de fournir de multiples observations, malgré une légère incertitude possible quant à une identification faite par quelqu'un de non-spécialiste.

Ill. 3 : Bouquetin des Alpes (*Capra ibex*) identifié par des boucles de couleurs aux oreilles, marques très visibles. (Photo Parc National des Écrins)

Cette préoccupation d'obtenir un maximum de "recaptures visuelles" en informant largement les observateurs potentiels n'est pas récente, puisque Cole (COLE, 1922) s'en préoccupe déjà vers 1908 : « des tentatives sporadiques de marquage d'oiseau ont sans aucun doute déjà eu lieu depuis longtemps, afin de savoir si les oiseaux revenaient sur le site où ils avaient été marqués. (…) Cependant, de tels efforts étaient déployés à petite échelle, les marques et les codes n'étant connus que des personnes ayant marqué les oiseaux, avec pour conséquence une absence de retour d'observation, à moins que les oiseaux soient re-capturés dans les mêmes zones que celles où ils avaient été marqués. »

L'ensemble de ces observations qui se succèdent dans le temps constitue un suivi temporel des individus qui apporte des informations sur une espèce et sa biologie. Cole en 1909 décrit l'utilité du marquage dans l'étude des déplacements des oiseaux (COLE, 1909), dans lesquels on distingue d'une part, les déplacements migratoires et d'autre part, les déplacements à l'échelle du territoire. Le marquage est également un moyen de déterminer les caractéristiques d'une espèce (nombre d'individus, longévité…) ainsi que d'étudier l'évolution des populations à long terme (WEIMERSKIRCH, 1985).

i. Le nombre d'individus

Deux méthodes existent pour recenser une population : réaliser soit une photo de groupe, soit un recensement. La photo de groupe signifie que tous les individus sont présents et visibles au même endroit à un instant donné, tandis que le recensement permet des observations successives des individus, à condition de les marquer au passage, afin de ne pas compter plusieurs fois les mêmes individus.

Le choix entre ces deux méthodes dépend de la biologie de l'espèce : le photo-comptage est utilisé pour des animaux vivant en colonies (lieu unique), qui se regroupent à la saison de reproduction (instant donné). Ceci permet la prise de photographies et le comptage de chaque couple reproducteur ou emplacement de nid. La limite étant les facteurs qui sont à l'origine du regroupement des individus : dans l'exemple ci-dessus, seuls les animaux reproducteurs sont présents et peuvent être comptés.
En revanche, la biologie de certaines espèces n'amène pas les animaux à se regrouper. Ces derniers vivant dans un habitat dispersé ne peuvent pas être regroupés dans le temps ni dans l'espace, mais chaque individu "rencontré" est inscrit sur une liste et distingué des individus non-inscrits par une marque. La durée nécessaire pour faire un recensement complet est souvent longue et peut être une limite à l'application de cette méthode. En effet, la population évolue dans le temps en fonction de l'entrée de nouveaux individus (par les naissances et les déplacements) et de la sortie de certains individus (par les morts et les déplacements).

ii. La longévité d'un individu et d'une espèce

La longévité d'une espèce est une caractéristique déterminée grâce à une marque permanente. Bien qu'il existe chez certaines espèces des critères phénotypiques permettant de donner un âge à un individu, ces critères changent plus rapidement chez les jeunes que chez les individus âgés, ce qui les rend non informatifs chez l'individu adulte. Par exemple, la taille des bois et le nombre d'andouillers chez le Cerf élaphe augmentent régulièrement dans les premières années de sa vie (LOTZE, 1979), mais la croissance de la ramure ralentit puis se stabilise vers 12 ans, on ne peut donc qu'estimer un âge minimum et peu précis de l'individu (par exemple : animal âgé de plus de 10 ans) (CRIGEL, 2001).
Chez certaines espèces d'anatidés, l'âge peut être déterminé par l'examen du plumage de l'oiseau tenu en mains (CARNEY, 1992). La couleur de certaines plumes et l'extension d'un motif sont les éléments principaux de cette détermination (CARNEY, 1992). Chez le Moineau domestique (*Passer domesticus*), plusieurs critères dont l'examen du plumage de la calotte et du miroir sont envisagés pour estimer l'âge des mâles adultes, en observant ces critères chez des individus d'âges connus grâces à des données issues du baguage (TOLLIÉ, 2009).

Cependant, ces critères de détermination ne sont décrits que pour peu d'espèces. De plus, cette méthode nécessite la capture et un examen de l'oiseau en mains par une personne expérimentée. Duriez et al. ont décrit des critères d'âge dans le plumage du Vautour fauve (*Gyps fulvus*) (DURIEZ, 2011) mais la capture et la manipulation de cette espèce sont difficiles à mettre en œuvre. Dans le cas de la Buse variable (*Buteo buteo*), Bub et Oelke n'ont pu identifier aucun critère utile à la détermination de l'âge, (BUB, 1989).

Le marquage individuel en revanche, permet de connaître avec certitude l'âge d'un animal s'il est marqué dans sa première année de vie, lorsque des critères phénotypiques évidents sont observés. Le marquage d'un certain nombre d'individus et leur observation d'année en année permet d'estimer la longévité d'une espèce, dont la connaissance est parfois connue chez des individus captifs, peu représentative de la durée de vie des congénères en milieu naturel. Par exemple, Whittington et al.

(WHITTINGTON, 1999) ont publié l'âge maximum connu de Manchots du Cap (*Spheniscus demersus*) grâces aux observations d'individus bagués. Les individus ayant été bagués à l'âge adulte, ce sont des longévités minimales. En estimant qu'un manchot adulte ne peut être distingué d'un juvénile qu'à partir de l'âge d'un an, ils ont obtenu un âge d'au-moins 27 ans pour le plus vieil individu, et un âge certain de 23 ans pour un individu bagué dans sa première année de vie. Le Manchot empereur (*Aptenodytes forsteri*) bagué le plus âgé avait 32 ans (C.-A. Bost, communication personnelle). Cet âge a été connu en 1988, lorsque la pose de bagues permanentes a cessé chez cette espèce, le suivi ultérieur de cet individu n'a donc pas pu être poursuivi les années suivantes.

iii. Les déplacements

Les distributions géographiques sont très variables d'une espèce animale à une autre : celle de la Salamandre noire (*Salamandra atra*) est réduite à quelques kilomètres carrés, alors que celle du Moineau domestique (*Passer domesticus*) couvre plusieurs continents et des milliers de kilomètres carrés. Des moineaux de la même espèce et de morphologie identique peuvent donc être observés à différents endroits, sans que l'on puisse savoir si l'individu reste dans une même région ou s'il se déplace à plusieurs kilomètres ou milliers de kilomètres de distance. Le marquage individuel ou de groupe sur une zone géographique restreinte permet d'observer des déplacements sur le territoire.

La présence des individus sur leurs aires de distribution peut également varier dans le temps, au cours des saisons : la disparition des hirondelles était remarquée en fin d'été, bien avant que l'on apprenne que ces espèces étaient migratrices. Lorsque l'on observe leur disparition dans une région concomitamment à leur apparition dans une autre région, l'on peut supposer qu'il s'agit d'un déplacement des mêmes individus, et le marquage individuel d'un certain nombre d'individus vérifie cette hypothèse. Dans le cas des hirondelles rustiques (*Hirundo rustica*), les déplacements ont été démontrés par le baguage d'individus (ZINK, 1969).

Rapport-Gratuit.com

Beaucoup de mouvements migratoires ont été mis en évidence grâce au marquage individuel et visuel (BAIRLEIN, 2003), puisqu'il permet de suivre les animaux dans le temps et dans l'espace.

Certaines espèces sont visibles aux mêmes endroits toute l'année, ce qui laisse supposer qu'elles sont sédentaires : c'est le cas de nombreux passereaux de nos jardins : Mésange charbonnière (*Parus major*), Mésange bleue (*Cyanistes caeruleus*), mais aussi de rapaces comme la Buse variable (*Buteo buteo*).
Or, récemment, le baguage a permis d'apprendre que, ces oiseaux étaient souvent migrateurs sur des distances variables de quelques dizaines à plusieurs centaines de kilomètres. Les individus vivant le plus au nord l'été migrent vers des latitudes moyennes pour y passer l'hiver, tandis que les individus vivant sous ces latitudes moyennes l'été migrent encore plus au sud pendant l'hiver.

d. Évaluer les conséquences d'une action humaine

Si le marquage visuel est très utilisé pour étudier l'écologie et le comportement d'une espèce, c'est aussi un outil très utile pour estimer l'efficacité d'une mesure de protection mise en œuvre par l'homme ou sur les dégâts d'une activité humaine (GAUTHIER-CLERC, 2004).

Un exemple est le baguage d'oiseaux marins recueillis mazoutés après une marée noire et relâchés dans la nature (WHITTINGTON, 2002). Plus la proportion d'individus observés vivants parmi les animaux relâchés est grande et plus les observations sont tardives par rapport à la date de relâcher, plus on peut considérer que les soins qui leurs ont été prodigués sont efficaces. En 1999 et 2000, des équipes ont évalué la survie de deux espèces de manchots prises en charge après des marées noires, respectivement le Manchot du Cap (*Spheniscus demersus*) (UNDERHILL, 1999) et le Manchot pygmée (*Eudyptula minor*) (GOLDSWORTHY, 2000). La première équipe s'est basée sur les oiseaux recueillis dans un centre de soins. Parmi les 10 000 manchots du Cap recueillis, 4076 ont été bagués et relâchés, dont 65% ont été observés sur une colonie dans les deux ans qui ont suivi leur lâcher. La deuxième

équipe se base sur la démographie des colonies touchées, dont la taille de la population est connue avant la marée noire. Des manchots pygmées sont marqués et observés pendant l'événement de marée noire, ce qui permet d'estimer le nombre d'individus touchés par la marée noire, plus précisément que par la simple observation des manchots mazoutés. Les auteurs estiment que plus de 10 000 manchots ont été tués par le fuel, alors que 1894 individus ont été recueillis pour être soignés dans un centre de soins.

D'autres exemples de réussite ou d'échec d'une action humaine en faveur de la faune sauvage sont les réintroductions d'individus pour renforcer une population fragile. La décoloration de certaines plumes a permis un suivi visuel de gypaètes barbus (*Gypaetus barbatus*) réintroduits dans le Vercors pendant les premiers mois qui ont suivi le lâcher. Ces oiseaux étaient aussi bagués pour assurer un suivi permanent (PNR Vercors, 2010). Des bagues de couleur, lisibles à distance ont été posées sur une autre espèce de vautour, le Vautour fauve (*Gyps fulvus*) afin de suivre les individus réintroduits en France (TERRASSE, 2004) ou les premiers individus nés après la réintroduction en Italie (DI VITTORIO, 2005). Le marquage permet dans un premier temps de savoir si les animaux déplacés sont capables de vivre dans la zone où ils ont été relâchés. À plus long terme, le suivi par marquage sert à étudier la dynamique de la nouvelle population.

Dans le cas d'une espèce chassée, le marquage d'individus permet d'évaluer la proportion d'animaux tués dans la population des individus potentiellement chassés et dans la population totale (BAUBET, 2004), et ainsi, d'estimer si la chasse laisse suffisamment d'individus vivants pour que la population se maintienne.
La chasse n'a pas uniquement des effets sur les espèces chassées, mais sur toutes les espèces partageant le même territoire. C'est pourquoi des informations peuvent être tirées du marquage visuel de ces "espèces non-cibles", dont les déplacements, le comportement et la vigilance sont fortement modifiés (CASAS, 2009).
La photo-identification a par exemple été utilisée pour identifier les conséquences involontaires de la pêche sur les petits cétacés (KISZKA, 2008), en observant les lésions des nageoires principalement dues aux filets, hameçons et lignes de pêche.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Le recueil des informations issues du marquage des animaux sert à poursuivre ou à modifier les mesures déjà en place afin d'améliorer la santé d'une population.

e. Étudier son environnement

Bien que les marques soient principalement utilisées pour connaître les différents aspects de la biologie d'une espèce, elles peuvent aussi apporter des informations sur l'environnement des animaux. Une partie des déplacements des animaux est guidée par leur besoin de se nourrir.
Un changement dans la durée allouée à la quête de nourriture peut signaler un changement dans la quantité de nourriture disponible (CAIRNS, 1988), si l'on compare des individus au même stade physiologique (en croissance ou reproducteur, reproducteur en saison ou hors saison de reproduction etc). Ainsi, des déplacements exceptionnellement longs ou nombreux pendant une saison donnée peuvent refléter une diminution de l'abondance de la nourriture par rapport aux années précédentes. Les bateaux de pêche sont tous suivis par des oiseaux marins, et les engins agricoles de fauchage sont suivis par des oiseaux insectivores.

Les variations climatiques et les activités humaines sont à l'origine de variations d'abondance des organismes consommés (proies et végétaux) et donc de tous les autres organismes (prédateurs et consommateurs) auxquels ils sont liés par la chaîne trophique (GEORGES, 2003). Ainsi, la présence d'un prédateur marin est un indicateur des modifications de son habitat (CAIRNS, 1992), qui intéressent soit l'océanographie, soit la santé de cet écosystème. Le prédateur marin suivi grâce à une marque et un système de géolocalisation est alors un outil pour les personnes étudiant l'océan en tant qu'écosystème.
Le Manchot royal (*Aptenodytes patagonicus*) se nourrit principalement de poissons de la famille des Myctophidés (CHEREL, 1993). Ceux-ci sont présents en grande densité au niveau du front polaire sud (ligne de température de sub-surface de 2°C) des eaux de surface, se situant à environ 500 km au sud de la zone de reproduction du Manchot royal (JOUVENTIN, 1994). Suivre les déplacements de cette espèce à grande échelle par un système de marquage visuel associé à un appareil télémétrique indique la zone

du front polaire (KOUDIL, 2000). L'accumulation de ces données à long terme fournit les variations de position de ce front. La présence d'un animal identifié comme individu reproducteur et associé à une zone de reproduction connue apporte indirectement des renseignements sur les caractéristiques physico-chimiques des eaux océaniques, influencées par les variations du climat (PIATT, 2007).

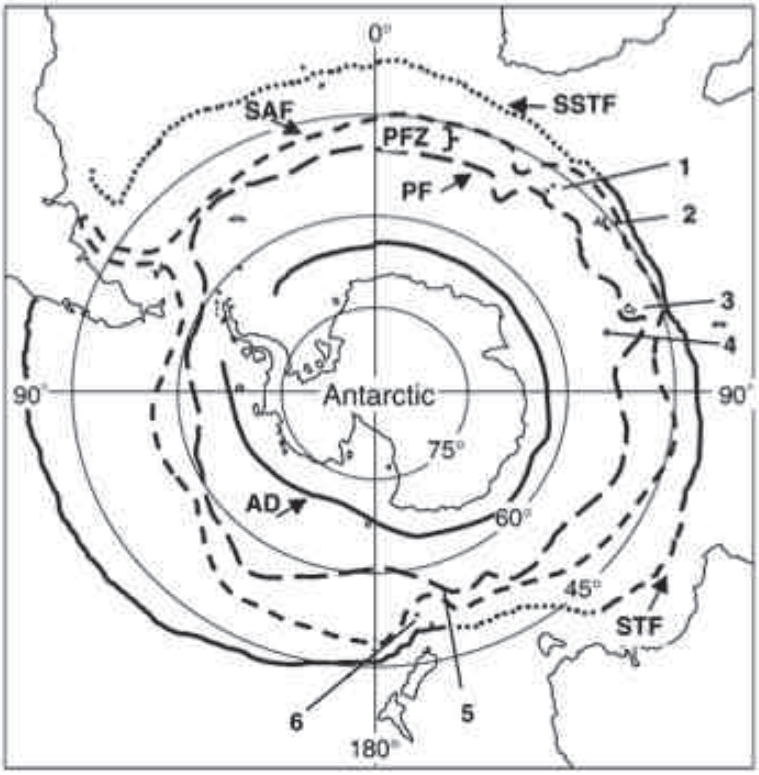


Figure 1 : Carte localisant le **Front Polaire Sud** (**PF, ligne de grands tirets**). 1 : Iles Marion et Prince Edouard, 2 : Iles Crozet, 3 : Iles Kerguelen, 4 : Iles Heard et Marion, 5 : Ile Macquarie, 6 : Ile Campbell. Issue de Bost et al. (BOST, 2009)

Le suivi temporel d'un animal en milieu naturel est une succession de périodes d'observations et de périodes où l'individu n'est plus visible. Les résultats sont interprétés selon la méthode de "capture-marquage et recapture", la recapture correspondant à un contrôle visuel de l'individu marqué. Lorsque l'individu n'est plus visible, plusieurs hypothèses peuvent expliquer l'absence de contrôle visuel : la mort de l'individu dont le cadavre n'est pas retrouvé, la perte de la marque, l'individu n'est alors plus reconnaissable, le déplacement de l'individu en dehors de la zone où s'effectuent les observations ou le manque d'observateurs sur la zone. Cette difficulté majeure dans l'interprétation des résultats d'observation n'avait pas été perçue par certains biologistes à la fin du XIXème siècle. Seton (SETON, 1921) avait marqué des

oiseaux par un point de couleur noire sur la poitrine afin de savoir si ces oiseaux étaient migrateurs. N'ayant pas pu retrouver ces oiseaux la saison suivante, il en a conclu que ces individus avaient migré, sans envisager la disparition de la teinture ni la mort des individus.

3. Comment marquer les animaux ?

a. Ce qu'il faut savoir avant de poser une marque

Avant de poser une marque, les objectifs de l'étude doivent être définis et diverses informations doivent être regroupées afin que la méthode soit adaptée. En premier lieu, il s'agit de rechercher les informations existantes au sujet de l'espèce à étudier, du domaine à étudier, mais aussi d'envisager toutes les méthodes possibles, et pas seulement les méthodes de marquage. Cela permet de s'interroger d'abord sur l'utilité du marquage visuel, de sa nécessité et de sa possibilité (facteurs humain, logistique, lié au terrain).
Dans un second temps, si le marquage visuel est retenu comme méthode de choix, il faut se poser les mêmes questions à une plus petite échelle, à savoir à l'échelle de *la* marque la plus pertinente parmi toutes les méthodes de marquage envisageables. L'essentiel est donc de ne pas considérer le couple {une marque + une espèce} comme fixe et définitif, de ne pas le transposer à toute étude, mais de réfléchir, pour chaque étude et chaque expérimentation, à un nouveau couple optimal dans ce cadre précis.

i. Les questions à se poser

Une fois que l'on estime que le marquage visuel est nécessaire, une série de questions (SILVY, 2005) détaillées ci-dessous et dans la partie suivante conduisent au choix de la marque qui peut être utilisée.

Il faut rechercher s'il existe des institutions, des organismes qui coordonnent le marquage pour une espèce donnée, ou dans un pays donné, afin que les marques et informations soient enregistrées. Cela permet d'être plus efficace dans le recueil de

données d'observations : par exemple, si chacun est susceptible de voir ou trouver un des animaux marqués, une recherche Internet permet de contacter l'institution qui recense toutes les données. Cela permet d'éviter que les marques ne soient lisibles et utiles que pour celui qui les a posées, comme c'est souvent le cas pour les oiseaux captifs ou domestiques. Par exemple en France, le C.R.B.P.O. coordonne la délivrance des bagues (bagues permanentes en inox) et l'enregistrement des données à propos de leur pose et des lectures ultérieures sur les oiseaux. Il s'agit d'un exemple d'organisation à l'échelle nationale par un organisme de recherche publique (le Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris).

- Les captures

De nombreuses marques ne peuvent être posées qu'après capture et manipulation des animaux or la capture peut être non souhaitée ou impossible. Par exemple, si l'espèce est très sensible au stress et s'il est connu que la manipulation des individus entraîne une mort subite, ou si l'anatomie de l'espèce fait que les blessures sont fréquemment observées, on peut rechercher des techniques de marquage qui évitent la capture. Une espèce de très grande taille comme la Baleine bleue (*Balaenoptera musculus*) est impossible à capturer pour des raisons évidentes, des individus peuvent cependant être marqués à distance.

D'autre part, la capture peut être nécessaire ou non pour la lecture ultérieure des marques et de l'identification de couleur ou numérotée. Les marques lisibles à distance sont préférées pour des raisons de santé et de bien-être de l'animal, comme cité ci-dessus ou pour des raisons financières, les captures étant des opérations plus lourdes à mettre en œuvre que des observations à distance. Par ailleurs, si l'on souhaite obtenir un grand nombre d'observations faisant appel au public, les marques doivent évidemment être lisibles par une observation aux jumelles par exemple, sans capture ni approche particulière des animaux. Enfin, si les animaux marqués doivent être identifiés à des périodes de leur vie où la capture leur serait défavorable, comme au moment de la reproduction ou de l'élevage des jeunes (WHIDDEN, 2007), on choisira des marques lisibles à distance et qui seront posées en dehors de ces périodes.

- La durée de tenue d'une marque

Marion et Shamis (MARION, 1977) ont décrit les caractéristiques de la "marque parfaite", qui doit être permanente. Or, le caractère transitoire d'une marque visuelle peut aussi être un avantage recherché. En effet, il vaut mieux que la marque ne dure que le temps de l'étude afin d'éviter des conséquences néfastes, toujours possibles pour les animaux à long terme. Par exemple, si l'étude s'intéresse à des couples de Manchots royaux reproducteurs au cours d'une saison de reproduction, une des marques visuelles possibles est une coloration particulière, mais ce type de marquage peut entraîner des durées de toilettage excessif et des interactions sociales anormales au moment de la parade, augmenter la prédation sur les individus marqués ; la disparition de la marque par l'eau de mer ou la mue est alors bénéfique et évite la capture des animaux pour ôter la marque à la fin de l'étude.
Si des études sont menées régulièrement sur la même population animale, l'intérêt d'une marque permanente dans une situation comme celle-ci serait de ne pas utiliser plusieurs années de suite le même individu lorsque cela n'est pas nécessaire. Le choix d'un individu "au hasard" parmi tous les reproducteurs ne garantit pas une alternance à long terme.
Il faut donc déterminer la durée pendant laquelle les observations d'individus seront utiles à l'étude et considérer les techniques de marquage correspondantes.

- Réglementation et autorisations

Toute activité de marquage visuel de la faune sauvage est soumise à réglementation, c'est pourquoi il convient de se renseigner non seulement sur la législation et réglementation du pays dans lequel l'espèce est marquée, mais aussi de faire les démarches d'information des personnes susceptibles d'être concernées.

- Respect de l'animal

Enfin, un point essentiel est de choisir une technique qui a le moins d'effet néfaste pour l'individu et la population étudiée. Bien que des effets à long terme soient inévitables, les effets immédiats et évidents de gêne et blessures ainsi que de modification du

comportement social doivent être absolument évités. De nombreux groupes de travail ont élaboré des guides de recommandations, concernant un type de marque (PETERSEN, 2005) ou un groupe d'espèces (GAUNT, 1997). L'essentiel est que tout soit mis en œuvre pour éviter, limiter et éventuellement compenser ces effets négatifs.

D'autres éléments doivent être connus pour mettre en place le protocole de marquage, il faut savoir où placer la marque sur l'animal (qu'elle soit visible, et qu'à la fois elle ne gêne pas l'animal), sur quelle catégorie d'individus la placer (adultes, jeunes, reproducteurs, mâles ou femelles…).

ii. Les connaissances à avoir

Avant de poser une marque, des connaissances préalables sont nécessaires, toujours dans le but que la marque donne une information de qualité, qui permette de répondre aux questions qui ont motivé l'étude.
Dans le cas d'une espèce bien connue et très étudiée, le choix d'une sorte de marque est facilité par les études antérieures, d'autant plus que la méthode a été testée et validée dans diverses situations et pour une (des) espèce(s) donnée(s). En revanche, le marquage visuel est aussi utilisé chez des espèces dont on ne connaît pas tous les éléments décrits ci-dessus, puisque le marquage est justement un des outils pour mieux connaître le comportement et l'écologie d'une espèce.
Dans le cas d'une espèce dont on n'a que des connaissances succinctes, le protocole de marquage doit être régulièrement remis en question et amélioré, afin que les effets de la marque sur l'animal, de sa pose et de sa lecture soient minimisés.

- Le mode de locomotion

Le mode de locomotion (marche, vol, plongeon, nage…) a son importance, puisque la marque ne doit pas gêner l'animal, ni par sa position sur le corps, ni par son poids ou sa forme, qui entraînerait des dépenses énergétiques excessives. Par exemple, une marque placée au niveau d'une articulation d'un membre (au tarsométatarse chez les oiseaux marcheurs, au poignet = articulation carpo-métacarpienne ou au coude =

articulation huméro-radio-ulnaire chez les oiseaux volants) peut gêner les mouvements ou entraîner des frottements excessifs, de la douleur et des lésions de la peau, des écailles ou des plumes. Cela peut être évité par une marque relativement lâche, si l'anatomie de l'animal permet de la porter sans la perdre. Théoriquement, toute marque ajoutée entraîne des dépenses énergétiques supplémentaires. Ces dépenses doivent être réduites au minimum et évaluées afin que l'individu ne soit pas pénalisé par rapport à ses congénères, et les marques choisies en conséquence : pour un oiseau volant, le poids est la caractéristique majeure d'une marque entraînant une majoration des dépenses énergétiques, alors que le poids a moins d'importance pour un oiseau en plongée, qui est plus gêné par les frottements de l'eau. La caractéristique importante de la marque est donc sa surface et ses bords d'attaque, susceptible de déformer la silhouette de l'oiseau plongeur.

- Le comportement social

L'objet utilisé pour le marquage de l'animal ne doit pas le gêner dans son comportement. Ceci est difficilement évité dans l'immédiat après la pose de la marque, mais il est essentiel de s'assurer que les mouvements comportementaux élémentaires ne sont pas entravés. Ainsi, un harnais ou une ceinture peuvent gêner le nettoyage, le nettoyage mutuel ou l'accouplement ; un collier peut masquer des glandes utiles à l'animal pour marquer son territoire, dont les positions sur le corps sont variables, mais elles sont souvent nombreuses sur la tête; un objet placé sur le dos des oiseaux peut empêcher l'accès à la glande uropygienne située à la base de la queue.

- Le mode d'alimentation

Si l'animal est prédateur, la marque ne doit pas le signaler ou le rendre plus visible à ses proies ; à l'inverse, si l'animal est une proie, la marque ne doit pas le rendre plus visible ni le handicaper dans ses mouvements de fuite.

- L'habitat

Sur un animal vivant sous couvert forestier dense, un objet de marquage a plus de risque de s'accrocher dans une branche et de blesser l'animal qu'en milieu ouvert, et la visibilité est bien moindre pour l'observateur humain. La marque doit donc être au plus prêt du corps de l'animal et de couleur relativement contrastée ou de grande surface.

b. Critères de choix de la marque

Le choix d'un type de marque dépend de nombreux critères, certains sont liés à l'animal étudié, à son mode de vie et à son habitat, d'autres sont liés aux objectifs de l'étude et à la logistique de terrain, d'autres enfin aux caractéristiques intrinsèques de la marque. Certains choix sont évidents : un collier paraît inadapté à un passereau, et un harnais inenvisageable pour un poisson. D'autres méritent des recherches bibliographiques et le retour d'expérience de personnes pour déterminer la méthode qui permet d'atteindre au mieux les objectifs de l'étude, soit parce que l'espèce est peu connue ou qu'il existe très peu de personnes spécialistes de cet animal, soit et c'est peut-être le plus important, parce que l'utilisation des marques permet de tester leur efficacité et leur innocuité. Même une marque utilisée depuis longtemps peut être remise en cause et ses effets doivent régulièrement être réévalués, afin de mettre à jour les connaissances.
La partie 1.4 (p.19) détaille les différents effets néfastes de la marque sur l'individu ou la population étudiée.

Ces différents critères sont énumérés ci-dessous et ordonnés selon les éléments contraignants :

• Les caractéristiques de l'espèce animale marquée :
- groupe : oiseau, mammifère, poisson, reptile et amphibien
- mode de locomotion : marche, nage, plongée, vol, reptation
- type d'habitat : terrestre, marin, forestier, ouvert, désertique

Rapport-Gratuit.com

- mode de vie : migrateur ou sédentaire, grégaire ou solitaire
- partie du corps concernée, éventuellement affectée par la marque
- taille de l'animal
- âge des individus marqués
- individu reproducteur ou en mue, ou autre statut particulier

• L'information recherchée :
- âge des individus marqués
- marque permanente ou temporaire
- marque devant être retirée à la fin de l'étude
- capture nécessaire pour lecture de la marque ou marque lisible à distance
- lecture possible de la marque par le grand public

• Les possibilités et moyens humains :
- autorisation
- éthique
- facilité et rapidité de la pose de la marque
- manipulation ponctuelle avec une marque très spécifique à une étude
- contextes divers de marquage, la marque étant adaptée à des situations diverses
- accessibilité du site

• La nature de la marque :
- matériau et durée de vie attendue de la marque
- permanente ou temporaire
- poids de l'objet et volume
- identification individuelle ou de groupe
- nombre maximal d'individus marqués

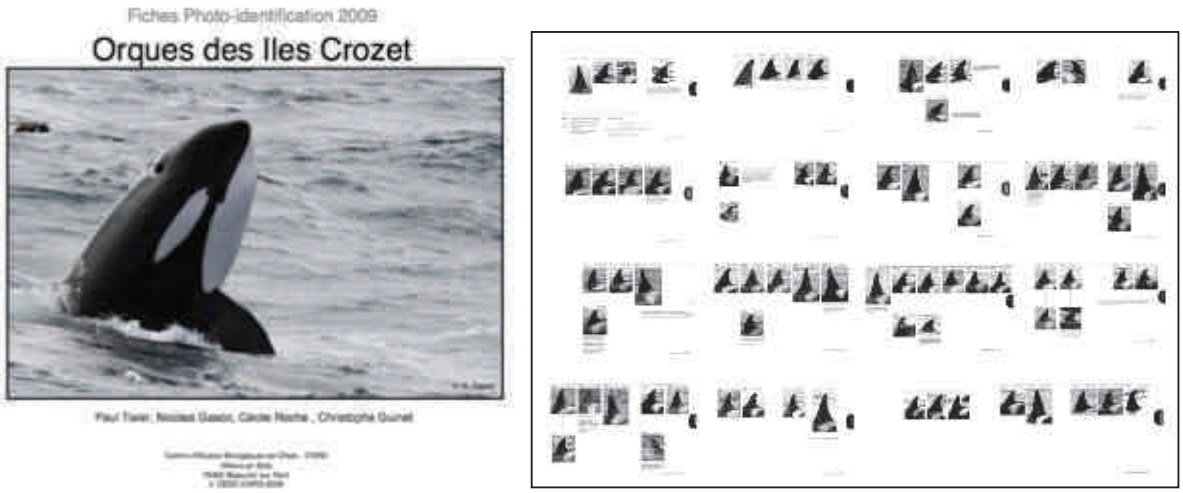
c. Les différents types de marques

De très nombreuses marques ont été inventées, au fur et à mesure des besoins liés à l'intérêt porté à la faune sauvage et à l'avancée des connaissances : certaines ont été abandonnées car elles pénalisaient trop un individu ou une population, d'autres parce que le matériau était inadapté aux conditions de terrain.

Les parties qui suivent ont pour objectif montrer la grande diversité de marques visuelles qui sont ou qui ont été inventées. On se rend compte que des marques très différentes peuvent être utiles sur une même espèce, et que certains types de marques sont utilisés chez un grand nombre d'espèces, et sont parfois communs aux oiseaux et aux mammifères. Les espèces sont citées en exemples, mais les listes dans les tableaux ne sont pas exhaustives.

i. Les marques naturelles et la photo-identification

Certaines espèces ont des motifs sur la peau, le pelage ou le plumage ou des silhouettes (nageoire des cétacés) qui permettent de distinguer les individus entre eux, souvent sur photo et après comparaison avec un catalogue qui décrit tous les individus connus d'une population.



Ill. 4 : Exemple d'un catalogue d'identification d'après les motifs naturels et les cicatrices des orques (*Orcinus orca*) des îles Crozet. À gauche, la couverture du document, à droite, une page présentant les ailerons de tous les individus connus en 2009. Auteurs : P.Tixier, N.Gasco, C.Roche, C.Guinet.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Ces motifs sont souvent naturels et liés à l'espèce, mais dans certains cas, des cicatrices qui apparaissent au cours de la vie de l'animal sont utilisées, comme les entailles sur le bord libre des oreilles chez les mammifères ou sur le bord des nageoires des dauphins (KISZKA, 2008).

La description des motifs individuels naturels d'un animal se rapproche de la reconnaissance individuelle par une personne qui connaît tous les individus de son troupeau, mais la création d'un catalogue (ou « trombinoscope ») (NEUMANN, 2002) permet à diverses personnes d'utiliser cette méthode et d'identifier les individus. L'hypothèse sous-jacente est que les motifs sont uniques et qu'ils ne changent pas avec le temps (FORCADA, 2006 ; CARLSON, 1990).

Actuellement, l'identification se fait de plus en plus grâce à un logiciel, ce qui permet d'étendre l'utilisation de cette méthode à des espèces dont les motifs sont plus complexes (KELLY, 2001) Cette méthode est utilisée pour identifier le Lynx d'Europe (*Lynx lynx*), dont la population est recensée en France depuis 2011 (Réseau Lynx, 2011). Elle est particulièrement adaptée à cette espèce, dont la présence est plus souvent confirmée grâce à la prise de clichés par des pièges photographiques que par des observations directes.

Ill. 5 : Étape de la photo-identification du Lynx d'Europe (*Lynx lynx*) : à gauche, les photos prises par des appareils à déclenchement automatique, à droite une image traitée par le logiciel avec la zone du flanc utile à l'identification en encadré noir et blanc. Auteurs : Réseau Lynx (Bulletin du réseau Lynx n°17).

Elle est adaptée à l'étude des groupes d'individus de taille réduite, chez des espèces à faible taux de renouvellement et longévives. Par exemple, le Léopard des mers (*Hydrurga leptonyx*) est une espèce de faible densité, ce qui rend la pose de marques-

objets peu pratique et peu efficace en termes de marquage des individus (FORCADA, 2006). La photo-identification a permis à d'une part d'estimer l'abondance de cette espèce autour de l'Ile de Bird et d'autre part, de s'assurer que l'identification individuelle par les motifs est fiable, en la comparant avec l'identification par médailles fixées sur les nageoires (FORCADA, 2006).
Il est rare que le "catalogue" soit conçu pour identifier toute la population existante de l'espèce, mais plutôt une sous-population. Par exemple les orques des eaux de Crozet sont toutes recensées par leurs formes d'aileron dorsal, leurs blessures et la forme de leurs marques blanches. En plus de leur identification individuelle, la structure des groupes sociaux et la généalogie sont en grande partie connues.

Cette méthode est surtout utilisée chez des espèces avec des motifs typiques (Girafes, zèbres, pinnipèdes…) mais est aussi possible sur des animaux de coloration unie, grâce à des mesures biométriques standardisées, comme les loutres de mer (*Enhydra lutris*) (GILKINSON, 2004) ou les phoques gris (*Halichoerus grypus*) (HIBY, 1990). Par exemple, l'identification des Lions de mer de Nouvelle-Zélande (*Phocarctos hookeri*) par les cicatrices ne permet d'identifier que 21% des individus (soit 9 individus) suivis dans cette étude, tandis-que la comparaison de la silhouette des nageoires antérieures permet d'identifier 79% des individus (soit 33 individus) (MCCONKEY, 1999).

L'identification sur les motifs individuels est aussi utilisée chez des espèces d'amphibiens, mais rarement utilisée chez les oiseaux (SILVY, 2005). Un des rares exemples est l'identification de balbuzards pêcheurs (*Pandion haeliatus*) (BRETAGNOLLE, 1994).

Cette méthode a pour avantage majeur d'être totalement non invasive : le seul dérangement est causé par la présence humaine, nécessaire pour l'observation et la prise de photos. Grâce à la distance, cette présence peut passer inaperçue pour les animaux. Elle est donc utile lorsque l'on souhaite éviter la capture des animaux, mais aussi lorsque la capture n'est pas possible : par exemple pour les girafes ou les baleines, dont la taille rend toute capture impossible. C'est aussi le cas du Léopard des mers, résidant sur la banquise dans des zones inaccessibles aux hommes (FORCADA,

2006). Une autre caractéristique principale est une identification permanente, durant toute la vie de l'animal.

Elle a pour limites de n'être applicable qu'à un nombre réduit d'espèces, espèces de grande taille et avec certaines caractéristiques morphologiques, même si on a vu que des animaux sans motifs peuvent être identifiés par biométrie. Enfin, d'un point de vue humain, l'identification des individus nécessite beaucoup de temps lors de l'élaboration de la base de données - catalogue (FORCADA, 2006).

Chez d'autres espèces, parce qu'elles n'ont aucun motif évident, ou parce que les individus sont trop nombreux et circulent entre les populations, d'autres méthodes sont plus pratiques et plus utiles. Parmi ces méthodes, on distingue d'une part les marques-objets, et d'autre part les modifications et mutilations volontaires d'une partie du corps de l'animal.

ii. Les objets

D'une manière générale, les objets sont des moyens peu invasifs lors de la pose mais ils peuvent avoir des conséquences graves s'ils sont mal choisis ou mal posés. Les modifications volontaires du corps de l'animal ont probablement des conséquences moindres à l'échelle de la vie de l'animal, mais sont beaucoup plus invasives au moment de leur réalisation, par définition.

Pour toutes les marques considérées ci-dessous, il est précisé si la capture est nécessaire pour lire la marque et identifier l'animal, si l'identification individuelle est possible (par exemple par une combinaison de couleurs ou de numéros), et si la marque est permanente, c'est-à-dire si elle reste lisible durant toute la vie de l'animal. Les espèces citées sont celles pour lesquelles des articles scientifiques ont été publiés avec le type de marque en question. C'est une marque possible, mais pas forcément la meilleure adéquation avec les objectifs de l'étude.

Les critères de choix d'une marque sont détaillés dans la partie 1.3.b (p.41), cependant, il est important quand on parle de marque-objet, de penser à la taille et à la couleur : la taille, car les marques sont souvent fixées autour d'une partie du corps de l'animal, qui

est susceptible de changer de volume au cours du temps et d'autre part, l'importance des couleurs dans la vie de l'animal sauvage, qui modifient son comportement et influencent sa survie.

- Les objets attachés - non invasifs

Ces types de marques sont les plus répandus et les plus utilisés, du fait de leur caractère non invasif et de leur facilité de pose. La difficulté pour équiper les animaux est principalement liée à la capture. Le caractère non invasif signifie que l'intégrité du corps de l'animal est conservée, cela ne sous-entend pas que la marque n'a pas d'effet sur l'animal, mais la douleur immédiate est évitée. Voire la partie 1.4 (p.19) quant aux conséquences de la pose et du port d'une marque.

Les objets sont fixés d'une manière ou d'une autre à l'animal : collé, bandé, ficelé ou passé autour du cou ou d'un membre. La capture est toujours nécessaire pour équiper les animaux, mais la marque peut être lue à distance ou après capture selon le type de marque et son emplacement.

Colliers

Très souvent utilisés sur les grands mammifères, les colliers ont l'avantage d'être visibles de loin, la capture de l'animal n'étant nécessaire que pour la pose. Ils sont aussi utilisés pour identifier des oiseaux de grande taille et au long cou, comme les cygnes (SLADEN, 1973). Ils sont aussi utilisés sur des petits mammifères comme les lapins pygmées (*Brachylagus idahoensis*) (RACHLOW, 2014). Un collier permet une identification individuelle souvent par numéros et couleurs : les chiffres sont appliqués sur un fond de couleur contrastée comme sur les bagues de type « Darvic ». L'usure entraîne la perte du collier après une durée très variable en fonction du matériau.

Ill. 6 : Collier avec identification individuelle par code de couleur et de chiffres porté par une Oie des neiges (*Chen caerulescens*). (Photo P.Colla)

Tableau 1 : LES COLLIERS

Partie du corps et matériau	**Groupe**	**Espèces**	**Individuelle**	**Permanente**
Cou Plastique	Reptiles et Amphibiens	Alligator (CHABRECK, 1965)	Oui	Non
Cou Plastique ou métal	Oiseaux	Cygnes, oies (SCHMUTZ, 2000), canards, grues (MELVIN, 1977)	Oui	Non
Cou	Mammifères	Carnivores (LENTFER, 1968), ongulés, lièvres, éléphants (PIENAAR, 1966), chiroptères (GANNON, 1998)	Oui	Non

Tableau 1 : Les références bibliographiques sont des exemples d'utilisation chez les espèces indiquées, mais les sources ne sont pas citées de manière exhaustive. Un "oui" dans la colonne du caractère individuel de l'identification ne signifie pas que les études citées en référence l'ont fait, mais que ce type de marque le permet.

Ceintures

Les ceintures sont semblables aux colliers, mais placées sur différentes parties du corps, autres que le cou. Elles sont utilisées sur des espèces dont la morphologie du cou ne permettrait pas à un collier ou une bague de tenir. Lorsqu'elles sont placées à la queue, elles sont souvent collées à la peau tandis qu'elles sont simplement fermées autour de la poitrine.

Tableau 2 : LES CEINTURES

Partie du corps et matériau	**Groupe**	**Espèces**	**Individuelle**	**Permanente**
Poitrine, queue Plastique	Reptiles et amphibiens	Lézards, crapauds, grenouilles (EMLEN, 1968)	Oui	Non
Queue Plastique	Mammifères	Eléphants (VILJOEN, 1986)	Oui	Non

Tableau 2 : Les références bibliographiques sont des exemples d'utilisation chez les espèces indiquées, mais les sources ne sont pas citées de manière exhaustive.

Bagues

D'usage très répandu chez les oiseaux, les bagues sont aussi utilisées chez les reptiles, les amphibiens et les petits mammifères. De nombreux modèles différents ont été mis au point en fonction des besoins scientifiques.
Les plus connues sont les bagues métalliques à bout-à-bout jointif, qui sont fermées en resserrant les extrémités. Elles permettent une identification individuelle et permanente des oiseaux volants grâce à un fichier national regroupant les données en France. Plusieurs tailles existent pour baguer les oiseaux de différentes tailles, les diamètres varient de moins d'un millimètre entre deux tailles de bague.

Des modèles ont été créés pour que l'identification soit lisible à distance, dont le plus connu est la bague « Darvic ». Même dans le cas où l'identification n'est pas lisible à distance, la bague est souvent visible et constitue donc une marque visuelle en tant que telle.

Chez les espèces qui ne sont pas des oiseaux, les bagues sont le plus souvent utilisées de manière temporaire, leur tenue n'étant assurée que le temps d'une étude.

Ill. 7 : Bagues métalliques sur une Rousserolle effarvate (*Acrocephalus scirpaceus* à gauche) et un Cagou (*Rhynochetos jubatus* à droite). (Photos G.Schneider et A.Corbeau)

Ill. 8 : Mouettes tridactyles identifiées par une combinaison de bagues de couleur, au nid et en vol. (Photos N.Vetter)

Tableau 3 : LES BAGUES

Type de bague	**Partie du corps et matériau**	**Groupe**	**Espèces**	**Indivi-duelle**	**Perma-nente**
Bague à bout-à-bout jointif	Queue, doigt Métal	Reptiles et Amphibiens	Lézards, crapauds, grenouilles (KAPLAN, 1958)	Oui	Non
	Tarsométatarse Aileron Inox (anciennement aluminium)	Oiseaux	Tous : oiseaux marins, passereaux, vautours, perroquets, faisans etc (CALVO, 1992), manchots (SLADEN W. , 1973) (STONEHOUSE, 1999)	Oui	Oui
	Tarsométatarse Plastique		Anatidés (BALHAM, 1953)	Oui	Non
Darvic	Tarsométatarse Tibiotarse Plastique		Limicoles (WARD, 2000), vautours (BOTHA, 2007), flamants (JOHNSON, 2000)	Oui	Oui
	Aileron Plastique		Manchots (STONEHOUSE, 1999)	Oui	Non

Rapport-Gratuit.com

Bague rivetée	Tarsométatarse Tibiotarse Métal		Cigognes (JOVANI, 2005), Rapaces (HELANDER, 1985), (BILDSTEIN, 2012)	Oui	Oui
Bout-à-bout jointif	Tibia-péroné Aluminium	Mammifères	Chiroptères (GRIFFIN, 1945)	Oui	Oui
Bague extrémités courbes	Avant-bras Inox (anciennement aluminium)		Chiroptères (TRAVEL, 1946) (POPA-LISSEANU, 2009)	Oui	Oui
Bague bout-à-bout jointif	Tarse Métal		Rongeurs (TWIGG, 1975) (FULLAGAR, 1965)	Oui	?

Tableau 3 : Les références bibliographiques sont des exemples d'utilisation chez les espèces indiquées, mais les sources ne sont pas citées de manière exhaustive.

Ill. 9 : Labbes subantarctiques (*Catharacta lonnbergi*) bagués : à gauche, avec une bague métallique ; à droite, avec deux bagues de type Darvic et une bague métallique. (Photos M.Netchaïeff et C.-A.Bost)

Marques nasales : plaques et selles nasales

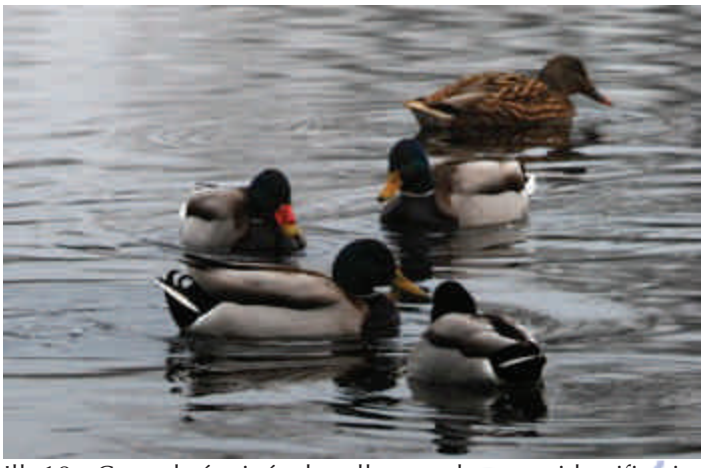
Ces types de marques sont spécialement utilisés chez les canards pour deux raisons : d'une part, ces espèces étant souvent observées à distance à la surface de l'eau, leurs tarsométatarses ne sont pas visibles, ce qui empêche la lecture de bague, d'autre part, l'anatomie de leur cavités nasales fait qu'il est possible d'attacher ces plaques sans léser de tissu.

Un fil de nylon ou autre matière plastique passé dans les narines et noué permet d'attacher les plaques ou la selle sur la partie supérieure du bec. En théorie, un modèle de selle nasale doit être adapté à la forme du bec de chaque espèce, car il est essentiel que le plastique soit ajusté au plus près du bec pour éviter l'accrochage et l'accumulation de végétaux (SILVY, 2005).

Tableau 4 : LES MARQUES NASALES

Type de marque	**Partie du corps et matériau**	**Groupe**	**Espèces**	**Indivi-duelle**	**Perma-nente**
Plaque nasale	Partie supérieure du bec Plastique	Oiseaux	Anatidés (REGEHR, 2003)	Oui	Oui
Selle nasale			Anatidés (GUILLEMAIN, 2007)		

Tableau 4 : Les références bibliographiques sont des exemples d'utilisation chez les espèces indiquées, mais les sources ne sont pas citées de manière exhaustive. La marque peut être laissée de façon permanente sur les oiseaux, mais les auteurs cités peuvent avoir retiré les marques à la fin de l'étude.



Ill. 10 : Canards équipés de selles nasales avec identification individuelle. À gauche : un Canard colvert mâle (*Anas platyrhynchos*), à droite : un Fuligule morillon mâle (*Aythyas fuligula*). (Photos P.Devoucoux)

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Harnais, dossard et ponchos

Ce type de marque est principalement utilisé chez les espèces de grande taille, même si une étude a déjà été menée chez des oiseaux-mouches (BALSTOSSER, 1978). Des harnais ont aussi été adaptés à certains ongulés. L'avantage majeur de ces marques est leur grande visibilité à distance, c'est pourquoi elles sont préférées chez les rapaces et les oiseaux évoluant au sol : cailles, perdrix et faisans. En plus de l'identification par numéro et couleur, le harnais ou poncho sert souvent à fixer un appareil télémétrique (HILL, 1999) (BÖGEL, 2005).

Tableau 5 : LES HARNAIS

Type de marque	**Partie du corps et matériau**	**Groupe**	**Espèces**	**Indivi-duelle**	**Perma-nente**
Harnais	Dos Liens en cuir	Oiseaux	Faisan, perdrix passereaux, (GESSAMAN, 1991), canards (DZUS, 1996), rapaces (KENWARD, 2001)	Oui	Non
		Mammifères	Cerfs et pécaris (BIGLER, 1966)	Oui	Non
Poncho	Dos	Oiseaux	Faisan, perdrix, gélinotte (SMALL, 1985)	Oui	Non

Tableau 5 : Les références bibliographiques sont des exemples d'utilisation chez les espèces indiquées, mais les sources ne sont pas citées de manière exhaustive.

Rubans, fanions et banderoles

Ces types de marques sont de conception très variée, puisqu'ils sont adaptés sur diverses parties du corps des animaux, parfois sur des espèces pour lesquelles aucune marque spécifique n'a été élaborée. Elles sont aussi associées ou fixées sur d'autres marques, souvent pour en augmenter la visibilité à distance.

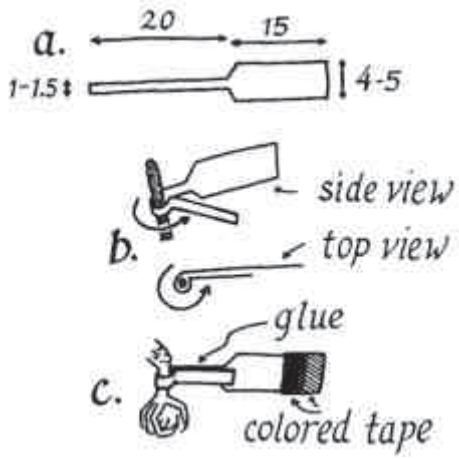


Figure 2 : Une méthode d'attache de fanion sur une bague, permettant l'identification individuelle par une combinaison de couleurs. (STILES, 1973)

Tableau 6 : LES RUBANS, FANIONS ET BANDEROLES

Type de marque	**Partie du corps et matériau**	**Groupe**	**Espèces**	**Indivi-duelle**	**Perma-nente**
Adhésif coloré	Cou Scotché	Reptiles et Amphibiens	Iguanes, lézards (MINNICH, 1972)	Oui	Non
	Carapace		Tortue ponctuée (WARD F. H., 1976)	Oui	Non
Plaque collée	Carapace Métal		Tortues terrestres (GAYMER, 1973)	Oui	?
Adhésif réfléchis -sant	Sommet de la tête Cimenté		Crapaud (ROBERTSON, 1984)	Oui	Non
Point collé	Tête, dos		Lézards (JOHNSON M. , 2005)	Oui	Non
Adhésif coloré	Œufs, apex	Oiseaux	Goélands (SILVY, 2005)	Oui	-
	Dos Collé		Goélands (poussins) (CUTHBERT, 1975)	Oui	Non
	Plumes de la queue		Passereaux (BEST, 1990)	Oui	Non

Fanion	Plumes rectrices	Oiseaux	Rapaces (KONRAD, 1986)	Oui	Non
	Cou Plastique		Faisans (SILVY, 2005)	Oui	Non
	Tarsométatarse Sur une bague		Passereaux (GUARINO, 1968)	Oui	Non
	Plumes de la queue		Faisans (SILVY, 2005)	Oui	Non
Fausse plume	Queue		Moineaux (HEYDWELLER, 1939)	Oui	Non
Adhésif coloré	Dos Plastique	Mammifères	Chiroptères (DAAN, 1969), écureuil gris	?	Non
	Piquants		Porc-épic (GRIESEMER, 1999)	Oui	Non
	Cornes		Mouflons (DAY, 1973), Bœuf musqué (JONKEL, 1975)	Oui	Non

Tableau 6 : Les références bibliographiques sont des exemples d'utilisation chez les espèces indiquées, mais les sources ne sont pas citées de manière exhaustive. Un "oui" dans la colonne du caractère individuel de l'identification ne signifie pas que les études citées en référence l'ont fait, mais que ce type de marque le permet.

Ill. 11 : À gauche : une Sterne antarctique (*Sterna vitatta*) marquée par un fanion jaune sur une bague de plastique et identifiée avec une bague métallique. À droite : lézard (*Anolis gundlachi*) identifié par un point collé sur le dos et numéroté. (Photos S.-P.Babski et M.A.Johnson (JOHNSON M. , 2005))

- Les « *tags* » - invasifs

Les marques sont qualifiées d'invasives lorsqu'elles nécessitent de faire une plaie à l'animal. Ainsi une étiquette ou médaille se distingue d'une bague ou d'un fanion par le fait que la peau est percée pour fixer l'étiquette, alors que le membre n'est qu'entouré par la bague ou le fanion.

Ill. 12 : Bouquetin des Alpes équipé de boucles colorées aux oreilles. (Photo Parc National des Écrins)

Étiquettes et médailles sont des éléments de plastique ou de métal de diverses formes qui sont fixés à l'animal par un système de perçage et de rivetage. Les médailles sont employées pour l'identification du bétail en Europe. Malgré son attache par perçage dont on espère une tenue permanente, ce type de marque est souvent perdu au bout de quelques mois ou années. L'irritation engendrée par la cicatrisation mène l'animal à se frotter exagérément, celui-ci risquant d'arracher la boucle. Puis ce risque est variable selon le comportement des individus et des espèces : le toilettage mutuel ou individuel, les combats entre mâles sont autant de causes favorisante la perte des médailles (BON, 1992).

Ill. 13 : Renard polaire équipé de boucles colorées aux oreilles. (Photo A.-M.Thierry)

Tableau 7 : LES « *TAGS* »

Partie du corps et matériau	**Groupe**	**Espèces**	**Indivi-duelle**	**Perma-nente**
Carapace	Crustacés	Crabe tanner (FUJITA, 1979)	Oui	Non
Nageoire dorsale	Poissons	Diverses (BERGMAN, 1992) (WHITE, 1972) (KOHLER, 2001)	Selon les études	Oui
Mâchoire		Salmonidés (REFSTIE, 1975)	Oui	Non
Mâchoire Métal	Reptiles et Amphibiens	Grenouilles, crapauds et serpents	Oui	Non
Palmure interdigitale, métal		Alligator (JENNINGS, 1991)	Oui	?
Musculature caudale		Serpents et tortues	Oui	Oui
Nageoire antérieure Métal ou plastique		Tortues marines (GODLEY, 2003)	Oui	Oui
Patagium	Oiseaux	Canards, corvidés (CAFFREY, 2000), grues (MELVIN, 1977), vautours (WALLACE, 1980), cailles (CARVER, 1999)	Oui	Oui
Palmure interdigitale		Canards (canetons) (BLUMS, 1997), oies adultes (COOKE F. F., 1984)	Oui	Non
Dos, épinglé Plastique,		Étourneaux (GLAHN, 1987)	Oui	Oui
Cou, épinglé Collier plastique		Bécasse d'Amérique (WESTFALL, 1972)	Oui	Non

Partie du corps et matériau	Groupe	Espèces	Indivi-duelle	Perma-nente
Sommet de la tête		Goélands	Oui	Oui
Oreilles Plastique Métal	Mammifères	Chiroptères (HOYLE, 2001), micromammifères (TWIGG, 1975), ragondins (MEYER, 2006), ongulés (KRASINSKI, 1982), carnivores (GESE, 2001)	Oui	Oui
Queue		Blaireaux (ROTHMEYER, 2002)		
Palmure interdigitale		Loutre de mer (BALLACHEY, 2003), pinnipèdes (SCHEFFER, 1950) (FORCADA, 2006)	Oui	Oui
Nageoire dorsale Plastique et métal		Cétacés (CHILVERS, 2001)	?	Oui

Tableau 7 : Les références bibliographiques sont des exemples d'utilisation chez les espèces indiquées, mais les sources ne sont pas citées de manière exhaustive.

Ill. 14 : Marque alaire fixée sur le patagium d'un Vautour fauve (*Gyps fulvus*) à gauche (Photo K.Dalle) et d'un Pigeon ramier (*Columba palumbus*) à droite. (Photo N.Netchaïeff)

Ill. 15 : Ci-dessus, "Fish-tag" placé dans la musculature dorsale d'un poisson : un numéro d'identification individuelle est inscrit sur le plastique jaune. (Photo D.Colhoun)

À droite : Otarie à fourrure Antarctique (*Arctocephalus gazella*) identifiée par une boucle bicolore à la nageoire antérieure. (Photo R.Reisinger)

iii. Les modifications d'une partie de l'animal

Ces méthodes de marquage peuvent être choisies pour leur caractère généralement plus durable, bien que des blessures naturelles et ultérieures au marquage puissent masquer une entaille ou des perforations.

Leur défaut majeur est leur caractère invasif car souvent douloureux à la réalisation de la marque, qui peut être associé à des conséquences néfastes si la cicatrisation n'a pas lieu rapidement et sans infection. En revanche, leur principal intérêt est l'absence d'objet surajouté et donc l'absence de poids ou de surface frontale supplémentaire. Lorsque des blessures naturelles sont utilisées pour identifier un animal mais que l'on n'en crée pas de nouvelles pour les besoins de l'étude, il s'agit alors d'identification comme décrit dans la partie 1.3.c (p.43)

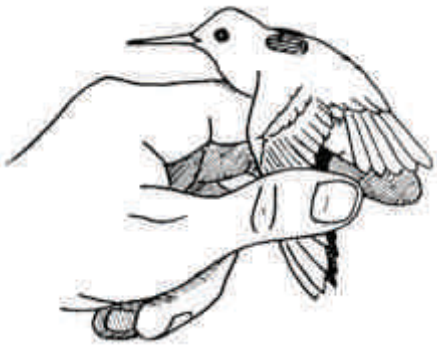
La méthode de greffe de peau qui est l'objet de cette thèse appartient à cette catégorie de marques : modification du plumage de l'oiseau par chirurgie pour un marquage permanent.

- Non invasif

Teintures et colorations

Les techniques de coloration du corps d'un animal sont souvent utilisées car pratiques à appliquer et facilement disponibles. Cette grande disponibilité correspond aux nombreux produits colorants et teintants à usages divers, mais jamais à destination d'un usage chez l'animal vivant (à l'exception des teintures pour cheveux humains). Il en résulte des signes de toxicité aiguë, irritation plus ou moins grave, qui doivent en limiter l'utilisation chez les animaux sauvages (FAIR, 2010).

Actuellement, ces techniques sont le plus souvent utilisées pour une identification temporaire avec pour avantage de ne pas avoir à re-capturer les animaux pour retirer la marque, puisque une teinture peut être volontairement choisie d'une tenue courte, adaptée à l'étude. La capture n'est pas non plus nécessaire pour l'identification, puisque les marques sont bien lisibles à distance. Dans certains cas, la peinture ou teinture peut être appliquée à distance, grâce à un *spray* (SILVY, 2005) ou à une seringue (JOB, 1995). Étant donné l'importance des motifs, des couleurs et des contrastes chez les animaux, les conséquences des colorations sur les interactions sociales sont à évaluer soigneusement.



Ill. 16 : Oiseau-mouche tenu en mains pour être marqué d'un point de peinture colorée, d'après Stiles et al. (STILES, 1973)

Tableau 8 : LES COLORATIONS

Type de coloration	**Partie du corps**	**Groupe**	**Espèces**	**Indivi-duelle**	**Perma-nente**
		Poissons	Anguille (RYAN, 1975)	?	Non
Peintures	Carapace Tête Poitrine	Reptiles et Amphibiens	Tortues (MEDICA, 1975) (BURGER, 1975), serpents,	Oui	Non

Rapport-Gratuit.com

			lézards (BROWN W. G., 1984)		
Pigments fluorescents			Salamandres (NISHIKAWA, 1988)	Oui	Non
Peintures	Dos Tête	Oiseaux	Oiseaux-mouches (STILES, 1973), cygnes (PAULLIN, 1988), phaétons (STONEHOUSE, 1962), goélands (BELANT, 1993)	Oui	Non
Acide picrique	Poitrine et ventre		Manchots (ROPERT-COUDERC, 2000)	Oui	Non
Décoloration	Rémiges Rectrices		Rapaces (SILVY, 2005)	Oui	Non
Peintures	Pelage Cornes Corps	Mammifères	Éléphant (PIENAAR, 1966) ongulés (JUNG, 2011), chiroptères (MCCRACKEN, 1991), dugong (LANYON, 2002)	Oui	Non
Teintures dont acide picrique		Mammifères	Écureuils (CLARK, 1981), phoques (JOB, 1995)	Oui	Non
Pigments fluorescents			Phoques (GRIBEN, 1984)	?	Non

Tableau 8 : Les références bibliographiques sont des exemples d'utilisation chez les espèces indiquées, mais les sources ne sont pas citées de manière exhaustive. Un "oui" dans la colonne du caractère individuel de l'identification ne signifie pas que les études citées en référence l'ont fait, mais que ce type de coloration le permet.

Ill. 17 : À gauche : Jeune Gypaète barbu (*Gypaetus barbatus*) identifié en vol par des décolorations de plumes. Les 2 rémiges primaires droites et 3 rémiges secondaires à chaque aile sont décolorées. (Photo D.Attinault)

À droite : Manchots du Cap (*Spheniscus demersus*) soignés et relâchés après avoir subi une marée noire. La peinture rose est une marque temporaire, qui sert à repérer les individus dans les jours qui suivent leur mise en liberté. (Photo J.Hrusa, IFAW)

Découpes et tonte

Des coupes de plumes et de fourrure peuvent être utilisées pour distinguer certains individus.

Chez les oiseaux, l'éventail de marques possible est lié aux plumes assez visibles pour que leur absence se remarque, ainsi qu'aux coupes faites à différentes hauteurs et selon différentes formes. Le plus souvent, les rémiges primaires ou secondaires ou les rectrices, mais aussi, selon les espèces, des plumes présentant un motif assez "remarquable". Dans le premier cas, la coupe de plumes de vol nuit à l'individu, c'est pourquoi on peut aussi remplacer les plumes coupées par des plumes colorées. Ceci a donc non seulement l'avantage de moins gêner l'oiseau et de ne pas gêner du tout son vol, mais aussi de le rendre tout aussi visible à distance. Le risque de perte de la plume n'est cependant pas négligeable, et la coloration de la plume initiale peut être envisagée.

Chez les mammifères, le motif de la tonte permet de réaliser des marques individuelles.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Tableau 9 : LES ENTAILLES ET PERFORATIONS

Type de modification	**Partie du corps**	**Groupe**	**Espèces**	**Indivi-duelle**	**Perma-nente**
Perforation d'écaille	Carapace, queue	Reptiles et Amphibiens	Serpents (BROWN W. P., 1976), tortues (MEDICA, 1975)	Oui	Selon les espèces
Coupe d'écaille	Ventre, dos de la queue		Serpents (BROWN, 1976), alligators (JENNINGS, 1991)	Oui	Oui
Plume coupée	Ailes ou queue	Oiseaux	Faisans, rapaces, frégates (SILVY, 2005), manchots (WILSON R. C., 1989)	Oui	Non
Rempla-cement de plume	Ailes ou queue		Canards (SOLWS, 1950), moineau (HEYDWELLER, 1939)	Oui	Non
Dépilation		Mammifères	Rats, phoques (SILVY, 2005)	Oui	Non
Brûler les poils			Phoques (SILVY, 2005)	Oui	Non
Tonte			Otaries (CHAPMAN, 1968), Blaireau (STEWART, 1997)	Oui	Non

Tableau 9 : Les références bibliographiques sont des exemples d'utilisation chez les espèces indiquées, mais les sources ne sont pas citées de manière exhaustive.

- Invasif

<u>Tatouages</u>

Le tatouage est une technique permettant une identification individuelle et *a priori* permanente, mais elle ne reste pas toujours lisible après plusieurs années. Elle n'est pas utile chez les oiseaux, qui n'ont pas de zone déplumée pour inscrire le tatouage.

La capture est toujours nécessaire pour la lecture du numéro d'identification, généralement de petite taille et sur une partie du corps peu observable à distance. Pour cette raison, le tatouage est parfois associé à une marque visible de loin, comme un fanion ou un collier. Pour identifier des poissons et des amphibiens plusieurs auteurs ont injecté de l'encre sous la peau pour un résultat semblable à la méthode de tatouage classique.

Tableau 10 : LES TATOUAGES

Partie du corps	**Groupe**	**Espèces**	**Individuelle**	**Permanente**
Tête, dos, queue	Poissons	Anguilles (RYAN, 1975), Saumons (DUNCAN, 1968)	Oui	?
Ventre Sous la queue	Reptiles et Amphibiens	Serpents, grenouilles, alligators (HONNEGGER, 1979)	Oui	Selon les espèces
Ventre, poussins	Oiseaux	Etourneaux (RICKLEFS, 1973)	Oui	Non
Membranes alaires	Mammifères	Chiroptères (GRIFFIN, 1934)	Oui	Non
Oreilles, lèvre, groin		Blaireaux (STEWART, 1997), ongulés (BARTUSH, 1981), ours (LENTFER, 1968), porc-épic (GRIESEMER, 1999), micro-mammifères (LECLERCQ, 2001)	Oui	Selon les études

Tableau 10 : Les références bibliographiques sont des exemples d'utilisation chez les espèces indiquées, mais les sources ne sont pas citées de manière exhaustive.

Brûlures à chaud ou à froid

La brûlure a pour intérêt d'être un marquage permanent, assez similaire au tatouage mais qui s'en distingue par le fait qu'elle est placée sur une zone du corps de l'animal qui est observable à distance, souvent sur le dos. Le caractère permanent est à modérer comme pour le tatouage, car la lisibilité de l'identification peut faire défaut au bout de plusieurs années. La limite majeure de ces méthodes est évidemment les lésions et la douleur engendrées par la brûlure, ainsi que le temps de cicatrisation. Il faut donc réserver l'utilisation de cette technique à des espèces pour lesquelles aucune autre marque n'est envisageable, à moins que l'on puisse gérer la douleur de manière adéquate.

Tableau 11 : LES BRÛLURES

Type de brûlure	**Partie du corps**	**Groupes**	**Espèces**	**Indivi-duelle**	**Perma-nente**
Froid		Poissons	Saumons (REFSTIE, 1975)	Oui	Non
Fer rouge	Ventre, carapace	Reptiles et Amphibiens	Serpents (WINNE, 2006), grenouilles (CLARK, 1971), tortues (HONNEGGER, 1979), salamandres (TABER, 1975)	Oui	Oui
Froid	Écailles sous-caudales		Serpents (LEWKE, 1974), alligators (JENNINGS, 1991), anoures (DAUGHERTY, 1976)	Oui	Non
Fer rouge	Cornes, dos, oreilles	Mammifères	Ongulés, éléphants de mer (VAN DEN HOFF, 2004), éléphants (PIENAAR, 1966)	Oui	Oui

Type de brûlure	Partie du corps	Groupes	Espèces	Indivi-duelle	Perma-nente
Froid	Dos, flancs		Cerf, rongeurs (TWIGG, 1975), dauphins, blaireaux, mangouste, chevaux, phoques (MCMAHON, 2006), chiroptères (SHERWIN, 2002)	Oui	Selon les espèces

Tableau 11 : Les références bibliographiques sont des exemples d'utilisation chez les espèces indiquées, mais les sources ne sont pas citées de manière exhaustive.

Ill. 18 : Deux otaries de Californie (*Zalophus californianus*) identifiées par un code individuel, marquées par brûlure sur le dos. Le numéro de grande taille peut être lu à distance, ce qui évite le dérangement de l'animal et garantit la sécurité de l'observateur. (Photos P.Colla)

Mutilations : entaille et amputation

Tableau 12 : LES ENTAILLES ET AMPUTATIONS

Type de mutilation	**Partie du corps**	**Groupes**	**Espèces**	**Indivi-duelle**	**Perma-nente**
Amputation	Doigt	Reptiles et Amphibiens	Grenouilles, crapauds (GITTINS, 1983), iguanes, lézards (HUDSON, 1996), alligators (JENNINGS, 1991), salamandres, tortues (CAGLE, 1939)	Oui	Oui
Perforation de palmure interdigitale	Pattes arrières		Tortues, alligator (JENNINGS, 1991)	Oui	Oui
		Oiseaux	Manchots (RICHDALE, 1951), oies (KOSSACK, 1950)	Oui	Oui
Amputation alula			Anatidés (BURGER G. G., 1970)	Non	Non
Amputation doigt		Mammifères	Lièvres, coyotes (HENSHAW, 1981), phoques (TRILLMICH, 1981), renards (ROTH, 2002), micro-mammifères (TWIGG, 1975)	Oui	Oui

Perforation de palmure interdigitale			Blaireaux (ALDOUS, 1940), ragondins (EVANS, 1972)	Oui	Oui
Arrachage	Ongle	Oiseaux	Juvéniles (ST LOUIS, 1989)	Oui	Non
Entaille	Oreilles	Mammifères	Blaireaux, micro-mammifères (TWIGG, 1975), phoques	Oui	Oui
Greffe cutanée	Sommet de la tête	Oiseaux	Goélands (juvéniles)	Non	Oui

Tableau 12 : Les références bibliographiques sont des exemples d'utilisation chez les espèces indiquées, mais les sources ne sont pas citées de manière exhaustive.

Ill. 19 : Rhinocéros identifié à distance grâce à la combinaison d'entailles faites aux oreilles lors d'une intervention chirurgicale. (Photo LRT, source : http://lowveldrhinotrust.org/)

4. Les effets des marques : un rapport bénéfice-risque à évaluer

Jusqu'au début des années 90, ces effets étaient observés de manière ponctuelle mais faisaient rarement l'objet de publication : d'après la revue de littérature de Calvo et Furness (CALVO, 1992), seules 2% des études dans lesquelles des bagues sont utilisées (soit 16 articles publiés) font mention d'un possible effet ou biais lié aux bagues, et 7% des articles contemporains de la revue de littérature de Murray et Fuller (MURRAY, 2000) (soit 16 articles) apportent des informations relatives à ces effets potentiels. Dans cette seconde revue (MURRAY, 2000), 90% des articles (soit 238 articles) ne font pas mention d'un possible effet lié aux marques (cette revue évalue les objets télémétriques en plus des marques-objets externes décrites dans la partie 1.3.c (p.46). Dans la première (CALVO, 1992), seulement 0.7% évaluent effectivement ce biais et dans la seconde.

a. Problème matériel

Dès les premiers essais de marquage, les chercheurs et naturalistes sont confrontés à des problèmes de solidité et de résistance du matériel, qui nuisent aux animaux et au déroulement de l'étude.

Les bagues utilisées par Richdale (RICHDALE, 1951), relativement étroites, se cassent sous le poids du manchot lorsque celui-ci se couche et Richdale détermine une largeur utile afin que l'aluminium résiste, sans toutefois que le tarse soit blessé par une largeur excessive. L'objectif est que le matériel dure le plus longtemps possible et il obtient des bagues résistant de deux à cinq ans selon les sols rocailleux ou sableux sur lequel les manchots évoluent.
Un autre problème récurrent est l'abrasion et la corrosion des métaux par l'eau de mer (SILVY, 2005), ou plus rarement, par les fécès des animaux équipés, dont un exemple est connu chez les vautours, dont le comportement excrétoire est assez spécifique (HENCKEL, 1976).

Avec l'expérience acquise à l'échelle de la communauté scientifique, ces problèmes deviennent de moins en moins fréquents, puisque des prototypes de marques sont ensuite validés comme moyens reconnus après plusieurs utilisations et études.

b. Effets immédiatement perceptibles et défavorables à l'animal

Puisque les marques sont posées sur des animaux afin d'obtenir des informations sur la biologie de leur espèce ou l'environnement dans lequel ils évoluent, l'hypothèse sous-jacente essentielle est que l'animal marqué se comporte de la même manière qu'un animal non marqué, et que son comportement sera représentatif du comportement de ses congénères (NIETFELD, 1994 ; DAY, 1980).
Cette hypothèse peut se vérifier en premier lieu par l'observation des animaux et la comparaison du comportement des animaux marqués et à celui des animaux non marqués. Ceci est possible si les individus sont observables, s'ils sont suffisamment nombreux, si tous les individus ne sont pas porteurs de marques, si l'observateur a suffisamment de temps ou si des observations antérieures à la période de marquage permettent de connaître le comportement de référence de l'espèce.

Ce changement de comportement est un des effets immédiats et directement perceptibles suite à la pose d'une marque, parmi lesquels on recense aussi des blessures et lésions diverses.

i. Le comportement

La capture et la manipulation sont souvent nécessaires à la pose d'une marque et peuvent avoir un effet sur l'individu. Généralement le stress dû à la capture est de relativement courte durée, alors que l'effet de la marque peut se prolonger le temps que l'animal s'adapte à cet objet.
On remarque par exemple que des manchots royaux capturés et manipulés à un instant donné sont plus réactifs à la présence humaine que leurs congénères durant les 6h qui suivent le relâcher, avec un comportement d'alerte plus marqué. Dans le but d'étudier l'habituation des manchots à la présence humaine, une équipe a comparé les distances

Rapport-Gratuit.com

de fuite dans des colonies où des captures sont régulièrement effectuées à des colonies où la présence humaine est limitée à un passage annuel (R. Groscolas, communication personnelle). Les résultats ne sont pas encore publiés.

L'effet de la capture et de la manipulation se compose du stress et de l'attention que porte l'animal à l'objet qui le marque. Par exemple, des lapins équipés de colliers passent plus de temps à se nettoyer pendant les 7 premiers jours après la capture (RACHLOW, 2014). Une autre modification du comportement est observée dans cette étude : les individus se déplacent sur de plus longues distances et évitent les zones où ils ont été capturés pendant les 4 semaines qui suivent leur capture. Cet impact est rarement étudié et les résultats de certaines études peuvent être biaisés si l'on étudie par exemple les déplacements ou les activités des individus dans les jours qui suivent leur capture. Chez d'autres espèces, cet impact pourrait être sous-estimé dans la mesure où des auteurs suggèrent que les manchots s'habitueraient au port de bagues sur une durée d'habituation bien plus longue, d'au moins un an (GAUTHIER-CLERC, 2004).

Plusieurs auteurs (CHRISTIAN, 1995 ; BEAUPRE, 1995) utilisent la comparaison entre le comportement des animaux avant et après avoir posé la marque et déterminent ainsi si l'effet peut être considéré comme négligeable ou non. Ils estiment de manière qualitative que l'effet de la marque est négligeable. Or, même si cette évaluation est importante, elle est rarement suffisante et doit être complétée « par une évaluation quantitative des effets des marques et de comparaisons des comportements avant la pose et après la pose de marque. » (MURRAY, 2000).

ii. Les lésions

Au cours des premières tentatives de marquage, on relate des blessures, souvent dues à des bords de bagues ou de colliers tranchants (COLE, 1922), en plastique ou en métal. De nos jours, les modèles de bagues en métal universellement répandus sont produits de manière fiable, spécifiquement destinés à être portés et donc non vulnérants, les bagues artisanales et potentiellement vulnérantes sont heureusement rares. Cependant,

bien que l'objet fabriqué soit relativement garanti sans risque pour l'oiseau, une mauvaise pose de la bague peut être à l'origine de blessure du tarsométatarse. En effet, une erreur fréquente est de ne pas réaliser un bord à bord parfait pour fermer la bague (North American Banding Council, 2001) ; les bords se superposant, les angles de la plaque métallique touchent la peau ou les écailles au lieu de coulisser. La réglementation du baguage et du marquage en général des animaux sauvages tend à limiter ce genre d'erreurs par une formation spécifique de la plupart des bagueurs.

Des effets de garrot sont observés de manière récurrente. Anciennement, par méconnaissance de la biométrie spécifique de l'espèce, des bagues trop serrées étaient posées "à l'essai" sur le tarsométatarse ou le tibia (JARVIS, 1970). Le gonflement physiologique des tissus mous du haut de l'aileron lors de la mue (R. Groscolas, communication personnelle et JARVIS, 1970) pourrait être à l'origine de lésions de la peau ou des autres tissus, comprimés par la bague. Face à de telles observations, il est indispensable de modifier la taille, la forme ou la structure de la bague pour les poses ultérieures et de reéquiper les individus marqués par un ancien modèle.
Face à un problème semblable chez les ongulés, Silvy (SILVY, 2005) créa un nouveau modèle de collier extensible, dont il équipa des Cerfs de Virginie (*Odocoileus virginianus*). Pendant le rut, l'encolure des mâles enfle et un collier de diamètre fixe peut entraîner des lésions. L'association d'un matériau plastique particulier et d'un assemblage de pièces particulier aboutit à un collier non vulnérant. D'autres auteurs (SMITH, 1998) ont créé un modèle de collier extensible pour les jeunes élans. Les animaux sont équipés quelques jours après la naissance et le collier est porté jusqu'à 4 ans.

Dans le cas de la formation de glace sur les marques touchant le corps de l'animal, le problème résulte en un animal blessé *et* un matériel dégradé. Ceci a été observé sur des passereaux bagués (MACDONALD, 1961) et sur des canards équipés de selles nasales (GREENWOOD, 1974). Le choix d'un matériau conducteur de chaleur permet en partie d'éviter l'adhérence de la marque à la peau.

La pousse des nouvelles plumes à la mue peut être gênée par proximité et frottement avec une marque, comme observé avec des marques alaires de type "boucles" perforant

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

le patagium (KOCHERT, 1983). Le vol, la chasse et la fuite face aux prédateurs en sont par conséquent affectés. Cependant, la comparaison faite dans une revue de littérature entre les différentes méthodes de marquage de couleur des vautours (BOTHA, 2007) aboutit à des recommandations et conclut que, dans ce cadre-là, ces boucles sont des outils adaptés et sans gêne directe pour l'individu.

On pourrait penser qu'avec les retours d'expériences accumulés depuis un siècle et la facilité de diffusion des informations, ces accidents deviendraient exceptionnels. Or des articles récents témoignent de lésions trop fréquemment observées au cours d'une étude.

Amirault et al. (AMIRAULT, 2006) ont signalé que des bagues auxiliaires en aluminium sont à l'origine de nombreuses lésions lors du baguage de Gravelots siffleurs (*Charadrius melodus*). Le taux de lésions graves (perte du pied ou d'une partie de la jambe, lésions de nécrose irréversibles) est calculé à 7,1% avec ces bagues accessoires, tandis qu'il est de 0,2% pour les autres types de bagues utilisés. L'article identifie le type de bague à l'origine des lésions et apporte des arguments quantitatifs pour dire que l'intensité des lésions et leur incidence sont inacceptables pour ces oiseaux. La publication a pour but de prévenir l'utilisation de ce type de bagues dans cette espèce et d'autres limicoles.

En 2011, Pierce et al. ont fait part des lésions dues à des bagues de couleurs posées sur des passereaux (PIERCE, 2007). Tous types de bagues confondus, le taux de lésion observé varie de 13,2% à 35,3% selon les espèces. Le type de lésions le plus fréquemment décrit (85,5% de 53 lésions) est la nécrose de la peau suite à un effet de garrot. Les lésions les plus graves (amputation du pied) sont aussi trop souvent observées : 11,3%. Il n'a pas été possible de discriminer statistiquement le type de bague à l'origine des lésions, car les observations d'individus étaient variables selon les espèces, mais sur la base de leurs observations, les auteurs ont substitué les bagues de couleur en plastique par des bagues en aluminium sans observer de lésions consécutives. Non seulement le matériau plastique, mais aussi la position de la bague (près du pied, sous une bague en métal) ainsi que l'espèce cible, d'une plus grande sensibilité sont différents facteurs qui provoquent des lésions en nombre inacceptable.

Actuellement, la plupart des études sur les effets des marques concernent les effets à long terme sur la population étudiée avec des conséquences tout aussi négatives sur la validité des résultats et leur interprétation (PETERS, 1991)

c. Effets à court terme mais imperceptibles

Toutes les actions de protection d'une espèce visent à protéger une population et non plus un individu. Ces actions de protection nécessitent une acquisition de connaissances, passant en partie par du marquage. C'est pourquoi, au delà des effets à court terme, des équipes s'intéressent d'une part, aux effets des marques qui ne sont pas directement perceptibles, d'autre part, aux effets à long terme, tous deux pouvant affecter une population et agir à l'encontre des objectifs initiaux de protection.

i. Prédation et chasse

Une marque-objet qui distingue un individu parmi ses congénères pour l'œil humain, le distingue aussi pour ses prédateurs ou ses proies. Un animal proie devient plus visible pour ses prédateurs et il est plus probable qu'il se fasse prendre qu'un de ses congénères. De manière analogue, un animal prédateur devient plus visible à ses proies et son succès de chasse est diminué. La couleur la moins pénalisante a été recherchée par divers auteurs.

Kessler a observé des différences de prédation par des rapaces sur un groupe de faisans selon les couleurs des marques visuelles (KESSLER, 1964). Ces faisans sont marqués par une médaille de couleur sur le dos, de quatre couleurs possibles. Sur cinq années de suivi, la plus grande proportion des faisans tués sont ceux portant des marques jaunes : 38% des 141 individus tués, sur un total de 728 faisans. Il explique cette différence par le fait que les faisans sont rendus plus visibles par les rapaces, ceux-ci distinguant mieux certaines couleurs – jaune, rouge – que d'autres – bleu, blanc dans cet exemple.

Chez les manchots, des auteurs ont émis l'hypothèse que la bague alaire pouvait agir comme élément signalant les oiseaux à leurs prédateurs en mer, le métal agissant comme un réflecteur (FROGET, 1998) ; FRASER, 1993).

ii. Lésions

Récemment, la mesure du tarse de passereaux au cours de leur croissance au nid a montré que le diamètre du tarse augmente après l'âge auquel les poussins sont habituellement bagués (B. Vollot, communication personnelle). La pose d'une bande de métal rigide sur un membre nu peut gêner sa croissance, léser les tissus et pénaliser l'individu à un moment critique : l'envol. Démontré chez le Moineau domestique (*Passer domesticus*), il est très probable que la croissance soit semblable chez les autres espèces de passereaux d'Europe. La taille de bague étant adaptée au diamètre du tarsométatarse d'un moineau adulte, on ne choisira pas une taille de bague supérieure, mais plutôt de baguer les poussins quelques jours plus tard, au moment de l'envol.

iii. Les dépenses énergétiques

Culik et Wilson (CULIK, 1991) ont démontré la force supplémentaire que doit fournir un Manchot Adélie (*Pygoscelis adeliae*) à qui l'on a attaché un objet. L'intérêt est d'avoir un exemple quantitatif de cet effet de résistance par l'objet lorsque le manchot se déplace sous l'eau. Cette résistance supplémentaire entraîne une augmentation de l'effort que l'individu doit fournir pour se déplacer et donc des dépenses énergétiques supérieur pour un individu marqué avec un objet par rapport à un individu non marqué. De plus, cela peut rendre ses déplacements de recherche alimentaire et sa chasse moins efficaces, affectant à long terme, sa survie.

Détecter ces effets implique de réaliser des analyses statistiques fines, puisque ceci ne dépend plus des qualités de naturaliste expérimenté et d'observateur. De plus, une certaine volonté et rigueur scientifique sont nécessaires, puisque ces problèmes ne sont connus que si une certaine taille d'échantillon est atteinte, avec une certaine puissance dans l'analyse statistique (MURRAY, 2000).

d. Effets à long terme

En écologie, la "bonne santé" d'une population correspond à la capacité des individus à engendrer des descendants féconds, appelée "*fitness*" (MCGRAW, 1996). Pour

quantifier cette qualité, il faut calculer le taux de survie des individus, leur taux de reproduction ainsi que le taux de reproduction de leurs descendants. Cela est rarement fait en pratique et les effets à long terme des marques sont généralement évalués par la survie des individus.

Lorsque la survie d'un individu est modifiée parce qu'il porte une marque, la survie est diminuée de manière indirecte. Ainsi, une augmentation des dépenses énergétiques nécessaire dans la recherche de nourriture ou un succès reproducteur plus faible peuvent être à l'origine de la diminution de la survie, avec des conséquences possibles sur la "fitness". La survie d'un jeune peut aussi être diminuée le comportement de ses parents est modifié vis-à-vis de ses congénères ou de ses prédateurs.

Par exemple chez la Bernache du Canada, le taux de survie a été comparé entre des individus identifiés par un collier et des individus bagués (SAMUEL, 1990). Les auteurs ne trouvent pas de différence significative entre les taux de survie des adultes, mais la survie des jeunes oies équipées de colliers est plus faible que celle des jeunes oies baguées. Cependant, d'autres auteurs comparant ces deux types de marques chez la même espèce démontrent que les colliers ont un impact négatif sur la survie d'individus adultes (ALISAUSKAS, 2002). De nombreuses études publiées sur les effets des marques sur la survie des individus et comparent les effets d'une méthode de marquage par rapport à une autre, mais il est souvent impossible de comparer les individus marqués à un groupe ne portant pas de marque.

Dans le cas des manchots, l'effet dominant des marques diminuant la survie est lié à l'augmentation des dépenses énergétiques sous l'eau par un effet de résistance de l'objet. L'utilisation de transpondeurs, placé en position sous-cutanée, pour identifier individuellement les oiseaux a permis à certaines équipes de recherche de comparer les taux de survie d'individus bagués et d'individus ne portant aucun objet extérieurement (SARAUX, 2011).

2. Les manchots : spécificités biologiques et techniques de marquage possibles

1. Biologie des espèces étudiées et spécificités

a. Distribution, habitat et cycle de vie

i. Les manchots

Incapables de voler, les manchots se déplacent en nageant ou en marchant. Leurs ailerons et leur posture bipède à terre sont des caractéristiques qui les distinguent des autres oiseaux et qui les ont fait connaître du grand public.

- Distribution

Les manchots sont des oiseaux marins qui vivent dans l'hémisphère sud. Les 18 espèces se répartissent sur tous les continents, à des latitudes allant de la zone équatoriale (Manchot des Galapagos *Spheniscus mendiculus*) à l'Antarctique (Manchot empereur *Aptenodytes forsteri*, Manchot Adélie *Pygoscelis adeliae*, Manchot à jugulaire *Pygoscelis antarcticus*). Une espèce est présente sur les îles sub-antarctiques et sur la péninsule Antarctique : le Manchot papou (*Pygoscelis papua*). Les populations des 13 autres espèces sont établies sur des îles et sur les côtes Africaines, Australiennes, Sud-Américaines et sub-antarctiques.

- Statuts

Douze des 18 espèces de manchots sont classées sur la liste rouge de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (U.I.C.N.[2]) avec un degré de préoccupation variable (UICN) (THIEBOT, 2011). Parmi elles, 5 espèces sont dites en danger[3] sur les critères de la très petite zone de distribution géographique de l'espèce, du faible nombre d'individus et de la diminution des effectifs : le Manchot antipode ou

[2] L'Union Internationale pour la Conservation de la Nature est une organisation non gouvernementale mondiale, qui œuvre pour valoriser et protéger la nature.

[3] "En danger" est le 4ème niveau sur les 7 statuts définis par l'UICN ; le 1er est "de préoccupation mineure" et le 7ème est "éteint".

Manchot à œil jaune (*Megadyptes antipodes*), le Gorfou sauteur du nord (*Eudyptes moseleyi*), le Manchot des Galapagos, le Manchot du Cap (*Spheniscus demersus*) et le Gorfou huppé (*Eudyptes sclateri*).
À l'échelle nationale, les manchots sont placés sous les réglementations des pays où se trouvent leurs colonies, ainsi que sous la réglementation du Traité de l'Antarctique, régissant les activités humaines sur ce continent.

Au-delà des aspects réglementaires, les manchots sont perçus comme des espèces très avenantes par le grand public (DAVIS, 2003), surtout lorsque les oiseaux ont un plumage coloré de couleurs chaudes (STOKES, 2007). Cet élément d'ordre affectif et social a son importance dans les réflexions sur les priorités de protection des espèces.

- Habitats

Les manchots sont inféodés au milieu marin. Les colonies se forment lorsqu'ils sont à terre pendant la période allant de la mue à la reproduction, c'est-à-dire de la parade à l'élevage du jeune. À terre, les colonies sont de tailles différentes selon les espèces et les lieux et sur des terrains très variés : des pentes herbeuses (Manchot papou – *Pygoscelis papua*), des plages de sable (Manchot royal), des falaises (Gorfou sauteur - *Eudyptes chrysocome*), de la banquise (Manchot empereur – *Aptenodytes forsteri*), des zones de dunes (Manchot du Cap) ou de forêt (Manchot antipode). Certaines espèces nichent en terrier, comme le Manchot du Cap, tandis que d'autres nichent au sol, soit en construisant un nid (Manchot Adélie), soit sans construction (Manchot royal).

En mer, un manchot effectue des trajets réguliers lorsqu'il s'agit de nourrir le (ou les) poussin(s) et de reconstituer ses réserves corporelles pendant la période de reproduction. D'autres types de trajets ont lieu en hiver : le manchot ne fait plus d'escale régulière à terre et passe plusieurs semaines consécutives en mer. Les activités des manchots à cette saison sont moins connues, du fait des difficultés de suivi des oiseaux sur une longue période et au large.

Si toutes les espèces de manchots appartiennent à une même famille, les Sphéniscidés, chacune a une biologie et un cycle de vie particulier. Au vu de cette diversité, nous ne

détaillons que le cycle de vie et la reproduction de l'espèce étudiée dans la partie expérimentale : le Manchot royal.

ii. Le Manchot royal

- Distribution

Le Manchot royal a une distribution circumpolaire subantarctique et se reproduit sur les côtes des îles subantarctiques. Ces îles se répartissent de 45° S à 58° S, la Géorgie du Sud étant la plus haute latitude où des colonies sont connues (OLSSON, 1996). On ne parle de colonie que lorsqu'une reproduction est menée à bien. Des regroupements d'individus en mue sont observés sur d'autres zones, où des pontes et incubations peuvent avoir lieu, sans aboutir à l'élevage de poussins. En mer, le Manchot royal se déplace bien plus au sud dans l'océan. Des individus isolés sont observés de manière occasionnelle au-delà des limites de la zone de distribution, en Antarctique et en Nouvelle-Zélande.

Figure 3 : Les zones de reproduction du Manchot royal, en orange. Les autres espèces de manchots se repartissent sur les zones en bleu turquoise. Source : PenguinWorld, 2014

- Effectifs

La population mondiale de manchots royaux est estimée à 1 600 000 couples en 2001 (WOEHLER, 2001). Le nombre total d'individus dépasse donc probablement 3 500 000 manchots royaux. La plus grande population est celle formée par les colonies de l'archipel Crozet (46° S, 51° E), principalement sur l'île aux Cochons. Environ 800 000 couples se rassemblent dans une colonie sur cette île.

- Statuts

Selon le classement sur la liste rouge de l'UICN, le Manchot royal ainsi que 3 autres espèces de manchots sont dites de préoccupation mineure (UICN).
En France, toutes les colonies de manchots royaux sont dans les Terres Australes et Antarctiques Françaises (T.A.A.F.[4]). Cette espèce est protégée sur ces territoires[5], où s'applique de plus la réglementation liée au statut de Réserve Naturelle Nationale depuis 2008. Les activités humaines dans les T.A.A.F. étant entièrement dédiées à la recherche scientifique, de nombreuses expérimentations sont organisées sur les espèces animales qui y vivent. Ces activités sont souvent en désaccord avec la réglementation nationale, c'est pourquoi elles doivent être étudiées et validées par le comité d'éthique polaire (C.E.P.) de l'Institut polaire français Paul-Emile Victor (I.P.E.V.[6]).

- Description

C'est la deuxième plus grande espèce de manchot après le Manchot empereur. Le corps mesure de 85 à 95 centimètres de long en moyenne, de la pointe du bec au "talon" (articulation entre le tarsométatarse et les phalanges) (WEIMERSKIRCH, 1992). La longueur de l'aileron est de 32 cm en moyenne (longueur totale, de l'insertion à l'extrémité des phalanges) (PINCEMY, 2009); l'envergure est une mesure rarement utilisée. Les adultes pèsent de 8 à 16 kg selon la période de l'année et la durée du

[4] Les Terres Australes et Antarctiques Françaises sont des territoires français, et une collectivité territoriale ultra-marine composée de 3 archipels situés dans l'Océan Indien : Saint-Paul et Amsterdam, Kerguelen, Crozet.

[5] Le statut d'espèce protégé a été attribué au Manchot royal dans l'arrêté ministériel du 4 août 1998.

[6] L'Institut polaire français Paul-Emile Victor a pour rôle d'offrir les moyens humains, logistiques, techniques et financiers nécessaires au développement de la recherche française dans les régions polaires.

Rapport-Gratuit.com

jeûne, et 12 kg en moyenne. Le poids maximal est atteint avant la mue. Pendant l'incubation, un manchot peut jeûner plus de trois semaines, puis partir se nourrir en mer lorsqu'il pèse moins de 10 kg, et revenir à terre après avoir reconstitué ses réserves corporelles et stocké de la nourriture dans l'estomac pour nourrir le poussin.

Il n'y a pas de dimorphisme sexuel. Le plumage est uniformément gris foncé sur la face dorsale de l'oiseau, de la nuque à la queue ainsi que le dessus des ailerons. La gorge, le haut de la poitrine et les côtés de la tête sont colorés en dégradés de jaune à orange intense, bordés d'une ligne de plumes noires. La tête est noire en dehors des zones colorées. Le thorax, le ventre et le dessous des ailerons sont blancs.
Le bec est noir avec une plage orange sur le côté de la mandibule inférieure, appelée le sulcus. Les pieds sont noirs.
Chez le jeune adulte qui n'est pas encore reproducteur, les zones colorées sont jaunes et plus pâles que chez les manchots plus âgés.
Le poussin est en duvet tant qu'il reste à terre, pendant 14 mois en moyenne. Il change plusieurs fois de duvet au cours de sa croissance, les premiers sont gris et courts tandis que les plumes de duvet à partir de 2 mois sont bruns et plus longs qu'une plume d'adulte.
Bien qu'il n'y ait pas de différence évidente entre les mâles et les femelles, la distinction entre les sexes peut se faire sur le terrain grâce au comportement et au chant (DERENNE, 1979). Le chant de la femelle est plus aigu et saccadé que celui du mâle dans les chants de reconnaissance des partenaires sur l'emplacement du nid. Chez le Manchot empereur, Jouventin a identifié le chant de la femelle comme étant plus complexe que celui du mâle (JOUVENTIN, 1972) : certaines séquences ont été identifiées comme caractéristiques d'un sexe et d'autres, caractéristiques de l'individu. D'après des études récentes, il en est de même chez le Manchot royal (Y. Handrich, comm. pers.).

Ill. 20 : Deux manchots royaux en plumage typique d'adulte, préparant leur mue. (Photo : M.Netchaïeff)

La biométrie ne permet pas d'identifier le sexe de tous les individus, car il existe une plage de superposition des tailles pour une partie des individus (PINCEMY, 2009). Les mesures prises sont la longueur de l'aileron, la longueur du culmen ou de toute la partie supérieure du bec.

- Régime alimentaire

Le Manchot royal est un prédateur qui se nourrit uniquement en mer, en capturant ses proies lors des plongées. Ses proies sont en grande majorité des poissons de la famille des Myctophidés ; selon Adams et Klages (ADAMS, 1987), ils représentent 87% de son régime alimentaire en terme de masse ingérée et 75% en nombre de proies capturées. Ses autres proies sont des poissons d'autres familles, des calmars et du krill (macrozooplancton) (CHEREL, 2002).
Le régime alimentaire de cette espèce est surtout connu en été au cours de la période de reproduction, pour des individus reproducteurs. Lorsque l'on utilise la méthode de vidange gastrique, le contenu analysé correspond à la nourriture qui serait donnée au poussin, nourri par régurgitation des parents. Il se peut que la nourriture du Manchot royal adulte diffère légèrement entre les proies mangées pour reconstituer ses réserves corporelles et les proies destinées au poussin (CHEREL, 2010). Les calmars sont trouvés en proportion plus importante l'hiver que pendant la période d'élevage, alors que la masse du contenu gastrique est moins importante (ADAMS, 1987).
Des différences dans les espèces capturées par les manchots royaux sont également remarquées selon la localisation des colonies (HINDELL, 1988 ; ADAMS, 1987 ; CHEREL, 1993).

- Habitat

L'habitat du Manchot royal à l'âge adulte est partagé entre l'océan et la colonie à terre.
À terre, les manchots royaux se regroupent en colonies sur des plages de sable et aux embouchures de rivières. Ils nichent au sol sans aucune construction, l'emplacement du nid étant défini par la zone que le manchot est capable de défendre vis-à-vis de ses congénères. Ceci représente une surface d'environ un quart de mètre carré.

Rapport gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

L'emplacement peut donc varier au cours de la saison, se déplaçant vers le centre ou la périphérie de la colonie, suivant les installations des couples reproducteurs voisins. La taille et la topographie des lieux où se situent les colonies sont variables : certaines sont longues de plus d'un kilomètre et plates (Ratmanoff, sur l'archipel de Kerguelen, 49°40' S, 70°34' E), d'autres sont dans des zones plus escarpées, (Jardin Japonais, sur les Iles Crozet, 46°38' S, 51°68' E). La majorité des manchots royaux nichent sur du sable, mais certains nichent sur de la végétation herbacée (graminées de la famille des Poacées), généralement lorsqu'ils sont en bordure de colonie ou sur des galets de lit de rivière.

L'océan est utilisé de plusieurs manières par les manchots royaux. Pendant l'incubation et l'élevage du poussin, les adultes[7] nagent depuis la côte de la colonie jusqu'au niveau du front polaire antarctique (PÜTZ, 2002). Leurs proies y sont les plus abondantes et également plus accessibles car plus proches de la surface (JOUVENTIN, 1994). Les manchots royaux effectuent très rapidement les kilomètres les plus proches de la côte, se déplaçant par des plongées de moins de 20 m de profondeur. Les quelques plongées profondes leurs servent à explorer le milieu (KOOYMAN, 1992). Lorsqu'ils sont dans la zone du front polaire antarctique, les plongées sont beaucoup plus nombreuses, entre 50 et 200 m de profondeur environ (BOST, 2007). La quête alimentaire est alors leur seule activité, dure toute la journée (PÜTZ, 1994) et se fait sur une plus petite zone. A cet endroit, les déplacements horizontaux des manchots royaux (vus du ciel) sont donc de plus courte distance, alors que le nombre de kilomètres réellement parcourus sous l'eau par un individu est très élevé ! En plus de reconstituer ses réserves corporelles, le manchot constitue des réserves d'aliment dans son estomac qui sont régurgitées, une fois de retour à la colonie, pour nourrir le poussin. Dans le cas des manchots qui se reproduisent dans l'archipel des Iles Crozet, les individus reproducteurs parcourent à grande échelle plusieurs centaines de kilomètres vers le sud, de 200 à 600 kilomètres selon les années (BOST, 1997), soit 3 à 6 degrés de latitude environ à vol d'oiseau.

En dehors de la période de reproduction ou pendant l'hiver, les déplacements sont moins connus (BOST, 2004). Les adultes passent plus de 80% de leur temps en mer et y

[7] Dans le cas des individus des archipels Crozet et Kerguelen dans l'Océan Indien et des Îles Falklands et de la Géorgie du Sud dans l'Océan Atlantique.

restent plusieurs semaines consécutives sans revenir à terre (DESCAMPS, 2002). Certains individus reviennent nourrir leur poussin à la colonie de manière rare et irrégulière (CHEREL, 1987 ; WEIMERSKIRCH, 1992 ; DESCAMPS, 2002). Il se peut que d'autres zones côtières et la banquise antarctique soient utilisées par les manchots royaux l'hiver (BOST, 2004).
Les déplacements et les activités des jeunes oiseaux émancipés mais non encore reproducteurs, pendant leurs premières années de vie, sont très peu connus. Des jeunes ont été équipés récemment pour un suivi de trois ans, afin de connaître leur comportement en mer (Y. Handrich, communication personnelle).

- Prédateurs

Le Manchot royal est un prédateur supérieur (BOST, 1997 ; DELORD, 2013), il a peu de prédateurs à l'âge adulte, mais une part importante de la mortalité des poussins est due à la prédation. Des oiseaux charognards cohabitent avec les manchots dans les colonies et sont aussi prédateurs terrestres dans certains cas : deux espèces de pétrels géants, Pétrel géant antarctique (*Macronectes giganteus*) et Pétrel de Hall (*Macronectes halli*), le Labbe brun ou skua (*Catharacta lonnbergi*) et le Goéland dominicain (*Larus dominicanus*) (HUNTER, 1991). Un jeune poussin ou un œuf peut être attaqué s'il n'est plus protégé par ses parents. L'adulte peut partir en mer avant le retour de son partenaire à l'emplacement de la ponte ou concentrer son attention sur la défense de son territoire face à ses congénères. Les poussins plus âgés ne sont que les proies des prédateurs de grande taille : les pétrels géants (DESCAMPS, 2005). Lorsque les poussins se rassemblent en crèches, les attaques de prédateurs concernent principalement les oiseaux en périphérie du groupe et les oiseaux affaiblis par un jeûne trop long.

À terre, les adultes dans un état de santé correct n'ont pas de prédateurs. Les oiseaux charognards cités ci-dessus attaquent fréquemment les adultes blessés. En mer, les prédateurs sont des mammifères marins : l'Otarie de Kerguelen (*Arctocephalus gazella*) (CHARBONNIER, 2010) et l'Otarie à fourrure subantarctique (*Arctocephalus tropicalis)*, l'Orque (REISINGER, 2011) et le Léopard de mer (BORSA, 1990). Rarement, ces prédateurs attaquent des manchots royaux à terre (CHARBONNIER, 2010).

- Cycle de vie et reproduction

Le Manchot royal est une espèce longévive qui élève un poussin par an. La première reproduction est tardive, à 4 ou 5 ans et la durée d'élevage du jeune relativement longue (JOUVENTIN, 1981) (CROXALL, 1999).

Les étapes successives du cycle s'étalent sur des durées relativement longues et se chevauchent, entraînant une grande hétérogénéité au sein d'une même colonie. À une même date, des individus pondent alors que d'autres sont au stade de la mue ou de la parade. On distingue ainsi les individus entamant précocement la reproduction, appelés "early breeders", de ceux qui commencent plus tard dans la saison, appelés "late breeders".

Chronologie

La reproduction commence par la parade des adultes sur le lieu de la colonie. Les individus se déplacent avec une marche caractéristique et chantent fréquemment pour attirer un partenaire. Une fois le couple constitué, les manchots choisissent un emplacement de ponte. On ne parle pas de nid dans la mesure où il n'y a aucune construction par les manchots, mais un espace de localisation variable au cours de la saison, défini comme une zone défendue par le couple ou un des parents. Après l'accouplement, la femelle pont un œuf sur ses pattes, qui isolent l'œuf du sol. Chez le Manchot royal, la plaque incubatrice est un repli de peau suffisamment développé pour recouvrir entièrement l'œuf et le maintenir à une température plus élevée que la température extérieure (HANDRICH, 1989). Peu de temps après la ponte, le mâle prend en charge l'incubation et la femelle part en mer pour reconstituer ses réserves énergétiques.

Ill. 21 : Couple de manchots royaux juste après s'être transmis l'œuf : on voit l'œuf posé sur les pieds et recouvert par la peau de la plaque incubatrice. (Photo M.Netchaïeff)

Pendant plus d'un mois, le mâle et la femelle alternent des périodes de jeûne sur le nid à couver l'œuf ou le poussin, avec des périodes en mer pour se nourrir et accumuler des réserves adipeuses en prévision du jeûne à venir (BARRAT, 1976). La durée de ces périodes est plus longue en début de cycle avec l'œuf ou le jeune poussin qu'en fin de saison avec le poussin plus âgé (WEIMERSKIRCH, 1992 ; VAN HEEZIK, 1994). Une des explications est que le poussin en croissance a besoin de plus en plus de nourriture par jour et qu'un des parents en apporte toujours la même quantité après un trajet en mer, la durée pendant laquelle il peut nourrir son poussin est donc de plus en plus courte.

Ill. 22 : Poussin de Manchot royal âgé d'environ deux semaines et gardé par un de ses parents. (Photo M.Netchaïeff)

On estime que le jeûne du mâle au moment de la parade est beaucoup plus long que celui de la femelle et dure plus d'un mois (CROXALL, 1999 ; WILLIAMS, 1995). La durée d'un trajet en mer et du jeûne du partenaire est de 2 à 3 semaines au cours de l'incubation puis de moins d'une semaine au début de l'élevage.

À partir de l'âge d'un mois environ, le poussin peut rester seul à la colonie. Il est suffisamment âgé pour ne plus avoir besoin d'être réchauffé par un des adultes. À ce stade de croissance, les poussins d'une même zone de la colonie se regroupent en crèches dont le nombre d'individus augmente au cours de la saison. Ce rassemblement limite le risque de prédation et les pertes thermiques. Les poussins nés tardivement dans la saison se rassemblent plus jeunes que les poussins nés plus tôt.

Tant que le poussin est couvé, les parents ne sont ensemble sur l'emplacement que pendant quelques heures à deux jours. Lorsqu'il est laissé avec les autres poussins, les parents interrompent l'alternance entre jeûne et trajets en mer et ne passent plus que quelques heures avec le poussin pour le nourrir.

Le poussin est nourri par régurgitation de proies conservées et non digérées dans l'estomac des adultes. Il est nourri plusieurs fois par jour après avoir stimulé l'adulte qui le couve par des cris et un comportement explicite.

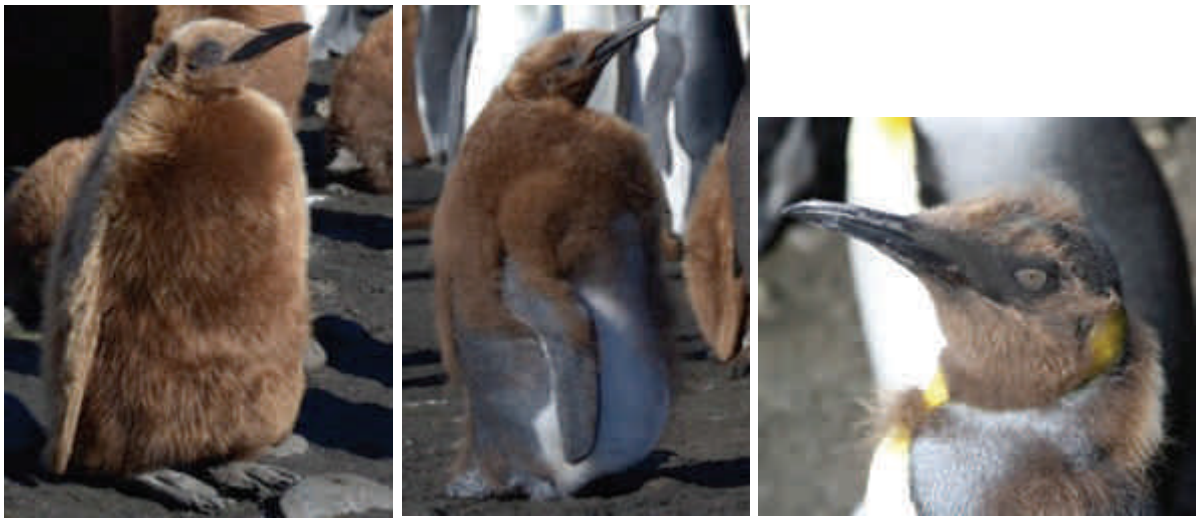
On observe que l'adulte de retour à terre retrouve son emplacement et son partenaire de deux manières. À grande échelle, il marche jusqu'à la zone de la colonie où se trouve son emplacement "de mémoire" puis il précise sa localisation grâce au chant. Le chant de réponse de son partenaire lui permet de trouver précisément son emplacement. Une fois dans la crèche, le poussin est également retrouvé par ses parents grâce au chant (LENGAGNE, 1999).

À partir de la fin de l'été, les poussins sont nourris de moins en moins fréquemment, à l'âge de 2 à 5 mois en fonction de leur naissance précoce ou tardive. La majorité jeûne pendant 4 mois (WEIMERSKIRCH, 1992) de mai à août, si aucun adulte ne vient le nourrir et s'ils ont suffisamment de réserves corporelles pour survivre. Les autres poussins sont nourris une ou deux fois. La colonie est alors occupée par les poussins rassemblés en grands groupes, les crèches, se protégeant ainsi du froid et des prédateurs. Très peu d'adultes sont présents.

À la fin de l'hiver, les adultes nourrissent plus fréquemment leur poussin. Les couples qui élèvent un poussin se désynchronisent lorsque l'un des deux partenaires commence sa mue. Après la mue, les mâles partent en mer se nourrir en prévision du long jeûne de début d'incubation.

Les poussins sont encore nourris par certains parents, reprennent leur croissance et accumulent des réserves énergétiques À partir d'octobre, pour les plus précoces et jusqu'en décembre, les poussins muent et acquièrent leur premier plumage en jeûnant.

Ill. 23 : Manchots royaux : l'individu à gauche de la photo est en fin de mue, les plumes de la poitrine et du ventre sont les dernières à être remplacées. (Photo M.Netchaïeff)



Ill. 24 : Poussins de Manchot royal âgés d'environ un an, l'un complètement en duvet (à gauche), l'autre en mue, la moitié du corps est recouvert de plumes d'adulte (au centre). Sur le poussin de droite, on distingue les plumes jaunes caractéristiques du plumage adulte sous les dernières plumes de duvet. (Photos M.Netchaïeff)

Cycle

Quatorze mois sont nécessaires pour que deux individus mènent à bien une reproduction, de la parade à l'émancipation du poussin. La fin de la croissance du poussin a donc lieu à un moment où d'autres adultes paradent déjà. Ainsi, si un individu parade et couve tôt dans la saison une première année, la période de la parade l'année suivante débute plus d'un an après et sa reproduction est tardive dans cette deuxième année. D'autres individus de la même colonie, dont le poussin a été prélevé par un prédateur par exemple, ont terminé plus tôt l'élevage et leur saison de reproduction a duré moins de 12 mois la première année. Ils peuvent donc parader et commencer une nouvelle reproduction la deuxième année dès novembre, plus tôt que leurs congénères qui ont élevé un poussin jusqu'à son émancipation.

CYCLE DE REPRODUCTION DU MANCHOT ROYAL

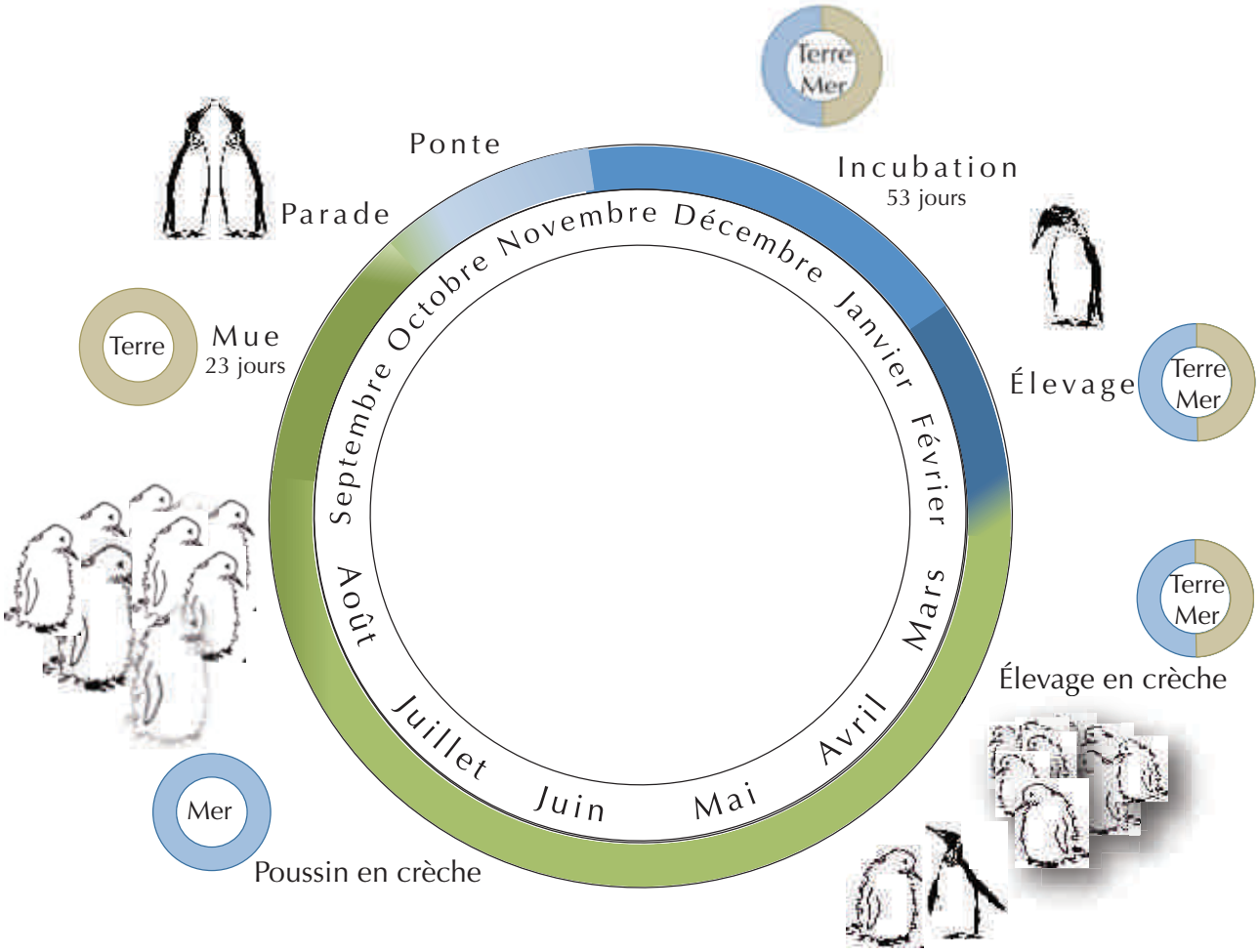


Figure 4 : Cycle de reproduction du Manchot royal. Lorsque le poussin survit, l'élevage du poussin à la fin de l'hiver se poursuit jusqu'à l'été suivant, pendant la deuxième année de vie du poussin. Le début de la reproduction commence donc plus tard, jusqu'à 15 mois après la ponte, après l'indépendance du poussin.

Légende :

Adultes reproducteurs

Poussin en duvet, pas encore indépendant

Proportion du temps passé en mer (en bleu) et à terre (en brun) par chaque adulte reproducteur au cours des différents stades de la reproduction.

DÉSYNCHRONISATION DE LA REPRODUCTION ENTRE LES INDIVIDUS D'UNE MÊME COLONIE

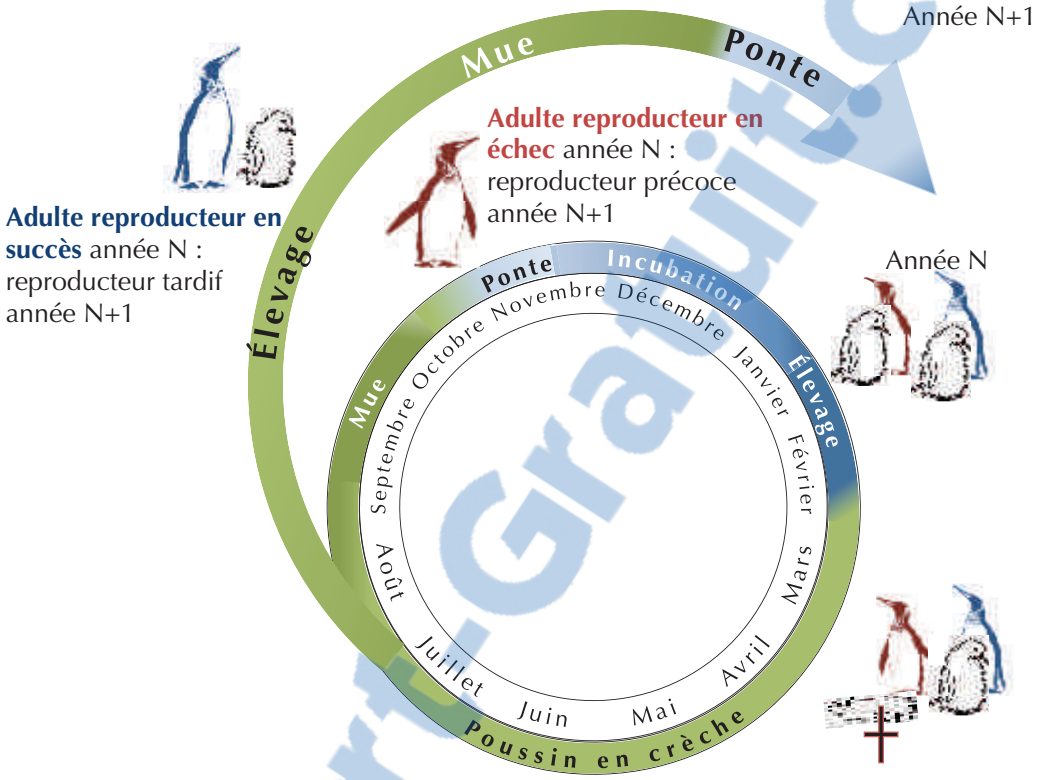


Figure 5 : La période de début de la reproduction dépend du succès ou de l'échec reproducteur de l'année précédente. À l'échelle de la colonie, on observe une grande hétérogénéité des stades à une même date. Des individus d'une même colonie peuvent pondre à 3 mois d'intervalle la même année.

Légende :

Adultes reproducteurs

Poussin en duvet, pas encore indépendant

Rapport-Gratuit.com

Paramètres de reproduction

Le Manchot royal pond un seul œuf et élève un poussin par an au maximum. Certains auteurs (OLSSON, 1996) ont montré qu'une reproduction ne peut pas aboutir à l'élevage d'un poussin deux années successives. Les individus qui ont élevé un poussin une année n'arriveront pas à mener à bien une seconde reproduction car celle-ci est commencée trop tard dans l'été. D'autres (VAN HEEZIK, 1994) ont montré que cette régularité biennale n'est pas systématique, un manchot peut élever un poussin plus que deux années de suite, mais la probabilité qu'il élève un poussin pendant plusieurs années consécutives décroît avec le temps.
Chaque année, un même individu parade, choisit un partenaire, puis choisit un site de ponte. Les manchots royaux tentent donc effectivement d'élever un poussin chaque année mais certaines années, la reproduction s'arrête à l'étape de la parade, de la ponte ou de l'éclosion.

L'œuf pèse 320 g en moyenne et mesure 9 cm par 5 cm sur ses plus grandes dimensions (WILLIAMS, 1995). L'incubation dure 54 jours en moyenne. La croissance du poussin est de 80 g par jour en moyenne (CHEREL, 1992).

Les jeunes adultes, pas encore reproducteurs, reviennent chaque année à terre pour muer. La première tentative de reproduction a lieu dans la colonie de naissance, à l'âge de 6 ans en moyenne (CROXALL, 1999), parfois à 4 ou 5 ans (WEIMERSKIRCH, 1992). Selon les auteurs, la mue dure entre 23 (DESCAMPS, 2002) et 31 jours en moyenne (WILLIAMS, 1995).

b. Prédateur, plongeur, marcheur : quelle importance et quelles contraintes pour les marques visuelles ?

Dans cette partie sont présentées certaines caractéristiques des manchots qui sont particulièrement importantes lorsque l'on souhaite les marquer. Ces caractéristiques peuvent être des contraintes pour le choix du type de bague, le matériau dont elle est faite, l'endroit et la période auxquels on peut équiper l'individu.

Les manchots ont certaines caractéristiques anatomiques, physiologiques et comportementales qui les rapprochent d'autres animaux plongeurs comme les pinnipèdes ou les cétacés et les distinguent des oiseaux volants (KOOYMANS, 1998 ; BUTLER, 1995).

i. Un prédateur

Les manchots sont des prédateurs, se nourrissant de krill ou de poissons selon les espèces. Le Manchot royal se nourrit majoritairement de poissons mésopélagiques[8] de la famille des Myctophidés. On a démontré récemment que les manchots pygmées chassent en groupe (BERLINCOURT, 2014), ce qui est aussi supposé chez les manchots royaux, une fois qu'ils sont sur une zone où les proies sont nombreuses (TREMBLAY, 1999).

Sa technique de chasse se compose d'approches pour encercler le banc de poissons et les poissons sont attrapés par en dessous, en remontant dans l'eau. On suppose qu'en terme de métabolisme, le manchot est plus efficace en remontée qu'en descente car la flottabilité de son corps lui permet de dépenser moins d'énergie pour une même distance parcourue. En terme de comportement dans cette situation, le manchot expose son dos gris sombre du côté du banc de poissons, ce qui le rend moins visible pour les proies qu'en chassant par-dessus en exposant son ventre blanc (CAIRNS, 1986 ; WILSON, 1987).

Toute marque qui est un objet extérieur est susceptible d'une part, d'augmenter la résistance du corps du manchot dans l'eau et d'autre part, de diminuer sa flottabilité. Il en résulte des efforts plus importants de la part d'un individu marqué pour obtenir le

[8] Mésopélagique : qui vit à moyenne profondeur dans l'océan, soit autour de 200 m de profondeur.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

même résultat qu'un individu sans marque, ou une efficacité plus faible dans ses déplacements sous l'eau. Sa chasse est moins efficace, donc la restauration de ses réserves énergétiques plus lente. À long terme, cela peut affecter sa survie et en période de reproduction, celle de son partenaire et celle de son poussin (CROLL, 1991).

En ce qui concerne le comportement du manchot vis-à-vis de ses proies, la couleur, la matière et la position de la marque sur le corps du manchot sont susceptibles d'augmenter sa visibilité. Le métal peut réfléchir la lumière sous l'eau et signaler le prédateur aux poissons, ainsi que Fraser et Trivelpiece le supposent (FRASER, 1993). Le métal était très utilisé pour les bagues permanentes à l'aileron, anciennement en aluminium et plus récemment en inox. L'avantage de cette matière est sa résistance à long terme pour un objet de si petite taille. Bien que certains individus portent encore ce type de bague, il n'y a plus, à notre connaissance, de pose de bague en métal chez les manchots.
Une marque de couleur contrastée sur la silhouette dorsale grise et uniforme peut aussi le rendre plus visible aux proies. L'intérêt d'une marque de couleur claire pour plus de contraste avec le gris du dos est que l'oiseau soit plus visible à terre pour l'observateur humain.

ii. Un plongeur

Tous les manchots sont des plongeurs, en lien avec leur habitat et leur nourriture. Chez le Manchot royal, les plus grandes distances sont parcourues en plongeant à faible profondeur, tandis que la capture des proies a lieu au cours de plongées profondes.

La silhouette fuselée d'un manchot, son corps trapu et les particularités de son plumage sont des caractéristiques d'un animal plongeur. Les plumes sont très courtes et densément réparties sur le corps, ne laissant pas de zone où la peau est nue[9], contrairement aux oiseaux volants. Lorsque l'oiseau plonge, cela assure l'étanchéité du plumage avec d'autres éléments comme le dépôt de la sécrétion grasse produite par les

[9] La présence de peau nue entre les plumes est appelée aptérilie, qui n'existe pas chez les manchots. Seule la plaque incubatrice est dépourvue de plumes.

glandes uropygiennes lors du lissage du plumage. D'autre part, cela isole de la température extérieure et évite des dépenses énergétiques trop importantes par temps froid pour contrer les pertes de chaleur. Son squelette n'est pas constitué d'os pneumatisés[10] (VAN HEEZIK, 1994) contrairement aux oiseaux volants, son corps est donc relativement plus dense, ce qui diminue sa flottabilité. Enfin, sa silhouette, ses courtes plumes et sa stature verticale à terre contribuent à un corps hydrodynamique (CULIK, 1994 ; BANNASCH, 1994).

Certaines marques sont fixées aux plumes par de l'adhésif Tesatape© (WILSON, 1997), encore plus utilisé pour attacher divers appareils de mesure ou télémétriques (WILSON, 1989). D'usage très répandu car permettant d'équiper les individus de manière non invasive, il en résulte cependant une perte de l'intégrité du plumage. En effet, l'adhésif rassemble des plumes qui ne peuvent se placer correctement et créé un trou dans lequel l'eau peut s'infiltrer jusqu'à la peau. L'étanchéité n'est plus assurée par le plumage, ni l'isolation par rapport au froid.
Enfin, tout objet extérieur attaché au corps du manchot, que ce soit sur les plumes, autour de l'aileron ou en sous-cutané sur le dos, déforme sa silhouette et créé d'une part une résistance supplémentaire à sa pénétration dans l'eau et d'autre part, des turbulences. Pour tenter de limiter ces effets, certains chercheurs ont développé des appareils qui sont placés en zone sous-cutanée ou intra-abdominale (HANDRICH, 1997 ; BOYD, 1971). Dans le cas le plus fréquents, ce sont des appareils de mesure et une marque visible est malgré tout fixée à l'extérieur. Cependant, l'identification individuelle chez les manchots est faite par un transpondeur sous-cutané depuis 1991 qui est donc sans effet perturbant l'hydrodynamisme (LE MAHO, 1993).
Bien que des appareils implantés dans l'abdomen de l'animal ou en position sous-cutanée aient été mis au point, certains appareils ne peuvent pas être fonctionnels à l'intérieur du corps de l'animal, comme les appareils télémétriques ainsi que les marques visibles et repérable à distance. Pour limiter les turbulences, des progrès importants ont été fait en ce qui concerne la forme, la zone d'attache et le profil des appareils (CULIK, 1994).

[10] Un os pneumatisé est un os creux, rendant le squelette plus léger et pouvant être interprété comme une préadaptation au vol.

L'appareil doit être placé le plus caudalement possible sur la ligne médiale dorsale de l'oiseau pour limiter la résistance (BANNASCH, 1994). Une position basse sur le corps rend une marque d'identification peu visible à l'observateur humain lorsque l'oiseau est dans une colonie. Une marque haute sur le dos ou sur la poitrine n'est utilisée que dans le cas d'un suivi de l'individu à terre. Le choix de positionner la bague à l'aileron avait été fait dans le but d'avoir une marque permanente, fixée à un membre et non aux plumes. La résistance additionnelle de la marque lorsque l'oiseau nage et plonge était ainsi plus faible que sur le dos.
Les formes doivent suivre au mieux la forme et les proportions du corps du manchot : allongées avec des bords arrondis. Les marques sont rarement fixées au corps, mais dans le cas des appareils, la finition et la gaine doivent être soignées. Les bords ne doivent pas se terminer à angle droit mais en pente douce et le plus près possible du corps. Ceci est valable pour le bord d'attaque (lié à la résistance) et pour le bord caudal (lié aux turbulences).

Pour les déplacements sous l'eau par nage et plongée, la masse du corps à déplacer importe peu sur l'effort à fournir, alors que la surface et la forme du corps en sont des éléments déterminants. Puisque le Manchot royal est un animal pesant minimum 8 kg et que les marques sont des objets de taille réduite, la question du poids de l'objet est peu problématique en comparaison aux oiseaux volants (WILSON, 1991). Chez ces derniers, un des enjeux majeurs est d'obtenir des matériaux de plus en plus légers sans perdre en solidité et de miniaturiser les appareils et leurs batteries. Ceci est plus problématique dans le cas des appareils télémétriques ou des appareils de mesure, qui pèsent plus lourd que des marques. La miniaturisation des appareils est en constante amélioration, ce qui permet d'équiper des individus pour de plus longues périodes. De plus des espèces de petite taille comme le Manchot pygmée peuvent aussi être équipées avec peu d'effets défavorables à l'individu. Dans le cas d'un animal plongeur, cette miniaturisation est importante pour diminuer l'effet de résistance dans l'eau.

Les effets de résistance sont les plus délétères lors des plongées les plus profondes. En particulier sur la phase profonde et en phase de remontée de ces plongées, pendant lesquelles le manchot capture la plupart de ses proies (ROPERT-COUDERT, 2000 ; BOST, 2007). Ceci a aussi été montré chez le Manchot Adélie avec des individus

équipés d'appareils télémétriques ou de mesure de taille variable (ROPERT-COUDERT, 2001), mais aussi avec des bagues, de taille très inférieure aux appareils de mesure (SATO, 2004). Cette étude suggère que la puissance donnée par les battements d'aileron est la plus importante lorsque le manchot poursuit une proie, à 200 ou 300 mètres de profondeur.

Ill. 25 : Manchot royal sous l'eau : la silhouette fuselée est remarquable. Observer l'imperméabilité du plumage, recouvert de bulles d'air et la finesse de l'aileron. (Photo A.Joris)

iii. Un marcheur

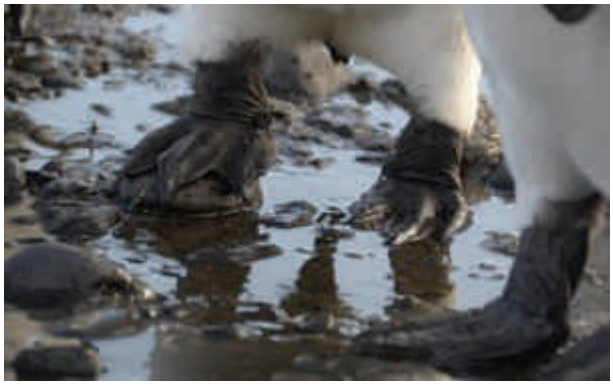
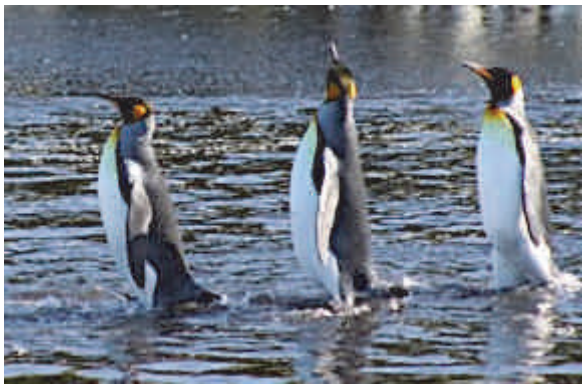
Oiseaux marins, les manchots passent pourtant une partie de l'année à terre, pendant la période de reproduction. Les seuls déplacements que les manchots royaux effectuent à terre sont, à notre connaissance (JOUVENTIN, 1994), entre l'océan et leur nid pour les individus effectivement reproducteurs. Avant la période de ponte et d'élevage du poussin, les individus muent, puis paradent sur le même terrain où s'implante la colonie.

Selon la topographie de la colonie et la localisation de leur nid, certains individus marchent quelques dizaines de mètres à terre, tandis-que d'autres marchent obligatoirement une distance de plusieurs centaines de mètres après un voyage en mer.

Des bagues ont été mises sur des manchots au tarsométatarse (RICHDALE, 1951), comme elles le sont sur les oiseaux volants, mais cette méthode a été rapidement abandonnée pour plusieurs raisons. Des essais ont été fait au niveau du tibiotarse (RICHDALE, 1951), mais la bague était alors cachée sous les plumes et invisible sans capturer et manipuler les manchots, alors que le but était de les identifier à distance.

Les manchots ont un tarsométatarse très court et les plumes descendent bas sur le pied, en lien avec les températures de l'eau et de l'air auxquelles ils sont confrontés. Ce

"tarse" s'élargit rapidement, la partie rectiligne où l'on pose une bague chez les oiseaux volants n'existe presque pas. Une bague sur le tarsométatarse serait donc toujours en contact avec les plumes pour sa partie supérieure, ce qui entraînerait une lecture de l'identification difficile à distance. Pour sa partie inférieure, la bague est en contact avec l'angle formé par l'articulation entre le tarsométatarse et les phalanges, ce qui serait à l'origine de lésions au moins cutanées par suite de frottements répétés lors de la marche (AUSTIN, 1957). De plus, l'habitat du Manchot royal, en bord de mer et d'embouchures de rivières est tel que leurs pieds sont souvent recouverts de boue et le grand nombre d'individus présents dans une colonie ne permet pas de voir facilement les parties basses du corps.

Ill. 26 : À droite : Pieds de manchots royaux. On remarque leur caractère trapu et robuste, ainsi que les plumes présentes relativement bas sur le tarsométatarse. À gauche : posture bipède de trois manchots royaux marchant en bord de mer. (Photo M.Netchaïeff)

Les effets des marques visuelles chez les manchots lorsqu'ils se déplacent à terre étaient des préoccupations du passé, actuellement les études se concentrent sur ses déplacements en mer, où les observations des individus ne peuvent se faire que de manière indirecte.

Ces différentes caractéristiques, communes à toutes les espèces de manchots, ou spécifiques au Manchot royal conditionnent en grande partie les types de marques visuelles qui peuvent être utilisées. Les descriptions et utilisations précises de ces marques sont contenues dans la partie 2.3 (p.101).

2. Historique du marquage chez les manchots

La première expérience de marquage de manchots date de 1908 et est décrite dans une publication scientifique de la deuxième expédition française en Antarctique par Gain (GAIN, 1913). Des bagues en plastique de couleur ont été posées sur les tarses de 90 manchots papou dans deux colonies, puis 125 manchots Adélie. Des adultes bagués sont retrouvés les années suivantes dans les mêmes colonies, mais aucun manchot bagué juvénile. De cette observation, Gain déduisit que les jeunes ne reviennent pas sur leur colonie de naissance pendant les deux premières années de vie (AUSTIN, 1957).

À la même époque, des marques à la poitrine de manchots Adélie ont été posées avec de la peinture par Levick pour observer la fidélité des individus au sein d'un couple au cours d'une saison de reproduction (AUSTIN, 1957).

En 1936, Richdale n'était pas le premier à marquer des manchots, mais son article *Banding and Marking Penguins* était une réponse à des difficultés de terrain rencontrées par des ornithologues américains (RICHDALE, 1951). Il utilisa des bagues au tarso-métatarse et à l'aileron, ainsi que des perforations de la palmure interdigitale. Il n'avait pas connaissance de l'existence de tentatives de baguage en Europe et en Amérique lorsqu'il fabriqua ses premières bagues avec du matériel acheté localement, mais deux ans plus tard, il commanda des bagues "toutes faites" en Angleterre. Il bagua en Nouvelle-Zélande des manchots antipodes de manière individuelle, soit par des numéros sur la bague, soit par des séries de trous dans les palmures interdigitales.

La conception des bagues et des autres marques est une préoccupation constante pour les biologistes. Cooper et Morant ont comparé plusieurs modèles de bagues, en particulier leur résistance à l'usure et leur caractère abrasif sur les plumes (COOPER, 1981). Richdale a mis l'accent sur les matériaux, la taille et forme de la bague et ses recherches ont alors pour objectif de déterminer le type de marque (bague associée ou non à des perforations de la palmure interdigitale) qui permet de retrouver les oiseaux à chaque observation, sans capture et durant toute leur vie. L'objectif des expérimentations de cette thèse est identique aujourd'hui.

3. Les marques utilisées

a. Marques permanentes

i. Les bagues en inox

Les bagues en métal étaient la méthode de référence pour identifier de manière individuelle et permanente les manchots jusqu'aux années 90. Historiquement, la méthode a été proposée au milieu du XXème siècle par Sladen (SLADEN, 1968). Les bagues étaient alors en aluminium et se fermaient par emboîtement et rivetage des extrémités. Les bagues utilisées récemment sont en inox et se ferment par simple rapprochement des extrémités comme les bagues des oiseaux volants. Des individus ont été bagués parmi presque toutes les espèces de manchots : Manchot empereur, Manchot royal, Manchot Adélie, Manchot à jugulaire, Manchot papou, Manchot pygmée, Manchot du Cap, Manchot de Magellan (*Spheniscus magellanicus*), Manchot antipode.

Ill. 27 : Bague métallique avec une identification individuelle à l'aileron d'un Manchot antipode.
(Photo D.Houston, The Department of Conservation, New-Zeland)

Placées aux deux ailerons, elles sont visibles à distance et le numéro d'identification peut être lu aux jumelles si l'oiseau est immobile, dans le cas des individus qui couvent un œuf ou un poussin, sinon, lorsque l'individu est capturé. Elles permettent l'identification individuelle grâce à un numéro unique, mais de format variable selon les pays et les espèces. L'inox résiste à la corrosion par l'eau de mer et à l'abrasion par le sable. Ce matériau est léger et résistant dans le temps, ce qui permet une identification à vie des individus marqués. Actuellement, c'est grâce à cette méthode que l'on connaît l'âge maximum de certaines espèces, car les autres méthodes de marquage individuel sont soit temporaires, soit trop récentes. Des manchots du Cap ainsi ont été bagués et suivis pendant 25 ans (WHITTINGTON, 1999) et des manchots pygmées pendant plus de 25 ans (DANN, 2005).

Des blessures sont décrites chez des manchots bagués à l'aileron, depuis les premiers essais de baguage jusqu'aux années 80. Ces blessures causées par les finitions et moyens de fermeture de la bague (SALLABERRY, 1985 ; VAN HEEZIK, 1994) peuvent être rapidement résolues, dès lors que l'on rapporte ces observations et que l'on modifie la conception de la bague en conséquence. Les anciennes bagues se fermaient en chevauchant les extrémités, ce qui était plus vulnérant que les modèles récents (JACKSON, 2002), qui se ferment par bout-à-bout jointifs et qui sont encore portés par certains manchots.

Il a également été observé un effet de garrot par la bague lorsque l'oiseau est en mue et que l'aileron augmente de volume (JARVIS, 1970). La bague se distend et les extrémités ne sont plus jointives, ce qui peut conduire à sa perte (R. Groscolas, communication personnelle). Une bague en un matériau suffisamment souple pour permettre une légère extension ou avec un système de fermeture différent prévient facilement l'apparition de ces lésions (BALLARD, 2001).
La nature de la bague est donc en cause dans certains cas (PETERSEN, 2005), alors que dans d'autres cas, c'est son usage qui est péjoratif au manchot.

Lorsque les effets à long terme commencent à être évalués, les solutions ne sont pas évidentes pour éviter de pénaliser les populations de manchots.
Par exemple, la bague est de petite taille et attachée au plus proche de l'aileron, afin que la résistance additionnelle sous l'eau soit la plus faible possible. Cette résistance ne pouvant pas être mesurée, elle est estimée par la consommation d'oxygène supplémentaire engendrée par la bague (CULIK, 1993). L'équipe de Culik a calculé que le port de bague engendrait 24% de dépenses énergétiques supplémentaires. Cette valeur étant considérée comme trop grande pour être acceptable chez des animaux sauvages, on ne peut que remettre en question l'utilisation du baguage chez les manchots, puisqu'on ne peut diminuer la résistance de cet objet. Ultérieurement, ceci a été remis en question, puisqu'un nouveau type de bague a été proposé : en plastique relativement élastique, la bague peut être ajustée plus proche qu'une bague en métal sur l'aileron et entraînerait donc moins de résistance dans l'eau. Ce modèle est utilisé en phase de test en captivité et en milieu naturel sur des Manchots du Cap afin de comparer ses effets aux effets des bagues en inox (BARHAM, 1999 ; BARHAM, 2008).

Rapport-Gratuit.com

Les conséquences du baguage alaire ont été étudiées dans divers domaines et chez de nombreuses espèces de manchots. Certains auteurs étudient les effets des bagues à l'échelle de l'individu, en s'intéressant aux dépenses énergétiques et à l'efficacité de la recherche alimentaire (BALLARD, 2001) (CULIK, 1993). En conséquence, le temps de plongée possible par un individu est diminué, sa chasse est donc moins efficace (JACKSON, 2002).

Les effets de la bague à l'échelle de la population sont étudiés en estimant la survie et le succès reproducteur (HINDELL, 1996). Il se peut que ces effets soient le plus pénalisant pour l'oiseau la première année et qu'il décroisse avec le temps, grâce à des adaptations comportementales ou physiologiques du manchot (JACKSON, 2002). Par exemple, Ainley et al. (AINLEY, 1983) ont estimé la survie d'individus au cours de la première année qui suivit leur baguage. Cette année-ci, le groupe des manchots Adélie qui portent une bague en aluminium a une survie de 28% plus basse que la survie des autres années. De plus, la diminution de l'effectif bagué est plus rapide que la diminution de l'effectif non bagué. Chez le Manchot pygmée, la survie apparente a été comparée entre un groupe d'individus bagués et un groupe d'individus équipés de transpondeurs (DANN, 2014). La survie des individus bagués est de 75% la première année suivant le marquage et de 87% les années suivantes, alors que la survie est de 80% pour les individus transpondés la première année et de 91% les années suivantes. Exprimés en terme de mortalité, ces résultats signifient que la mortalité annuelle des manchots bagués est 50% plus élevée que celles des individus équipés d'un transpondeur (DANN, 2014).

La survie hivernale de manchots de Schlegel (*Eudyptes schlegeli*) bagués et adultes n'est pas différente de celle des adultes transpondés (HINDELL, 1996). Chez le Manchot royal, la survie est similaire entre des adultes bagués et des adultes identifiés avec un transpondeur suivis pendant 5 ans d'après Gauthier-Clerc et al. (GAUTHIER-CLERC, 2004). Mais d'autres équipes ont montré qu'au contraire la survie des adultes était affectée par les bagues. Saraux et al (SARAUX, 2011) comparent un groupe d'individus bagués à un groupe d'individus transpondés après un suivi pendant 10 ans. Le taux de survie des oiseaux bagués est 16% plus bas que celui des oiseaux transpondés. Chez

des manchots Adélie, la survie apparente annuelle est plus faible de 11 à 13 % sur les quatre premières années de suivi (DUGGER, 2006).

La diminution de la survie est une conséquence de l'augmentation de la durée des séjours en mer par le port de bagues (LE MAHO, 2011). Les manchots bagués commençant leur reproduction tardivement dans la saison, la survie des poussins est aussi diminuée en conséquence (DOBSON, 2008).

Une étude ne montre pas de différence notable entre les manchots de Magellan bagués et les individus non bagués (BOERSMA, 2008), mais plusieurs démontre au contraire des différences significatives. Les trajets en mer de manchots Adélie bagués durent 3,5 heures de plus, soit 8% (DUGGER, 2006) et les trajets de manchots royaux bagués sont plus longs de 1,1 jour, soit 9% de plus (SARAUX, 2011) que ceux d'individus équipés d'un transpondeur.

Ill. 28 : Bague métallique avec une identification individuelle à l'aileron d'un Manchot royal. (Photo B.Gineste)

Le succès reproducteur est aussi plus faible chez les manchots royaux bagués d'après plusieurs articles publiés. Saraux et al. ont calculé que la production de poussins est de 39% plus faible que celle des manchots transpondés (SARAUX, 2011).

Sur cinq années consécutives, la probabilité de se reproduire est plus élevée chez les adultes équipés d'un transpondeur (p=0.83) que chez les adultes bagués (p= 0.62), et le nombre moyen de poussin par an est aussi supérieur pour un adulte avec un transpondeur (0.27 poussin / adulte / an) que pour un adulte bagué (0.14 (GAUTHIER-CLERC, 2004)).

En revanche, dans le même article, les arrivées sur la colonie en début de saison de reproduction ne se font pas plus tôt dans un des deux groupes, alors que l'on sait qu'un individu qui trouve un partenaire et couve plus tôt a plus de chances d'élever son poussin jusqu'à terme (DOBSON, 2008).

Plus le nombre d'études disponibles sur le sujet sera élevé, plus l'on pourra déterminer les espèces et les périodes de la vie de l'animal qui sont le plus influencées par le port

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

d'une bague ou d'une autre marque. Le Manchot royal élève son poussin pendant l'été mais aussi l'hiver qui suit sa naissance, contrairement à toutes les autres espèces de manchots. L'adulte reproducteur doit donc assurer des efforts supplémentaires pour le nourrir en plus de subvenir à ses propres besoins, ce qui peut le rendre plus vulnérable que les autres espèces à cette saison (GAUTHIER-CLERC, 2004). D'un autre point de vue, les espèces de manchots les plus petites peuvent être plus touchées que les grandes par une marque-objet ou un appareil de mesure (GAUTHIER-CLERC, 2004).

Ces conséquences peuvent aussi être plus ou moins péjoratives selon l'état du milieu et les conditions de vie. C'est ce qu'ont montré Wolfaardt et Nel (WOLFAARDT, 2003) parmi la population de manchots du Cap relâchés après avoir subi une marée noire. Les manchots bagués se remettent aussi bien dans le milieu naturel que les manchots sans bague lorsque les conditions sont favorables à la reproduction et que la nourriture est abondante. En revanche, lorsque la nourriture est disponible en quantité limitée ou que les conditions de reproduction sont moins bonnes, les manchots bagués ont un succès reproducteur plus faible que les autres manchots. Certaines différences entre des manchots royaux bagués et transpondés ne sont pas observées les années où les conditions climatiques sont favorables à la reproduction (SARAUX, 2011).

Les nombreuses démonstrations des effets péjoratifs des bagues sur les populations de manchots ont abouti à un consensus pour l'arrêt du baguage des manchots avec des bagues alaires permanentes. En 1996, Klages et al. (KLAGES, 1996) recommandaient l'arrêt (au moins temporaire) du baguage du Manchot du Cap après avoir remarqué des qualités de bagues très variables et non fiables. En 2005, des recommandations sont éditées pour encourager la diminution du baguage de cette espèce et en limiter certaines conséquences (PETERSEN, 2005).

Ill. 29 : Bague métallique avec une identification individuelle sur un Manchot du Cap. (Photo T.Burghardt (SHERLEY, 2010))

En 2002, les bagues sont enlevées des manchots royaux de certaines colonies des îles Crozet (Y. Handrich, communication personnelle).

L'arrêt du baguage permanent des manchots fait que les études sur les effets des bagues en inox n'ont plus lieu d'être, cependant les mêmes questions se posent et les réflexions peuvent être étendues aux autres marques utilisées chez ces espèces, particulièrement pour les nouvelles méthodes qui seront développées dans le futur.

ii. Les marques naturelles et la photo-identification

Depuis la mise en évidence de nombreux effets délétères aux populations baguées, des recherches sont menées pour développer des méthodes alternatives aux marques-objets.

L'identification des manchots par la biométrie et leurs marques naturelles du plumage est possible pour les espèces du genre *Spheniscus* (SHERLEY, 2010) (Manchot des Galapagos, Manchot du Cap, Manchot de Humbolt, Manchot de Magellan). Le plumage des ces espèces est assez semblable, composé de bandes noires en haut de la poitrine et de tâches noires sur la poitrine et l'abdomen blancs (cf.Ill.29 p.105).

Des essais d'abord ont été menés par Burghardt (BURGHARDT, 2004) sur des photos et sur les manchots du Cap du zoo de Bristol. Puis le matériel informatique et électronique associé est mis au point pour une détection automatique et une utilisation en milieu naturel, sur la colonie de Robben Island (SHERLEY, 2010).

La technique de photo-identification est utilisée depuis longtemps pour les mammifères et consiste en l'identification d'un animal par un observateur humain d'après des photos. Dans ce cas, l'identification est faite par un logiciel d'après des images prises par une caméra devant laquelle les manchots sont susceptibles de passer. Les tâches sur la poitrine et le ventre des individus sont localisées et comparées à un catalogue correspondant à la base de données de tous les individus connus de cette espèce.

Cette méthode peut facilement être utilisée pour les autres espèces du genre *Spheniscus*, mais est difficilement envisageable pour les autres genres de manchots, puisque leur plumage n'a pas de multiples petits motifs distincts et contrastés. Cette méthode est efficace puisque les motifs du plumage ne changent pas au cours de la vie d'un manchot adulte (BURGHARDT, 2004), contrairement à ce qui a pu être observé chez la Baleine à bosse (*Megaptera novaeangliae*) (CARLSON, 1990). Par contre, les manchots juvéniles ont un plumage qui évolue au cours des premières années de leur vie, la reconnaissance sur les motifs de la poitrine ne peut donc pas être utilisée de manière fiable.

La méthode n'est utile que si les individus sont effectivement vus par la caméra. Il faut donc qu'un maximum d'individus passe dans le champ de vision de la caméra et que les sites d'étude aient une topographie qui permette de concentrer les individus, ou que la caméra soit sur une zone de passage empruntée par la majorité des individus.

Enfin, il faut que les sites d'étude puissent être équipés avec le matériel informatique et électronique. Ce dernier point peut être un élément limitant sur des colonies peu accessibles ou situées aux très hautes latitudes.

Ill. 30 : Manchots du Cap pris en photo par une caméra. En haut, à droite : l'image est traitée par un logiciel pour reconnaître le motif individuel du plumage. Ci-dessus : les points noirs constituent un motif distinctif de chaque individu. (Photos T.Burghardt (BURGHARDT, 2004))

b. Marques temporaires

i. Les bagues "Darvic"

Complémentaires des bagues en inox, les bagues Darvic sont visibles de loin et l'identification inscrite peut être lue sans capturer l'oiseau qui la porte (WARD, 2000). Chez les oiseaux volants, ces bagues sont utilisées de manière temporaire ou permanente, en revanche chez les manchots, elles ne sont utilisées qu'à terre. En effet, ces bagues sont relativement lâches autour de l'ailron et entraîneraient une résistance trop importante lorsque le manchot se déplace dans l'eau. Leur usage est donc réservé aux adultes qui couvent ou gardent le poussin durant leur séjour à la colonie, et aux poussins âgés de quelques mois. Un suivi régulier et intensif doit donc être fait pour capturer l'individu avant qu'il ne parte en mer et lui retirer les bagues.

Les bagues Darvic sont des bagues en plastique de couleur et portant une identification individuelle lisible à distance. Elles sont utilisées chez les espèces de grande taille et, pour des raisons de lisibilité, elles sont posées à l'aileron chez les manchots, au tarsométatarse et souvent au tibiotarse chez les oiseaux volants à longues pattes. Le code d'identification est composé de la couleur et du numéro (chiffres associés ou non à des lettres). Une couleur peut être choisie pour augmenter le nombre de combinaisons possibles lorsqu'un grand nombre d'individus est bagué (Par exemple, 5 chiffres = 5999 combinaisons, 5 chiffres et 3 couleurs différentes = 3 fois plus de combinaisons). Plus souvent, une couleur est choisie pour un groupe partageant une caractéristique commune, comme l'année ou le lieu de naissance.

Chez le Manchot royal, les bagues Darvic sont souvent utilisées pour repérer rapidement un adulte couveur au milieu de ses congénères, densément répartis et tous d'attitude identique dans la colonie. Elles sont parfois associées à une peinture de courte durée, puisque le marquage visuel recherché ne doit couvrir que la période de jeûne à terre de 3 semaines maximum.

ii. Les colorations

Les colorations du plumage sont utilisées chez les manchots lorsque l'on souhaite un marquage temporaire. Cette technique était une des premières utilisées chez des manchots, lorsque en 1911-12 Levick observa le comportement d'un couple au cours d'une saison de reproduction en marquant des manchots Adélie avec des points de couleur rouge (AUSTIN, 1957 ; GAIN, 1913).
L'individu marqué est reconnaissable pendant quelques jours à un an selon les produits utilisés, l'intérêt majeur est que son apparence ne soit pas modifiée plus longtemps que nécessaire grâce au choix d'une peinture adéquate. La coloration est appliquée sur la partie blanche du manchot, le plus haut possible si la marque est de petite taille afin que la visibilité soit la meilleure possible à distance.

Chez le Manchot royal, des peintures et teinture sont souvent utilisées pour distinguer certains reproducteurs au sein de la colonie. Ces deux types de colorations sont parmi les plus utilisés chez les oiseaux en général (FAIR, 2010) et sont particulièrement indiqués pour le marquage visuel d'oiseaux vivant en colonie dense.
Pour marquer les individus à la colonie, les peintures sont celles destinées à marquer les animaux domestiques (bovins et porcins) ; ces peintures ne sont pas résistantes à l'eau de mer et ne sont donc utiles que le temps d'une période de jeûne à terre. Pour identifier un couple ou un emplacement, une marque colorée est particulièrement utile dans la mesure où l'adulte qui couve se déplace parfois de plusieurs mètres en fonction de l'installation des couples voisins.
Lorsqu'elle est utilisée en *spray*, l'avantage est de ne pas avoir à capturer l'oiseau qui défend son emplacement de ponte, mais seulement de s'en approcher à une vingtaine de centimètres. Ce dérangement est un stress beaucoup plus faible qu'une capture, qu'il faut éviter chez un individu couveur. Si l'individu est capturé pour d'autres raisons, des crayons de cire sont aussi utilisés.
Les manchots peuvent être marqués de manière individuelle si l'on inscrit un numéro ou une forme différente sur chacun ou marqués par paire lorsque l'on souhaite identifier les manchots formant un couple ou encore marqué par groupe en utilisant une couleur comme marque.

Pour une période de temps plus longue, de l'acide picrique a été très utilisé car il colorait de façon permanente les plumes et permettait la reconnaissance individuelle de manchots revenant à la colonie pendant l'hiver. La marque durait au maximum un an, car les plumes teintes sont remplacées au moment de la mue. Le suivi des manchots marqués durait donc plus qu'une saison de reproduction, jusqu'à la mue précédant la reproduction suivante. L'usage de l'acide picrique est actuellement fortement déconseillé à la communauté scientifique et interdit dans les T.A.A.F. du fait de sa toxicité pour le manipulateur et des risques d'explosion lors de sa conservation (FAIR, 2010).

Suite à cette interdiction, une alternative peu coûteuse, plus simple d'utilisation, non toxique pour l'homme est mise en place avec l'utilisation de teintures pour cheveux humains. Elle pourrait permettre un suivi jusqu'à un an, pendant toute la durée de la reproduction et jusqu'à la mue de l'année suivante, mais les conditions météorologiques et la qualité de la préparation de la teinture peuvent diminuer la durée de tenue (Y. Handrich, communication personnelle).

Dans l'intérêt de l'animal et de la qualité des résultats scientifiques attendus, il est important de respecter plusieurs points. Après l'application de la coloration, le plumage doit être soigneusement séché avant de relâcher l'individu, afin que les pertes de chaleur ne soient pas trop importantes. De plus, l'ingestion d'une substance colorante peut en augmenter la toxicité pour l'oiseau. Enfin, la lisibilité de la marque peut être altérée par la pluie, par des salissures ou lorsque le manchot se lisse le plumage.

La surface de plumes colorées doit être réduite au minimum pour deux raisons. D'une part, les solvants ou autres constituants d'une peinture sont susceptibles d'altérer le caractère imperméable du plumage (FAIR, 2010), qui est un élément essentiel à la survie d'un manchot autant à terre qu'en mer.

D'autre part, la marque est souvent de couleur vive pour que sa visibilité soit maximale pour l'observateur humain et du fait des produits disponibles. Ceci peut avoir un effet attractif sur les prédateurs ou modifier le comportement social du manchot coloré. Cet effet est probablement non négligeable, puisque l'on sait par exemple que le noir est la couleur qui induit le moins de comportement agressif de la part des congénères de l'individu marqué (WILSON, 1990). Cet effet est d'autant plus modeste que les peintures ont une courte durée et si l'eau de mer efface la marque.

Ill. 31 : Manchots royaux identifiés par un code de teinture à l'acide picrique. À gauche : au moment de la mue, les plumes teintes sont sur le point de tomber. Au centre : teinture appliquée récemment, en début de saison de reproduction. À droite : Identification individuelle par de la peinture pour le bétail : la couleur disparaît après quelques jours à deux semaines, selon l'exposition à l'eau de pluie et de mer. (Photos S.-P.Babski et M.Netchaïeff)

iii. Les fish-tags

Étudier les poussins de manchots royaux au cours de leur première année de vie nécessite une identification qui n'entrave pas leur croissance de manière directe. Or, une bague qui encercle l'aileron devient trop serrée lorsque l'animal grandit, ou risque d'être perdue si elle est trop lâche lors de la pose.

Les « *fish-tags* » ont été conçus pour marquer les poissons et ont ensuite été utilisés pour marquer des oiseaux, jeunes et adultes. Ce sont des tiges de nylon avec une ou deux barres transversales qui fixent la marque : l'une est à une des extrémités de la tige plastique et se place sous la peau des manchots, en bloquant sa sortie. L'autre est quelques centimètres plus haut, et se place juste au dessus de la peau, à l'extérieur. Le reste de la tige plastique constitue la partie visible de la marque.

Ces tiges de plastique de couleur sont généralement utilisées pour marquer une génération entière de poussins sur un site : une couleur correspond à une année de naissance, tous les poussins nés la même année sont marqués par une même couleur. Dans certains cas, des fanions de Tesatape© sont ajoutés pour individualiser les marques grâce à des combinaisons de différentes couleurs.

Cette technique pourrait être une marque permanente, puisqu'un *fish-tag* est un type de perçage sous-cutané. Certains poussins de manchots royaux sont équipés d'un *fish-tag* dès la naissance puis équipés d'un transpondeur à l'âge de 10 mois sur les îles Crozet.

Le suivi d'un poussin avec un *fish-tag* peut durer pendant toute leur première année de vie jusqu'à l'émancipation. Cette marque peut donc rester fixée sur un poussin pendant plus d'un an, tant qu'il vit à la colonie.

Aucune publication étudiant la tenue de cette marque ou ses effets sur les poussins ou adultes identifiés n'a été trouvée. Pourtant, un document mentionne qu'une revue de littérature scientifique a été réalisée par Fraser (FRASER, 1997), suite à des expérimentations en Antarctique. Le dispositif de nylon serait trop fragile pour être utilisé comme marque à long terme, mais il est estimé être une bonne alternative aux bagues pour des suivis à court terme. Malgré des données peu nombreuses sur cette marque, plusieurs auteurs décrivent des protocoles dans lesquels des poussins sont marqués pendant plusieurs semaines (LECOMTE, 2006 ; BEAULIEU, 2009 ; HALSEY, 2008). Pendant l'étude de Lecomte (LECOMTE, 2006), certains individus gardent le *fish-tag* pendant trois ans, tandis que d'autres le perdent après quelques mois (Y. Handrich, communication personnelle).

La technique de perçage décrite dans la partie expérimentale (p.121) est une déclinaison des *fish-tags* adaptée pour marquer de manière visuelle et permanente les manchots adultes.

Ill. 32 : *Fish-tag* sur un poussin âgé de quelques jours, au moment de la pose (à gauche) et dans la colonie (à droite). À gauche, noter la distance séparant les deux tiges horizontales, qui sera entièrement sous la peau lorsque le poussin sera âgé de quelques mois. (Photos N.Vetter et M.Netchaïeff)

Rapport-Gratuit.com

4. Les marques du futur

De nombreuses études ont démontré que les bagues en inox ont des conséquences préjudiciables aux manchots, en affectant leur efficacité de chasse, leur succès reproducteur et leur survie. Par suite d'un consensus, les équipes de recherche ont arrêté le baguage de ces espèces et ont mis au point de nouvelles méthodes de marquage. Les transpondeurs sont utilisés pour identifier de manière individuelle et permanente les manchots royaux des îles Crozet depuis 1991 (LE MAHO, 1993).
D'autres projets sont en cours sur des marques permanentes visuelles. Un atelier de travail organisé sur les techniques alternatives de marquage (FRASER, 1997) a suggéré de concevoir un type de bague qui aurait moins de conséquences que la bague en inox sur le déplacement du manchot dans l'eau (STONEHOUSE, 1999). Ce nouveau modèle de bague est décrit ci-dessous. Les deux autres techniques décrites sont celles que nous proposons, qui ont été expérimentées sur des espèces domestiques et sur des manchots captifs.

a. Les bagues en caoutchouc de silicone

En réponse à l'appel lancé dans la publication de 1999, (STONEHOUSE, 1999) Barham (BARHAM, 1999) a conçu un modèle de bague en silicone et en compare les effets aux effets d'autres marques (BARHAM, 2008). À notre connaissance, c'est la seule méthode alternative aux bagues métalliques qui a fait l'objet de publication et qui est actuellement testée sur des individus en milieu naturel.

L'inconvénient majeur de la bague métallique est la déformation de la silhouette fuselée et lisse d'un manchot qui entraîne une résistance supplémentaire et des turbulences autour de l'objet lorsque l'oiseau se déplace dans l'eau.
L'utilisation de caoutchouc de silicone diminue cette résistance et les turbulences grâce à deux éléments de la conception de la bague. D'une part, ce matériau est plus déformable sous la pression de l'eau sur les faces frontale et extérieure de la bague lors de l'avancée du corps dans l'eau. Cette déformation contribue à la forme profilée de l'objet. D'autre part, la bague est appliquée contre l'aileron, il n'y a donc pas d'espace

dans laquelle l'eau peut s'engouffrer lors du déplacement du manchot et moins de turbulences à proximité de la bague et de l'aileron. En effet, l'équipe de Barham a montré qu'une bague en inox recouverte de mousse de silicone contre l'aileron a une résistance très diminuée par rapport à une bague en inox classique (BARHAM, 2008). Dans le cas d'une bague en métal, la rigidité du matériau fait qu'un espace doit être laissé entre l'aileron et la bague pour permettre des variations de volume physiologiques de l'aileron. Le caoutchouc de silicone étant légèrement déformable, il entrave moins ces variations de volume.

Les mesures de résistance dans l'eau ont été faites sur un modèle de manchot et non sur des individus vivants. Les bagues ont ensuite été posées sur des manchots du Cap de la colonie de Robben Island, afin d'évaluer le succès reproducteur de ces manchots. Les résultats sont comparés entre trois groupes : des manchots équipés de transpondeurs, des manchots équipés de bagues en inox et des manchots portant ce nouveau modèle de bague. Pendant les six années de suivi, le succès reproducteur a été évalué par le nombre de poussins élevés jusqu'à ce qu'ils aient atteint les trois-quarts du poids adulte. Les trois groupes étudiés ont eu des succès reproducteurs de 64%, 66% et 68% respectivement et ne sont pas significativement différents.

Bien que la principale avancée d'une bague en caoutchouc de silicone par rapport à une bague métallique soit sa moindre résistance au mouvement dans l'eau, ce nouveau modèle a d'autres avantages. Sur des manchots du Cap captifs, il a été observé que les manchots n'ont pas un comportement différent après avoir été bagués et que les plumes n'étaient pas ou pas plus usées avec le modèle en silicone qu'avec le modèle en inox. Enfin, la bague est de taille plus importante et des chiffres d'identification individuelle peuvent y être inscrits et lus à une distance comparable à une bague Darvic.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

b. Les greffes

i. Nécessité de marques visuelles permanentes

Les manchots sont des oiseaux aux caractéristiques uniques, adaptés à un environnement parfois extrême (température et pression en profondeur). Étudiés depuis plus de 70 ans, de nombreux éléments de leur biologie restent inconnus comme les activités pendant l'hiver (BOST, 2004) ou durant les premières années de vie du jeune non encore reproducteur dans l'exemple du Manchot royal. Bien que toutes les espèces soient protégées, des activités humaines comme la pêche et les pollutions impactent de plus en plus les populations. Les suivis des effectifs à long terme sont donc indispensables afin de savoir comment protéger ces animaux sauvages. Que ce soit pour augmenter nos connaissances sur l'océan et l'évolution du climat, effectuer de recherches sur l'adaptation de ces organismes à leur environnement ou mettre en place des mesures de protection adaptées aux manchots, le marquage visuel est un outil utile.

Depuis une trentaine d'années, l'utilisation des bagues en inox a été remise en question puis arrêtée par consensus entre les personnes étudiant les manchots. Un nouveau modèle de bague en caoutchouc de silicone est testé mais n'est pas encore diffusé. Les seules marques visuelles existant pour les manchots sont temporaires : les bagues Darvic et le Tesatape© sont utiles à terre pendant quelques jours à quelques semaines ; les teintures jusqu'à la mue, au maximum un an après leur application.

En réponse à la disparition de la bague comme unique moyen d'identification permanente, le transpondeur a été utilisé chez les manchots depuis 1991 (LE MAHO, 1993). D'usage très répandu chez les espèces domestiques et les animaux captifs, le transpondeur a de nombreux avantages complémentaires à une marque visuelle. Implanté en position sous-cutanée et de petite taille, le transpondeur n'a pas d'effet sur les déplacements de l'oiseau dans l'air ou dans l'eau. Son comportement social et de recherche alimentaire ne sont pas non plus modifiés puisque rien n'est décelable extérieurement une fois que la plaie (d'ailleurs très petite) est cicatrisée, que ce soit par ses congénères, par ses proies ou par ses prédateurs.

Cependant, certaines contraintes liées au transpondeur en limitent son utilisation. Le grand public ne peut pas être impliqué dans le suivi des animaux identifiés (RENNER, 2000), comme c'est le cas pour les oiseaux volants bagués au tarse ou pour les bouquetins du Parc National des Écrins par exemple (cf.Partie 1.2.c, p.28).

D'autre part, la lecture de l'identification nécessite une grande proximité (moins de 1 mètre) entre le manchot et le lecteur, ce dernier étant soit fixé à un piquet soit porté par un homme. Ceci est peu adapté à certaines espèces comme le Manchot du Cap, car les individus circulent dans la colonie par de nombreux accès et ne sont pas concentrés sur un lieu de passage équipé d'un lecteur (BARHAM, 2008). La même difficulté est rencontrée sur des zones peu accessibles à l'homme, comme des falaises, sur lesquelles niche le Gorfou sauteur.

Si le transpondeur permet l'identification permanente d'un manchot, il est invisible, contrairement à une bague. La méthode de greffe présentée ci-dessous et décrite dans la partie 3 réunit les caractéristiques d'une marque visuelle et permanente.

ii. Objectifs de nos expérimentations

Notre objectif est de proposer un nouveau type de marque visuelle et permanente, qui permet de distinguer un Manchot royal au milieu de ses congénères. Théoriquement, cette marque pourrait être utilisée chez les autres espèces de manchots, exceptées celles du genre *Spheniscus*. La partie 3 (p.121) décrit la partie expérimentale de ce travail, réalisé sur deux espèces d'oiseaux domestiques.

- Une marque lisible à distance

La marque est constituée de quelques plumes déplacées entre deux zones du corps de couleurs contrastées. Sur un Manchot royal, nous envisageons d'insérer quelques plumes du dos du Manchot royal, gris foncé, appliquées sur la partie blanche de la poitrine. Ce point de quelques centimètres carrés contraste sur les plumes blanches et peut être repéré aux jumelles dans une colonie. La morphologie du manchot, bicolore,

de deux plages de couleurs unies et la très grande similitude entre les individus fait qu'une légère différence du plumage (tache, saleté ou blessure) est facilement repérée par l'œil humain à distance. Un individu peut être distingué à une centaine de mètres et parmi des milliers d'individus, surtout lorsque les reproducteurs couvent car les oiseaux sont alors orientés dans la même direction et peu d'individus se déplacent.

- Une marque avec un minimum de conséquences sur le comportement

Cette marque est placée sur la zone blanche de la poitrine afin qu'elle n'empiète pas sur la zone colorée jaune-orangé qui joue un rôle dans le choix du partenaire (PINCEMY, 2009) et le succès reproducteur. Il est possible que cette marque soit perçue comme une modification du plumage par les congénères et qu'elle ait donc des conséquences sur le comportement social. Nous pensons minimiser ces conséquences en choisissant une marque de plumes grises la plus petite possible, de 3 centimètres de côté environ, taille qui assure une bonne visibilité à distance. Les effets sur le comportement du manchot marqué vis-à-vis de ses congénères devront être observés et le succès reproducteur évalué dans le futur, une fois que ces marques seront appliquées à des manchots royaux en milieu naturel.

- Une marque « hydrodynamique »

Le résultat est comparable à celui d'une coloration ou d'une teinture puisque c'est une zone colorée sans objet surajouté, ce qui évite toute gêne physique pour l'individu marqué (après l'intervention elle-même). On s'affranchit des conséquences liées aux frottements sur la pousse et l'usure des plumes, ainsi que des effets de garrot de l'aileron. Enfin, aucune résistance supplémentaire n'est possible puisque l'on choisit des plumes de taille égale et que le morceau de peau est placé de telle manière que les plumes aient toutes la même orientation et ne forment pas d'épi sur le corps. L'avantage supplémentaire de cette technique par rapport à une coloration est sa durée de tenue toute la vie de l'oiseau.

- Une marque permanente

Afin que la marque ne disparaisse pas avec la chute des plumes au cours de la mue, nous avons choisi de fixer les plumes en greffant un petit morceau de peau. Cette technique a déjà été utilisée pour identifier des jeunes goélands (*Larus argentatus* et *Larus marinus*) captifs (COPPINGER, 1966). Les auteurs n'indiquent pas exactement pendant combien de temps les oiseaux sont gardés, mais les greffes restent en place pendant plus de 3 mois et après plusieurs mues successives.

Dans le cas des goélands captifs, le morceau de greffe portant les plumes autour de l'alula[11] est replacé sur le sommet du crâne pour une raison de visibilité. Dans le cas d'un Manchot royal en milieu naturel, il n'est pas envisageable de choisir ces zones de greffes. D'une part, l'anatomie de l'aileron ne se prête pas à une chirurgie de la peau vu le peu de tissus mous et les nombreuses structures délicates qui s'y trouvent : vaisseaux sanguins et nerfs (TRAWA, 1970 ; LOUW, 1992). De plus, l'aileron ne doit pas être blessé, même par chirurgie, étant donné son importance dans les déplacements des manchots.

- Une marque à associer avec un transpondeur

Théoriquement, la greffe est une marque qui pourrait permettre une identification individuelle, comme ceci est fait avec les teintures en faisant une combinaison de plusieurs points gris. Cependant, les morceaux de peau ne peuvent pas être nombreux pour des raisons de difficulté chirurgicale et de cicatrisation, ainsi que pour des raisons éthiques évidentes. Si chaque Manchot royal est marqué d'un gros chiffre, on peut remettre en question le bien-fondé de ce marquage visuel avant même de démontrer qu'il modifie le comportement des individus marqués. Bien que les T.A.A.F. soient très peu accessibles au public, un certain nombre de personnes en dehors du monde de la recherche visitent ces endroits : volontaires de terrain, hommes politiques, artistes et touristes. Il me paraît important que ce public ait une *image* de la recherche scientifique comme étant utile et respectueuse de l'animal. La greffe peut facilement

[11] L'alula est une plume située au niveau du poignet, sur le bord d'attaque (bord frontal) de l'aile.

être associée à un transpondeur, posé lors de la chirurgie afin que le marquage visuel soit complété par une identification individuelle.

- Un marquage nécessitant du matériel et des compétences vétérinaires

Ce marquage par greffe de peau nécessite une anesthésie générale et une chirurgie légère. Bien que cette méthode soit invasive, l'avantage majeur est que la capture du manchot n'est nécessaire qu'une fois dans sa vie, la marque et l'éventuelle identification par transpondeur pouvant être lues à distance. L'anesthésie et la chirurgie ne peuvent être réalisées que par des personnes formées, compétentes et autorisées. Ce point peut être une limite à la réalisation sur certaines colonies et dans certains pays, mais il est actuellement possible dans les T.A.A.F.

Étant donné l'importance de la silhouette et du profil d'un manchot dans ses déplacements, il est indispensable de greffer de la peau portant des plumes de taille comparable aux plumes de la zone où la peau est greffée. Cette condition respectée, la marque est placée le plus haut possible sur le corps du manchot, afin que l'individu soit rapidement distingué dans la colonie.

iii. Possibilités (matériel et humains) dans les T.A.A.F.

Le Manchot royal se reproduit sur 7 archipels dont l'archipel des îles Crozet qui rassemble près de la moitié de la population mondiale de l'espèce (JOUVENTIN, 1984). Plusieurs colonies de plusieurs dizaines de milliers de couples de manchots royaux se trouvent dans 2 archipels des T.A.A.F., dont la plus grosse colonie connue au monde rassemble environ 700 000 couples sur l'île aux Cochons de l'archipel des Îles Crozet (GUINET, 1995).

Une des colonies les plus étudiée au monde est celle de la Baie du Marin. Elle est très bien équipée et facile d'accès pour les humains, car elle se trouve à proximité de la base scientifique de l'archipel des Îles Crozet et y est reliée par une piste. Parmi les bâtiments implantés sur la colonie, une salle de chirurgie est installée depuis une

quinzaine d'années. Des chirurgies sont réalisées sont anesthésie générale gazeuse sur des manchots royaux chaque été pour des études sur leur écologie et sur leur physiologie avec l'implantation intra-abdominale d'appareils de mesure de température par exemple. Il n'y a aucun habitant sur ces îles, mais du personnel scientifique et technique se relaie et la présence humaine est permanente tout au long de l'année dans la base scientifique ainsi qu'à la colonie de la Baie du Marin.

Depuis 2013, une salle de chirurgie a été installée avec le même équipement, proche de la colonie de gorfous macaroni de Cap Cotter, sur l'île principale de l'archipel des Kerguelen. Le bâtiment est plus rudimentaire (une cabane de bois) et moins facile d'accès, puisque plusieurs jours de marche sont nécessaires pour la rejoindre depuis la base scientifique. La présence humaine y est temporaire, pendant les quelques mois d'été et ponctuelle en hiver.

Sur ces deux sites, les personnes réalisant ces chirurgies sont soit un chercheur et physiologiste exercé à la manipulation du Manchot royal et avec autorisation d'expérimentation animale, soit des vétérinaires recrutés de manière ponctuelle pour travailler au cours d'une saison de reproduction. Les autorisations pour réaliser ces chirurgies sont demandées auprès du comité d'éthique polaire de l'I.P.E.V. chaque année et pour chaque type d'expérimentation. Si la réglementation n'a jamais été un frein à la réalisation d'études et de chirurgies dans les T.A.A.F., la disponibilité de personnes capables peut l'être. Ailleurs dans le monde, l'équipement matériel d'une colonie avec une salle de chirurgie semble être aussi la principale limite à l'utilisation de la technique de greffe.

c. Les dispositifs de perçage cutané

La deuxième marque visuelle qui fait l'objet de nos expérimentations est semblable au *fish-tag* une fois mis en place sur le manchot. Cependant, la technique de marquage est différente, dans le but d'obtenir une durée de tenue plus longue.

L'objet utilisé est un *piercing*, utilisé chez les humains. Il est composé d'une tige d'une matière semblable à du plastique souple, le Bioflex, et de deux sphères creusées d'un filetage. Une partie de la tige est glissée sous la peau. Les billes sont vissées au niveau des points de sortie de cette tige, à l'extérieur de la peau afin de bloquer l'objet. La forme et le positionnement du dispositif sur les oiseaux dans le cadre de nos expérimentations sont très proches de ceux d'un *piercing* humain porté au nombril.

Dans le cas des oiseaux, la partie crâniale de la tige est coupée court au dessus de la peau et est cachée par les plumes. La partie caudale est longue de 6 cm à l'extérieur de la peau, la moitié de la longueur dépasse des plumes et est donc la partie visible de l'objet. Le diamètre de la tige est de 1,92 mm. Le diamètre extérieur des billes est de 5 mm. Afin que la marque soit le plus visible possible sur des plumes sombres, la tige a été choisie de couleur jaune vif.

La composition du Bioflex est inconnue, son innocuité n'a donc pas pu être établie (BERTRAND, 2006), mais ce matériau est biocompatible d'après les retours des personnes qui l'utilisent.

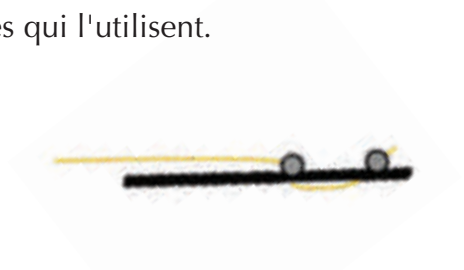


Figure 6 : Représentation schématique du dispositif sous la peau. (Schéma T.Powolny)

Légende :

Trait noir : peau.

Trait jaune : tige de Bioflex.

Billes grises : billes filetées.

Ce matériau et cette technique n'ont jamais été utilisés sur un animal à notre connaissance. Les avantages et inconvénients de ce dispositif de perçage cutané sont présentés dans la partie expérimentale qui suit.

3. Partie expérimentale : deux nouvelles méthodes de marquage visuel par chirurgie.

Dans cette partie sont décrits les premiers tests de deux méthodes de marquage visuel : le perçage cutané et l'autogreffe cutanée. Ces expérimentations sont faites sur plusieurs espèces d'oiseaux mais elles ont pour but de proposer une nouvelle marque visuelle du Manchot royal.

Les différents plumages du Canard colvert (*Anas platyrhynchos*) mâle sont évoqués à plusieurs endroits dans le texte ainsi que les mues qui permettent le renouvellement des plumes. Le schéma ci-dessous décrit la succession de ces évènements pour un Canard colvert dans sa première année de vie et pour un Canard colvert adulte.

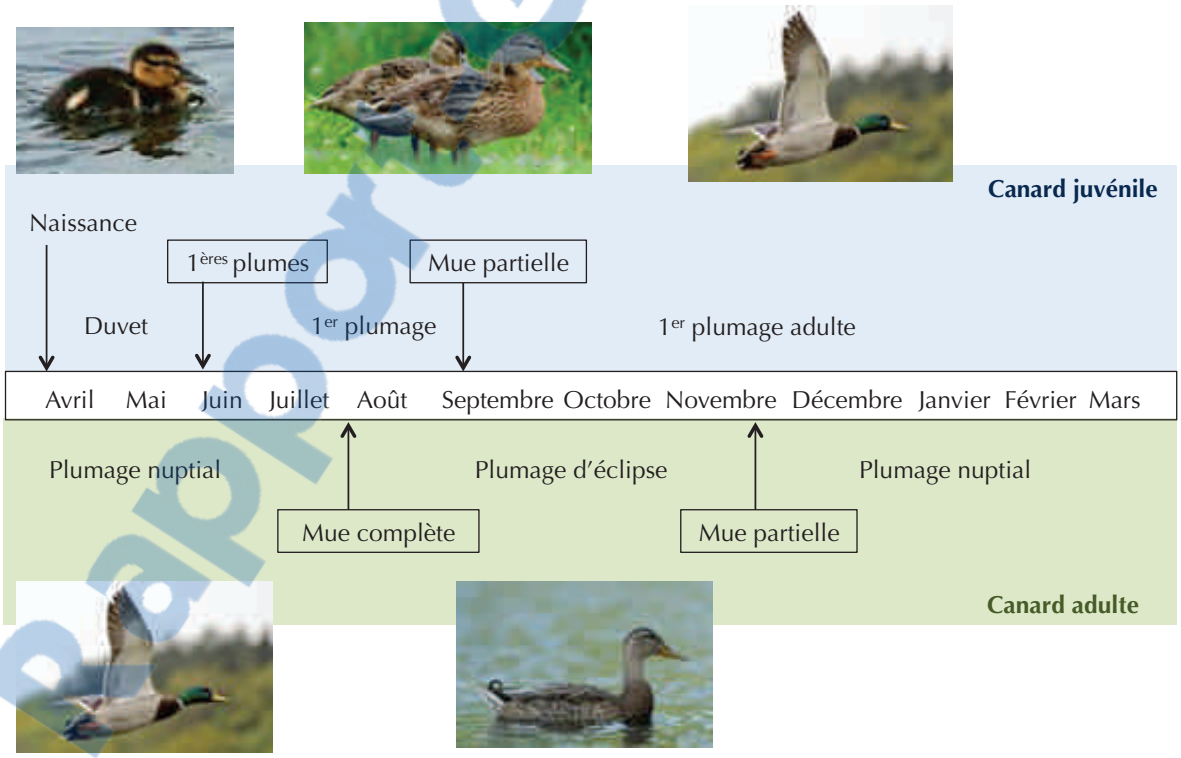


Figure 7 : Chronologie des mues chez le Canard colvert **adulte** (en vert, en bas) et lors de sa **première année** (en bleu, en haut).

Rapport-Gratuit.com

1. Perçage cutané : pose d'une marque visuelle.

Des chirurgies de perçage cutané sont réalisées sur sept canards colverts adultes et huit manchots royaux adultes.

a. CANARD COLVERT

i. Matériel et méthode

- Animaux

Les sept canards colverts sont marqués avec ce dispositif de marquage à l'âge de six mois, après avoir acquis leur premier plumage typique de mâle.

- Protocole

Le Canard colvert est mis à jeun la veille au soir avec de l'eau à disposition, et l'eau est retirée une nuit ou une demi-journée avant l'intervention. La marque, constituée du dispositif décrit ci-dessus, est posée au cours de la même opération que la greffe de peau, dont la technique est décrite dans la partie suivante, p.140. La durée de l'anesthésie est de ce fait plus longue que la durée nécessaire au perçage cutané seul.

Anesthésie

L'induction et le maintien de l'anesthésie sont faits à l'isoflurane (Vetflurane®), administré aux canards colverts par l'intermédiaire d'un masque.
Une antibioprophylaxie est réalisée avec de la céfalexine (Rilexine®) à 50 mg/kg, ou de la marbofloxacine (Marbocyl®) à 60 mg/kg, administrée en début d'anesthésie par injection intra-musculaire. L'analgésie per-opératoire est assurée par du butorphanol (Dolorex®) à 0,75 mg/kg administré par injection intra-musculaire, et par de la lidocaïne (Xylocaïne adrénaline®) administrée localement. Du méloxicam (Loxicom®) est également administré à 0,2 mg/kg par injection intra-musculaire.

Temps opératoire

On souhaite que la marque visuelle soit visible sur le dessus du corps, afin que l'oiseau marqué puisse être repéré lorsqu'il est dans l'eau ou au repos, la tête sous l'aile. La tige en plastique ne doit pas être cachée dans l'épaisseur des plumes du dos et des ailes et le perçage cutané ne doit pas léser la glande uropygienne située sur le croupion. La partie visible du dispositif est donc sur le dessus du croupion et dépasse légèrement de la queue. Le perçage doit être fait plus haut, dans la peau du bas du dos.

Les plumes sont écartées sur une ligne d'environ 5 cm de long, sur laquelle des plumes de duvet sont arrachées et la peau nettoyée à l'alcool à 70°. Des compresses stériles sont placées sur les plumes avoisinantes, afin de les isoler du matériel placé sous la peau. Un mandrin de cathéter intra-veineux 12 G (152 mm de long) est utilisé pour percer la peau aux points de sortie de la tige du dispositif. Le mandrin est inséré dans le tissu sous-cutané sur 4 cm et le cathéter laissé en place. La tige du dispositif est insérée dans le cathéter avec la bille crâniale déjà vissée puis le cathéter retiré. Pour bloquer le dispositif au point de perçage caudal, une tête de collier rislan est serrée juste au dessus de la peau, remplaçant la deuxième bille.

Ill. 33 : Canard colvert anesthésié avec un *piercing* mis en place sous la peau. (Photos Y.Handrich)

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Temps post-opératoire

Le plumage du Canard colvert est séché au niveau de la zone de perçage.

ii. Résultats

- À court terme

Les canards colverts sont inspectés à distance quotidiennement. Ils sont pris en main et inspectés individuellement une ou deux fois pendant la première semaine après la chirurgie pour évaluer la cicatrisation autour du dispositif.
Les résultats attendus sont une réaction inflammatoire modérée et temporaire et une cicatrisation cutanée de la zone des points de perçage en quelques mois (BERTRAND, 2006). On observe dans un premier temps des croûtes de sérosités au niveau des plaies de perçage, puis des marges propres à l'insertion de la tige en plastique.

- À long terme

Dans les semaines qui suivent la chirurgie, on s'attend à ce que la peau des points d'entrée de la tige en plastique ait cicatrisé et qu'il y ait eu épidermisation du tissu sous-cutané au contact de la tige. Celle-ci devrait facilement coulisser sous la peau lorsqu'elle est mobilisée.
Il est possible, mais non souhaité, que le dispositif soit rejeté comme un corps étranger de l'organisme. Dans ce cas, il y a épidermisation du tissu sous-cutané à proximité des muscles, mais pas du tissu sous-cutané le plus superficiel, et la peau située au dessus de la tige en plastique ne cicatrise pas. L'objet qui était inséré dans le tissu sous-cutané se retrouve progressivement à l'extérieur du corps.

Aucun rejet ni perte de dispositif n'est observé dans notre groupe de canards colverts.
Un individu a été retrouvé mort 3 mois après la chirurgie, la cause de la mort n'a pas été identifiée et l'autopsie n'a pas pu être faite.

Cinq mois après la chirurgie, les tiges sont toujours en place sur le dos des 7 autres canards colverts. L'épidermisation du canal percé dans le tissu sous-cutané est impossible à évaluer, mais les points d'entrée de la tige sont nets et propres. Chez un individu, une infection locale modérée est remarquée 5 mois après la chirurgie.

Ill. 34 : Dispositif sur un Canard colvert, 8 mois après la chirurgie. En haut : la partie visible de la tige jaune dépasse les plumes du croupion. En bas, le collier rislan qui bloque une extrémité du dispositif. (Photos M.Netchaïeff et Y.Handrich)

Le comportement des canards colverts ne semble pas être modifié par la présence de la tige jaune sur le croupion. L'individu qui porte la marque visuelle ne s'attarde pas sur cet objet lors de ces activités de nettoyage ou de baignade par exemple. Les congénères ne semblent pas porter d'intérêt à l'objet.

b. MANCHOT ROYAL

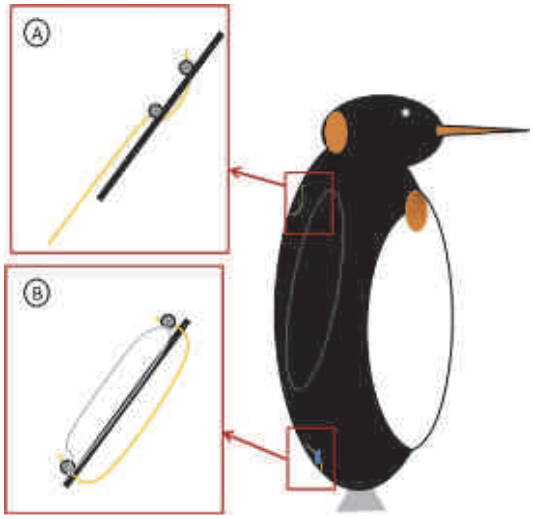
i. Matériel et méthode

- Animaux

Le marquage visuel par la pose de piercings cutanés est fait sur 20 manchots royaux adultes. Tous les individus sont en cours de reproduction, en train de couver ou d'élever un jeune poussin. Ils proviennent de la colonie de la Baie du Marin (46°43 E, 51°87 S), sur l'île de la Possession de l'archipel Crozet.

- Choix de l'emplacement de la marque visuelle

On a vu dans la première partie qu'un objet ajouté à la silhouette d'un manchot doit être placé dans l'axe médian du corps et dans le sens de la longueur, le plus bas possible sur le dos avant la glande uropygienne (cf.p.126). Pour repérer un Manchot royal dans la colonie, il est nécessaire de placer la marque visuelle plus haut sur le corps. Dans ce cas, la marque visuelle étant une tige de plastique souple de petit diamètre, il a été choisi de placer ce dispositif sur le dos, entre la base des ailerons, soit entre les scapulas sur la ligne médiale du corps. La résistance de l'eau sur un objet de cette taille et d'un matériau flexible devrait être plus faible que sur un objet rigide, linéaire et à bords nets comme une bague.



Le trait noir des encadrés représente la peau, le trait jaune, la tige de plastique, le trait gris, l'appareil de mesure.

Figure 8 : Position des 2 perçages cutanés sur un Manchot royal. A : la marque visuelle, B : le dispositif portant un appareil de mesure. (Schéma T.Powolny)

- Protocole

Les manchots royaux qui ont été marqués par perçage cutané ont aussi été utilisés pour une autre étude. Celle-ci demandait la pose d'un appareil de mesure en position intra-abdominale, qui s'est donc faite sous anesthésie générale. Ces 10 manchots royaux ont subi un protocole anesthésique et chirurgical adapté à cette laparotomie. Les 10 autres manchots royaux, qui n'ont été équipés qu'avec la marque visuelle, n'ont eu aucune anesthésie.

Anesthésie

Ce protocole concerne 10 individus. Les perçages sont réalisés dans une salle aménagée spécifiquement pour la chirurgie dans un bâtiment préfabriqué. Il est installé dans la colonie, à quelques mètres des individus qui couvent ou qui élèvent leur poussin.

Une prémédication est faite avec du diazépam (Valium®) à 0,5 mg/kg administré par injection intra-musculaire. L'antibioprophylaxie est assurée par de la marbofloxacine (Marbocyl 10%®) à 10 mg/kg, administrée par injection intra-musculaire.
Du bromure de glycopyrronium (Robinul®) est administré à 0,01 mg/kg par injection intra-musculaire avant le début de la chirurgie, dans le but de limiter les sécrétions des voies respiratoires hautes (LIERZ, 2012). L'induction de l'anesthésie est faite à l'isoflurane (Vetflurane®), administré au Manchot royal par l'intermédiaire d'un masque puis d'une sonde endotrachéale pendant le maintien de l'anesthésie. L'analgésie per-opératoire est assurée par du butorphanol (Dolorex®) à 0,75 mg/kg par injection intra-musculaire et par de la lidocaïne (Xylocaïne adrénaline®) administrée localement. L'anesthésie dure de 1h10 à 1h50 selon les individus et dure 1h25 en moyenne, mais cette durée n'est pas représentative du temps nécessaire au perçage cutané, puisqu'une laparotomie est faite à la suite.

Après induction de l'anesthésie, le Manchot royal est placé en position ventro-dorsale pour la chirurgie intra-abdominale dont on ne détaillera pas le protocole, puis placé en position dorso-ventrale pour fixer la marque visuelle.

Ill. 35 : Salle de chirurgie installée dans la colonie de la Baie du Marin. (Photo P. Mistral, 2013).

Temps opératoire

Le perçage cutané est fait selon le même protocole que celui suivi pour les canards colverts.

Les plumes sont écartées sur une ligne d'environ 5 cm de long, sur laquelle des plumes de duvet sont arrachées et la peau nettoyée à l'alcool à 70°. Deux plumes sont arrachées, une à chaque point de perçage, à l'entrée et à la sortie de la tige. Un mandrin de cathéter intra-veineux 12 G (152 mm de long) est utilisé pour percer la peau aux points de sortie de la tige. Le mandrin est inséré dans le tissu sous-cutané sur 4 cm et le cathéter laissé en place. La tige est insérée dans le cathéter avec la bille la plus caudale déjà vissée puis le cathéter retiré. Pour bloquer le dispositif au point de perçage crânial, la deuxième bille est vissée juste au dessus de la peau.

Les 10 manchots royaux du deuxième groupe ont été marqués sans anesthésie après avoir été isolés de leurs congénères, à l'écart de la colonie. L'analgésie est assurée par injection sous-cutanée de lidocaïne (Xylocaïne adrénaline®) au niveau des deux points de perçage de la peau dans la majorité des cas. Malheureusement, les trois premiers manchots ont été marqués sans analgésie. Une antibioprophylaxie est faite avec de la marbofloxacine (Marbocyl 10%®) à 10 mg/kg, administrée par injection intra-musculaire.

Le dispositif est mis en place de la même manière.
La pose de la marque visuelle dure environ 20 minutes, en incluant les mesures biométriques préliminaires au perçage.

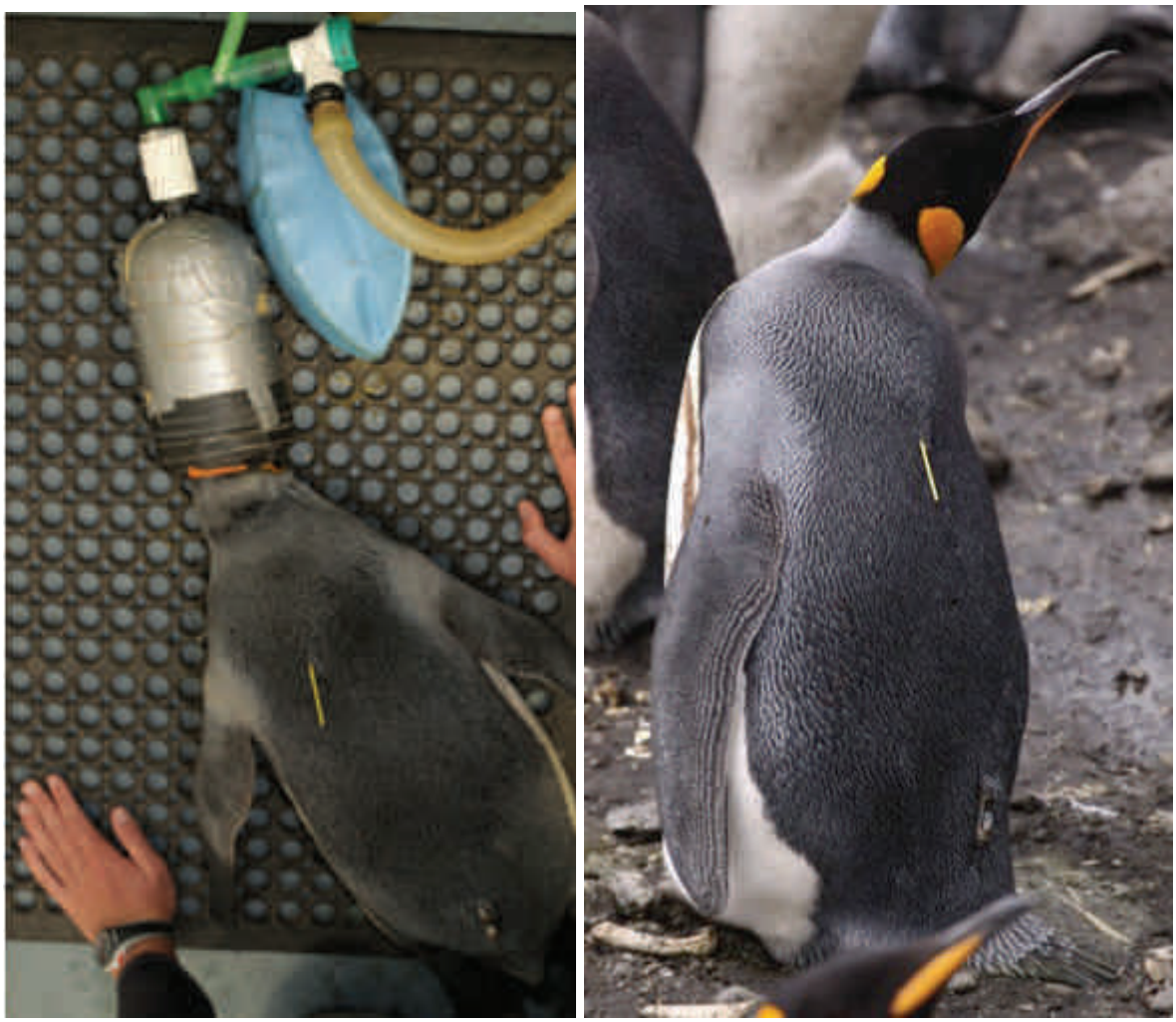
L'opération est répétée une deuxième fois dans le bas du dos afin de fixer un petit appareil de mesure : dans ce cas, la tige de plastique fixée par les billes est un support et une fixation dans le tissu sous-cutané, mais ne sert pas de marque visuelle. Les résultats liés à cette fixation d'appareil de mesure seront notés et discutés dans les parties suivantes, puisque la tenue du piercing à la peau est un des points que nous souhaitons évaluer.

Temps post-opératoire

À la fin de l'anesthésie, l'antibioprophylaxie est assurée par de la céfalexine (Rilexine®) à 50 mg/kg administrée par injection intra-musculaire et répétée 2 fois par jour pendant 3 jours. Une injection intramusculaire d'anti-inflammatoire (carprofène, Rimadyl®) à 2 mg/kg est aussi faite.
Chaque individu est marqué par un chiffre de couleur marron peint sur la poitrine avec de la teinture pour cheveux. Cette deuxième marque visible à distance est utile en prévision des contrôles visuels ultérieurs, puisque les piercings sont utilisés pour la première fois sur des animaux sauvages et en liberté. Chaque individu est aussi équipé d'un transpondeur pour une identification individuelle.

Les durées de réveil sont très variables d'un individu à l'autre, c'est pourquoi le Manchot royal est maintenu en captivité dans un enclos de 4m^2 environ, isolé de ses congénères. Il est relâché dans la colonie, à l'emplacement où il a été capturé 5h en moyenne après la fin de la chirurgie.

Dans le cas des manchots royaux marqués sans anesthésie, les individus sont relâchés dans la colonie sans délai après la pose des dispositifs.



Ill. 36 : À gauche : Manchot royal anesthésié, avec 2 dispositifs en place, en haut la marque visuelle et en bas, un appareil de mesure fixé par perçage cutané.

À droite : Manchot royal relâché dans la colonie avec les 2 dispositifs. (Photos T.Powolny)

ii. Résultats

Les manchots royaux ont été équipés de tiges lorsqu'ils étaient en période de couvaison ou d'élevage d'un jeune poussin. À ce moment de la reproduction, les deux adultes du couple alternent des séjours à la colonie pour garder l'œuf ou le poussin avec des séjours en mer de même durée pour se nourrir et faire des réserves de nourriture pour le poussin.

Les 20 manchots royaux ont été capturés lorsque leur partenaire venait de rentrer à l'emplacement du nid. Ils allaient donc partir immédiatement en mer. Comme la chirurgie a empêché leur départ en mer, on s'attend à ce qu'ils partent en mer quelques jours après, une fois que la peau a commencé à cicatriser.

Grâce à l'appareil de mesure dont 10 manchots royaux sont aussi équipés, leur date de départ en mer est connue. Ces individus sont partis entre 5 et 11 jours après la chirurgie, 6 jours en moyenne sur 9 individus.
Pour les manchots royaux qui n'ont pas subi d'anesthésie, l'observation de la relève du partenaire et du nourrissage du poussin était la garantie du séjour en mer de l'adulte marqué avec le dispositif.

- À court terme

Les individus dont le dispositif a été posé sous anesthésie sont de nouveau capturés après un voyage en mer, après qu'ils aient fait la relève de leur partenaire, qui est parti en mer. La peau peut donc être examinée soigneusement au niveau du perçage avec l'oiseau en mains.

Après 5 à 20 jours en mer selon les sujets, les dispositifs sont ré-inspectés. Un individu a perdu le dispositif, on observe les trous de perçage non cicatrisés. Chez les 19 autres individus, la marque visuelle est en place. Sur plusieurs individus, on observe un élargissement des points d'entrée et de sortie de la tige du dispositif, et un enfoncement de la bille sous la peau chez une majorité des individus. La bille peut avoir glissé dans

Rapport-Gratuit.com

le tissu sous-cutané, entraînant la perte de la marque. D'une manière générale, chez tous les individus, la tension de la peau et la présence de la bille peuvent gêner la cicatrisation.

Ceci peut être expliqué par un espacement trop important des trous de perçage lors de la chirurgie. La longueur de la tige étant pré-établie et fixe, le dispositif est trop tendu sous la peau et la peau est plissée entre les deux billes. La distance entre les deux trous doit être inférieure à la distance séparant les billes du dispositif, puisque la tige est courbée en profondeur, dans l'épaisseur de la peau. Les billes devraient être attachées de manière lâche au dessus de la peau au lieu d'être fixées trop proche de la peau, afin qu'elles ne soient pas comprimées par l'œdème des tissus dû à la réaction inflammatoire.

Une autre hypothèse à l'enfoncement des billes sous la peau peut être que la cicatrisation n'était pas assez avancée au moment du départ en mer du Manchot royal, et que le contact de la peau avec l'eau de mer ait agressé les tissus et empêché la cicatrisation correcte des points de perçage.

- À long terme : après l'hiver

Les manchots royaux reviennent à la colonie chaque année à la fin de l'hiver pour muer, ce qui permet de suivre les individus marqués d'une année sur l'autre et de les observer pendant les 6 mois de la période à terre. En revanche, pendant l'hiver, le suivi est impossible puisque les manchots sont au large et leurs activités sont en grande partie inconnues.

Une fois que la peau est cicatrisée, le dispositif devrait rester fixé durant toute la vie de l'animal.
Il est possible qu'un accident (morsure, arrachage de l'objet) déchire la peau entre les billes qui fixent le dispositif, cependant, le matériau très lisse et souple rendent peu probable un accrochage par le bec d'un autre oiseau (prédateur ou congénère) ou par

des végétaux sous l'eau. Cependant, la cicatrisation complète dure plusieurs semaines à plusieurs mois (BERTRAND, 2006), d'après les données en médecine humaine.
Le manchot royal a poursuivi ses activités à terre et en mer quelques jours après le perçage, avant que la cicatrisation soit terminée. Le suivi de l'état de la peau doit donc se poursuivre pendant plusieurs mois afin d'évaluer la tenue de la marque visuelle.

Deux mois après la chirurgie, 16 manchots royaux parmi les 20 marqués sont observés à la colonie. Au cours de l'hiver, les individus sont observés ponctuellement sur six mois et non de manière groupée. Dix manchots royaux sont alors observés, dont la moitié seulement portent la marque-tige et l'appareil de mesure fixé par le dispositif. Les 5 autres individus ne portent que l'un des deux éléments, tige ou appareil fixé par perçage.
À l'époque de la mue, soit 9 mois après la chirurgie, 12 de ces 20 manchots royaux sont revus : 8 avec un des deux éléments fixés par perçage, dont 4 ne portent que la marque-tige et 2 ne portent que l'appareil de mesure et 4 ont perdu les deux éléments mais sont identifiés grâce au chiffre peint sur la poitrine.
Parmi ces derniers, on observe que le plumage est abîmé à l'emplacement des perçages. Les plumes manquantes et formant un épi peuvent témoigner d'un arrachage du dispositif et d'une cicatrisation de la peau par seconde intention, entraînant un mauvais alignement des plumes.

Ill. 37 : Les perçages cutanés sur des manchots royaux après l'hiver.

À gauche : état du plumage à l'emplacement d'un dispositif perdu.

À droite : dispositif de fixation d'un appareil de mesure, n'étant plus plaqué contre la peau et les plumes.
(Photos Y.Handrich)

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Au moment où une personne était disponible pour faire le contrôle visuel dans la colonie, certains manchots royaux étaient déjà en train de muer. Les chiffres peints sur la poitrine pouvaient donc avoir déjà disparu et les individus marqués ont pu passer inaperçus si les dispositifs étaient tombés. Les *piercings* fixant l'appareil de mesure sont retirés des individus ré-observés.

Les individus qui ont toujours un dispositif pourront être observés dans le futur et leur présence notée, puisque la présence humaine est continue sur l'année dans la colonie de la Baie du Marin.

Résumé des observations des manchots royaux marqués par un dispositif de *piercing* et équipés d'un appareil de mesure fixé au corps par un dispositif à tige.

Hiver, 3 à 8 mois après la chirurgie : 5/20 individus (25%) ont les deux dispositifs, 5 ont un des deux dispositifs, 10 ne sont pas ré-observés.
À la mue suivante, 9 mois après la chirurgie : 2/20 individus (10%) ont les deux dispositifs, 6 ont un des deux dispositifs, 4 n'en ont aucun (20%), 8 ne sont pas ré-observés (40%).

c. Discussion : perçage cutané.

Les résultats sont très différents entre les 2 espèces, l'une domestique et l'autre sauvage et en milieu naturel. Le dispositif avec tige est efficace comme marque visuelle et semble ne poser aucune gêne aux canards colverts. En revanche, de nombreux manchots royaux ont perdu les tiges après leur séjour en mer hivernal.

i. Protocole et technique chirurgicale

- Canard colvert

La cicatrisation autour d'un objet comme la tige est plus longue que la cicatrisation d'une plaie chirurgicale simple, et dure quelques mois pour la peau humaine (GUIARD-SCHMID, 2000). La cicatrisation est d'autant plus rapide si la plaie reste propre et ne s'infecte pas. Grâce à l'anesthésie générale, le risque d'infection est faible au moment de la pose de la marque, mais le risque d'infection ultérieure est beaucoup plus important. En effet, dès que la chirurgie est terminée, les plumes sont au contact du dispositif et les soins quotidiens recommandés aux humains (GUIARD-SCHMID, 2002) après un perçage n'ont pas été réalisés. De plus, il est difficile de maintenir une hygiène correcte de la zone percée et du dispositif car les canards colverts se baignent plusieurs fois par jour, ce qui favorise la contamination des plaies de perçage par des bactéries (GILHODES, 2013). Le lissage du plumage avec le bec et la tête peut aussi entraîner une contamination de la plaie (SAMANTHA, 1998).

Il est probable qu'une irritation due à la cicatrisation de la plaie et une douleur modérée aient entraîné un nettoyage plus fréquent dans les jours qui ont suivi la chirurgie, ce qui retarde la cicatrisation (CULIK, 1991). Certains canards colverts sont logés par cinq dans une même courette. Cette cohabitation a posé un problème dans la mesure où deux individus sont particulièrement agressés par les autres. Les plumes sont abîmées sur certaines parties du corps, mais la marque visuelle n'est pas attaquée ni visée par ces individus dominants et agressifs. Ainsi, les coups de bec ne semblent pas avoir blessé la peau qui a été percée ni gêné la cicatrisation.

Malgré ces facteurs favorisants l'infection secondaire de la zone de perçage, aucune infection marquée n'a été remarquée sur les canards colverts.

Le dispositif ne semble pas modifier le comportement individuel ou social des individus marqués, ni attirer l'attention des congénères et favoriser le piquetage. Ces observations sont encourageantes, puisque les marques visuelles impactent fréquemment le comportement surtout lorsqu'il s'agit d'un objet dépassant du corps et coloré (REGEHR, 2003 ; WILSON, 1990 ; WILSON, 1989 ; CALVO, 1992).

Cependant, les observations faites sur ce groupe de canards colverts ne peuvent pas être transposées à la même espèce en milieu naturel dans la mesure où les canards captifs sont tous des mâles, logés sur une surface relativement petite et sans aucun prédateur. Le comportement social est donc différent, par exemple en ce qui concerne la reproduction ou la compétitivité vis-à-vis de la nourriture.
Ces observations ne peuvent donc pas non plus être appliquées au Manchot royal, dont le comportement devra être observé sur les individus sauvages après la pose d'un dispositif à tige.

- Manchot royal

Comme pour le Canard colvert, les risques d'infection secondaire sont élevés étant donnés l'environnement (colonie d'oiseaux de mer à l'embouchure d'une rivière avec terre, eau de mer, fientes et animaux) et les activités (lissage du plumage, baignade dans la rivière) du Manchot royal.
Le risque d'infection primaire (lors de la chirurgie) est plus important dans le cas où le perçage cutané est réalisé sans anesthésie, puisque les règles d'asepsie et d'antisepsie sont moins respectées (SAMANTHA, 1998). Une antibioprophylaxie est donc recommandée pour tous les individus qui seront marqués par perçage cutané ultérieurement.

Trois manchots royaux ont subi un perçage cutané sans avoir reçu d'administration de lidocaïne. L'expérimentateur remarque que la contention et le geste chirurgical « sont

grandement facilités par l'injection d'anesthésique {lidocaïne adrénalinée, Xylocaïne ®}, sans pour autant allonger le temps de manipulation de l'animal » (T. Powolny). L'analgésie est évidemment un point essentiel de la pose du dispositif et de la cicatrisation rapide de la peau. Elle doit être assurée chez tous les individus qui seront marqués par perçage cutané, au minimum par un analgésique local comme cela a été utilisé pour une partie des individus. Les injections sous-cutanées peuvent être faites au début de la manipulation de l'oiseau, avant les mesures biométriques, ce qui laisse le temps au produit d'agir (10 minutes en moyenne) et d'insensibiliser la peau avant le perçage sans perdre de temps. L'action de la lidocaïne peut être complétée par un analgésique à action systémique comme le butorphanol (Dolorex®) (LIERZ, 2012), qui est déjà utilisé chez le Manchot royal lors de chirurgie sous anesthésie générale.

Il n'y a pas eu de difficulté majeure pendant les chirurgies, en partie grâce à la grande taille du Manchot royal qui facilite les gestes du chirurgien. La mesure de la distance utile sur la peau, entre les points d'entrée et de sortie de la tige en plastique, et la fixation des billes demande de la précision, au risque de blesser les tissus (cf.la partie « Résultats à court terme » p.131) et de diminuer les chances de tenue du dispositif.

ii. Tenue du dispositif sous-cutané

Tous les dispositifs à tige ont tenu sur les sept canards colverts jusqu'à maintenant, un an après la chirurgie. Ceci est en faveur de notre protocole et de notre technique chirurgicale. En revanche, la majorité des manchots royaux (au moins 50%, sachant que 40% des individus ne sont pas ré-observés) ont perdu un ou deux *piercings* dans les mois qui ont suivi la chirurgie. Cette très grande proportion de résultats négatifs est en défaveur de l'utilisation de ces marques visuelles sur des oiseaux sauvages en liberté avant d'avoir compris et corrigé les causes de la perte des dispositifs.

En effet, cette perte et la distension du moyen de fixation de l'appareil de mesure (cf. Ill.38, p.133) ont de toute évidence pénalisé les individus équipés pendant une grande partie de leur période de reproduction. La perte de plumes a plusieurs effets : la perte d'étanchéité par le plumage, la perte de l'isolation thermique et la perturbation de la

silhouette hydrodynamique du corps. Tous ces effets ont pour conséquence une augmentation des dépenses énergétiques de l'individu, à la fois lorsqu'il se déplace et se nourrit en mer et lorsqu'il nourrit son poussin à terre. On peut expliquer le déplacement de l'appareil de mesure par l'action de la pression de l'eau et par les coups de becs accidentels ou volontaires du Manchot royal (WILSON, 1989). Quelle qu'en soit la cause, cette attache lâche gêne l'individu dans ses déplacements dans l'eau en déformant la silhouette du corps et en augmentant sa résistance au mouvement. De plus, cela augmente les risques d'accrochage du dispositif et de déchirement de la peau.

Une hypothèse émise pour expliquer ces nombreuses pertes de dispositifs est que l'objet est rejeté car la tige est de trop petite taille. Chez les humains, les *piercings* posés sur les zones les plus vascularisées comme la langue doivent être de plus gros diamètre que sur des zones de peau, au risque d'être rejetés. Par exemple, un *piercing* de 1,9 mm de diamètre tient sur le nombril mais est rejeté sur la langue, alors qu'un *piercing* de 2,5 mm tient sur la langue.

Les éléments en faveur du rejet du dispositif et présents dans le contexte du perçage chez le Manchot royal sont : i) la zone de perçage cutané, ii) la mobilisation de l'objet par le bec et iii) la cicatrice présente après plusieurs mois. En effet, le rejet est le plus souvent observé sur un *piercing* dit "de surface", comme celui au niveau du nombril humain (DUHAUT, 2008), contrairement au perçage cutané traversant le lobe ou le cartilage de l'oreille par exemple.

Les éléments en défaveur du phénomène de rejet sont i) l'apparition tardive du rejet par rapport à la chirurgie, ii) le non-rejet des dispositifs sur les canards colverts malgré la mobilisation de l'objet par le bec, iii) les autres "signes cliniques". En effet, le rejet apparaît le plus souvent dans les deux semaines qui suivent le perçage (DUHAUT, 2008), alors que les pertes de dispositifs ont eu lieu plusieurs mois après l'intervention chirurgicale. Un seul Manchot royal avait perdu un dispositif 3 semaines après l'intervention, mais dans ce cas, les trous de perçage étaient béant sans que la peau soit déchirée. Une bille a pu glisser sous la peau ou se dévisser pour expliquer cette perte, mais le rejet aurait fait une cicatrice sur toute la longueur de la tige. De plus, la distension du moyen de fixation de l'appareil de mesure est plutôt en faveur d'une

déchirure de la peau sous l'effet de la résistance de l'eau lors des déplacements de l'individu.

Vu les résultats plutôt satisfaisants sur les canards colverts, il est peu probable que les dispositifs aient été rejetés, si l'on considère que les mécanismes de rejet sont communs à toutes les espèces d'oiseaux. Il est raisonnable de penser que les mécanismes tissulaires et cellulaires de rejet d'un objet étranger sont communs à de nombreux taxons.

Si les manchots royaux portant un dispositif sont retrouvés dans la colonie les étés suivants, ou si ces marques visuelles sont malgré tout utilisées dans le futur, il est primordial de les observer afin d'évaluer certains effets immédiatement perceptibles sur le comportement.
Le suivi d'un individu pendant une journée est un bon indicateur du comportement du Manchot royal à terre. On noterait si le Manchot royal marqué s'intéresse au dispositif fixé, s'il tente de l'enlever ou si cela le gêne lors de son nettoyage. On noterait aussi si les interactions sociales sont modifiées, avec par exemple, une attaque de l'objet ou de l'individu par les congénères croisés lors de ses déplacements dans la colonie. Ceci doit être fait à différents stades de la reproduction (paradant, défendant son nid, nourrissant son poussin) et de statuts différents (reproducteur ou non reproducteur). Le dispositif peut attirer l'attention des oiseaux charognards et prédateurs des poussins et des œufs comme les pétrels géants, les labbes et les chionis (ou bec-en-fourreau), avec lesquels un Manchot royal interagit quotidiennement à terre.

Le marquage des oiseaux ne pose pas de difficulté, mais l'ajout d'un objet fixé sous la peau ne semble pas adapté à l'heure actuelle à l'environnement du Manchot royal ni à ses activités. Ces perçages cutanés nous encouragent à nous tourner vers des méthodes de marquage qui ne font pas intervenir de corps étrangers.

2. Auto-greffe cutanée

Des chirurgies sont réalisées sur 10 canards colverts juvéniles, 7 canards colverts adultes et 8 perruches ondulées (*Melopsittacus undulatus*). Un morceau de peau portant des plumes du corps est ôté et replacé sur une zone du corps qui porte de plumes de couleur différente. La peau greffée provient de l'individu sur lequel la peau est greffée, l'individu donneur est l'individu receveur, on parle donc d'une autogreffe cutanée.

La zone où le morceau de peau est prélevé est appelée "zone de prélèvement" ; la zone où le morceau de peau est replacé et suturé est appelée "zone de greffe" ; la marque visuelle qui est le morceau de peau déplacé est appelée "greffon".

a. CANARD COLVERT JUVENILE

i. Matériel et méthode

- Animaux

Les autogreffes de peau sont réalisées sur dix canards colverts mâles en plumage juvénile. Les canards proviennent d'un même lot d'élevage et sont âgés de 7 semaines au moment de la première chirurgie. Ils sont en premier plumage depuis leur naissance : ils ont une coloration uniforme brun-roux sur tout le corps et les ailes, ressemblant au plumage d'une femelle.

Cette espèce a été choisie pour son caractère domestique, son plumage avec des plages de couleurs contrastées chez les adultes et sa taille relativement grande qui facilite la réalisation technique de la chirurgie.

Ils sont logés dans une volière de 1 m^2 avec un sol en écorce de pin, sans vis-à-vis avec d'autres animaux et un bac d'eau de 0,25 m^2. Ils sont nourris avec du blé germé et non germé et de la salade.

- Protocole

Choix de la zone de prélèvement et de la zone de greffe

Les jeunes canards colverts ont un plumage uniforme, à l'exception du miroir alaire bleu et blanc, et sur la tête, d'une calotte, d'un trait oculaire et de lores[12] noirs. Utiliser le déplacement de plumes comme une marque visuelle est donc difficilement envisageable à cet âge-là. On a vu dans la partie 2.4.b (p.116) que les plumes de la marque visuelle doivent être de la même taille que les plumes de la zone où elles seront greffées afin de minimiser les effets défavorables à l'animal. Sur le Canard colvert comme sur le Manchot royal, la zone de greffe est située sur la poitrine pour une question de visibilité. Or, les plumes de la tête sont beaucoup plus petites que les tectrices[13], et une chirurgie au niveau de la tête serait difficile du fait de la tension de la peau. Le miroir alaire, formé de rémiges secondaires, ne peut pas non plus être une zone de prélèvement puisqu'elles sont beaucoup plus grandes que les tectrices, et qu'on ne souhaite pas blesser l'aile du canard ou l'aileron du Manchot royal. On ne peut donc pas obtenir de marque visuelle qui soit effective sur un Canard colvert en plumage juvénile.

Figure 9 : Description des zones intéressées par la greffe cutanée sur un Canard colvert en plumage juvénile. (Schéma M.Netchaïeff)

[12] Chez les oiseaux, le lore est la zone entre l'œil et le bec.
[13] Les tectrices sont les plumes qui recouvrent le corps de l'oiseau, par opposition aux plumes des ailes et de la queue ou rémiges, les plus utiles au vol.

Mais pendant la mue du premier automne, les plumes prennent des couleurs différentes selon leur situation sur le corps, donnant le motif du plumage typique du mâle (MADGE, 2000). Le motif du plumage est caractéristique d'une espèce et chez le Canard colvert, du sexe et de l'âge de l'oiseau (CARNEY, 1992). On peut se demander si la couleur d'une plume est déterminée par des facteurs locaux contenus dans le follicule de la plume ou par son environnement tissulaire, caractéristique d'une partie du corps de l'oiseau, puisque le motif du plumage a principalement un rôle dans le comportement social et de recherche alimentaire de l'individu. Dans la première hypothèse, le "lieu de naissance" de la plume déterminerait sa couleur plutôt que sa position sur le corps, ce que l'on souhaite pour que la marque visuelle soit permanente et ne disparaisse pas lors de la mue. Mais la réponse peut être différente dans le cas de follicules du plumage juvénile.

Les plumes greffées sont donc des tectrices dont la couleur change pendant la mue entre le plumage du jeune et du mâle adulte. D'autre part, pour obtenir une marque visuelle, les plumes du greffon sont de couleur différente et contrastée avec la couleur des plumes de la zone sur laquelle elles sont greffées. Il a été choisi de greffer des plumes du ventre, gris clair chez le mâle adulte, au niveau du haut de la poitrine, couverte de plumes brun-roux.

Les greffes réalisées sur les canards colverts en plumage juvénile ont pour but de connaître l'origine de la couleur de la plume comme décrit dans le paragraphe ci-dessus, tandis que l'ensemble des chirurgies, sur les oiseaux adultes et jeunes permet d'évaluer les difficultés chirurgicales et la cicatrisation de la peau du greffon.

Anesthésie

L'induction et le maintien de l'anesthésie sont faits à l'isoflurane (Vetflurane®), administré aux canards colverts par l'intermédiaire d'un masque. Aucune prémédication n'est faite. Aucune antibioprohylaxie n'est réalisée. L'analgésie per-opératoire est assurée par de la lidocaïne (Xylocaïne®) administrée localement.
La durée totale d'anesthésie est de 40 minutes en moyenne.

Les canards colverts sont rentrés seul ou par deux et leurs pattes lavées pour enlever la terre et les fèces. Après l'induction de l'anesthésie, le Canard colvert est mis en position ventro-dorsale, afin d'avoir accès à la zone de prélèvement du greffon.

Temps opératoire : zone de prélèvement

La zone de prélèvement est située sur la peau de l'abdomen, en zone paramédiane droite du bas du bréchet.
Pour limiter la contamination de la zone opératoire par les plumes, du sparadrap est appliqué sur les rangées de plumes voisines de la zone à inciser, ce qui isole les plumes du greffon. Un morceau de sparadrap est appliqué "en drapeau" sur les plumes du greffon, afin d'en faciliter la mobilisation. Une rangée de plumes est arrachée autour du greffon, où la peau sera incisée. La peau de la base des plumes du greffon et des zones voisines sont nettoyées avec de la Vétédine savon®, et de la Vétédine solution® est appliquée à la fin du nettoyage.
La lidocaïne, est administrée en spray ou par injection sous-cutanée d'1 millilitre environ, 10 minutes avant l'incision.

La peau est incisée sur quatre lignes formant un greffon rectangulaire de 2 centimètres par 3 centimètres. Le greffon porte en moyenne 13 plumes. Les tissus sous-cutanés sont disséqués et le greffon est retiré et placé dans une coupelle contenant du soluté physiologique. La peau de la zone de prélèvement est suturée par un surjet de fil tressé résorbable Polysorb® de taille 5-0.

Temps opératoire : zone de greffe

La zone sur laquelle le greffon est placé est située sur la peau de l'entrée de la poitrine, en zone paramédiane droite.
La zone de greffe est préparée et nettoyée de la même manière que la zone de prélèvement. Une rangée de plumes est arrachée, afin de délimiter la ligne où la peau

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

sera incisée pour placer le greffon. L'analgésie est aussi assurée par de la lidocaïne injectable ou en *spray* (Xylocaïne®) selon les individus.

La peau est incisée sur une ligne de 3 cm de long environ et le greffon placé entre les marges de la plaie. Le greffon est positionné de telle sorte que les plumes soient orientées dans le même sens que celles du reste du corps. Le greffon est suturé par 4 ou 5 points simples de fil tressé résorbable Polysorb® de taille 5-0.

Temps post-opératoire

Un pansement cutané filmogène en *spray* (Urgo®) est appliqué sur les deux zones de suture.

Le Canard colvert est placé dans une cage individuelle et est surveillé jusqu'à son réveil complet, puis remis dans la volière commune entre 30 et 60 minutes après la fin de l'intervention chirurgicale.

ii. Résultats : plumage juvénile

- À court terme

Les canards sont inspectés à distance deux fois par jour pendant 7 jours. Ils sont pris en main et inspectés individuellement une à deux fois pendant ces 7 jours pour évaluer la cicatrisation du greffon.

Les résultats attendus sont une réaction inflammatoire modérée et temporaire, et la cicatrisation du greffon et de la peau de la zone de prélèvement sur les lignes de suture en 10 à 15 jours, sans infection.

Sept jours après l'intervention, le greffon est vu sur 6 canards colverts, deux ne sont pas retrouvés et sur un individu, la plaie est vue sans le greffon.

Un Canard colvert est mort le lendemain de l'opération. À l'autopsie, les lésions (pétéchies sur le cœur, le foie, la rate) sont en faveur d'une septicémie.

Le suivi des greffons fût difficile après que les sutures aient disparu, qui étaient le repère visuel du greffon dans le plumage dense et uniforme. Sur deux individus, le greffon avait été marqué par du vernis coloré, mais nous n'avons pas voulu généraliser cette coloration, car le vernis colle les plumes et les durcit. Rapidement, le vernis n'était plus visible, sans doute à cause du nettoyage par l'oiseau. Une autre méthode de marquage du greffon que nous n'avons pas utilisée est de couper le haut des plumes, ce qui a pour avantage de localiser ces plumes à la palpation.

Une interrogation demeure donc sur le nombre de canards colverts pour lesquels la cicatrisation du greffon a été réussie.

- À long terme : après la mue

Les canards colverts ont acquis leur premier plumage à l'âge d'un mois et demi environ, au début de l'été. Leur plumage adulte de mâle fait suite à la mue d'automne à l'âge de 5 mois. Si la couleur de plume est une information présente localement dans le follicule de la plume, on s'attend à ce que le greffon sur la poitrine rousse soit gris après la mue, de la couleur de la zone de prélèvement.

Lorsque les canards colverts acquièrent leur plumage adulte, aucune marque n'est visible sur leur poitrine. Plusieurs hypothèses peuvent expliquer cette absence de marque, et sont reprises dans la discussion. Le deuxième ensemble d'interventions chirurgicales réalisé sur des canards colverts en plumage adulte a pour objectif de vérifier une de ces hypothèses.

b. CANARD COLVERT ADULTE

i. Matériel et méthode

- Animaux

Les greffes de peau sont réalisées sur huit canards colverts mâles, âgés de six mois. Ils ont leur premier plumage caractéristique d'un mâle avec la tête verte, une fine ligne blanche autour du cou, la poitrine et les épaules marron, le reste du corps gris. Sur les ailes, le miroir bleu est bordé de lignes blanches. Les rectrices[14] centrales sont noires et recourbées.

Ils sont logés dans des courettes d'environ 4 m^2 au sol et haute de 2 mètres, sur un sol bétonné et avec un bac à eau de 0,25 m^2, par groupe de deux ou de cinq. Ils sont nourris avec un aliment complet pour anatidés et de la salade.

- Protocole

Choix de la zone de prélèvement et de la zone de greffe

Les tectrices sont les seules plumes de taille semblable qui peuvent être déplacées d'une partie du corps de l'oiseau à une autre. Les deux couleurs du corps étant le gris et le marron, nous avons choisi de prélever le greffon parmi les plumes grises du ventre du Canard colvert et de le déplacer vers la poitrine brune.
Le Canard colvert est mis à jeun la veille au soir (LIERZ, 2012) avec de l'eau à disposition, et l'eau est retirée une nuit ou une demi-journée avant la chirurgie.

Anesthésie

Ces canards colverts sont les mêmes individus que ceux qui ont été équipés par perçage cutané. Cette greffe de peau est faite au cours de la même chirurgie que le perçage cutané, le protocole anesthésique est donc identique à celui décrit dans la partie 3.1.a, p.122 et suivantes.

[14] Les rectrices sont les plumes de la queue.

Temps opératoire

La chirurgie se déroule de la même façon pour ces canards colvert adultes que pour les canards juvéniles (cf.p.143).

Ill. 38 : Peau du greffon suturée, portant les plumes grises sur le haut de la poitrine. La tête du Canard colvert est sur la droite, dans le masque d'anesthésie. (Photo Y.Handrich)

ii. Résultats : plumage mâle adulte

- À court terme

Comme sur les jeunes canards colverts, on attend une cicatrisation en une dizaine de jours, sans infection ni nécrose du greffon, avec établissement de connexions vasculaires entre le morceau de peau greffé et la peau voisine.

Un individu est mort pendant l'anesthésie, suite à un arrêt respiratoire qui n'a pas été maîtrisé. Chez les six autres canards, la cicatrisation se fait correctement et le greffon est observé sur le haut de la poitrine jusqu'à une dizaine de jours après l'intervention. Les démangeaisons dues à la cicatrisation et le toilettage ne semblent donc pas avoir lésé la peau greffée.

Ill. 39 : Greffon cicatrisé 10 jours après la chirurgie et portant les plumes de la zone de prélèvement sur un Canard colvert. (Photo Y.Handrich)

Dix jours après la chirurgie, on a retrouvé le greffon tombé au sol, la peau et les plumes du greffon sont tombées comme une mue[15]. Observé de près, le Canard colvert n'a pas de blessure, la peau est cicatrisée à l'endroit de la greffe et de nouvelles plumes repoussent sur le greffon. Ces nouvelles plumes sont observées 15 à 20 jours après la chirurgie et sont brun-roux comme le reste de la poitrine chez 4 individus.

Ill. 40 : Pousse de nouvelles plumes sur le greffon, 3 semaines après la chirurgie sur un Canard colvert. (Photo Y.Handrich)

[15] La mue chez les oiseaux ne concerne normalement que les plumes et non la peau, alors que dans le cas de ces greffes, les plumes tombent encore attachées à la peau et on retrouve le morceau greffé entier.

- À long terme

Le Canard colvert adulte mue chaque année en été, son plumage nuptial est entièrement renouvelé et devient un plumage d'éclipse, dit plumage internuptial, puis il mue partiellement au début de l'hiver pour retrouver un plumage nuptial.
À long terme, on s'attend à retrouver un point de quelques plumes grises sur la poitrine rousse des canards colverts, comme ce qui était observé peu de temps après la chirurgie.

Comme décrit plus haut, cinq individus sont dominés et subissent une certaine agressivité de la part des autres mâles. Les canards colverts n'ont pas pu être logés individuellement, certains sont cinq dans la même courette. Le piquage laisse des zones où les plumes sont abîmées et cassées, comme sur la nuque et ponctuellement sur le reste du corps. Ainsi, le greffon peut avoir été abîmé à plusieurs moments depuis la greffe, ce qui peut expliquer que la peau greffée chez ces individus dominés ait été blessée et que la marque grise ait disparu.
De plus, toutes les plumes du corps sont grises à la base, les plumes brunes dont les deux tiers distaux sont bruns, ne peuvent pas être distinguées des plumes grises si elles sont cassées, ce qui a empêché de conclure quant à leur couleur lors de certaines observations sur ces individus dominés.

Environ un mois à un mois et demi après la chirurgie, on ne peut plus distinguer le greffon de trois individus, aucune plume grise n'est visible sur la poitrine et la cicatrisation est telle que l'on ne peut plus repérer les anciennes sutures. Chez les trois autres individus, deux à quatre plumes grises sont observées à l'endroit de la greffe.
Un canard est mort en janvier, pour une raison inconnue. L'autopsie n'a pas pu être faite.
À cette date là, trois mois après la chirurgie, un seul individu a conservé sa marque visuelle grise. Cet individu a mué au cours de l'été 2014, environ 11 mois après la chirurgie et sa marque visuelle est encore présente un an après la chirurgie.

Résumé des observations des greffons cutanés sur les canards colverts :

Juvéniles : à court terme, 1 ou 2 greffons de 9 individus n'ont pas cicatrisé. Le suivi n'a pas été possible ensuite car les greffons n'étaient plus distinguables. Après la mue d'adulte, aucune marque visuelle n'est présente.

Adultes : à court terme, les 7 greffons ont cicatrisé. Après plusieurs mois, un seul individu a une marque visuelle.

Ill. 41 : Canards colverts portant un greffon de couleur contrastée. (Photos Y.Handrich)

c. PERRUCHE ONDULÉE

i. Matériel et méthode

- Animaux

Huit perruches ondulées adultes, six mâles et deux femelles ont été choisies pour le marquage par greffe de peau. Du fait des accidents lors de l'anesthésie, seules quatre ont effectivement subi la chirurgie.

Cette espèce a été choisie pour son plumage avec des motifs de couleurs contrastés, dont le renouvellement se fait selon une chronologie différente que la mue du Canard colvert, pour son caractère sociable et la facilité de son hébergement.

Les perruches sont logées dans une volière extérieure abritée, d'environ 1m^2 au sol et haute de 2 mètres. Elles sont nourries avec des épis de millet et un mélange alimentaire pour petits psittacidés. Une lampe chauffante placée en hauteur est accessible grâce à un perchoir.

- Protocole

<u>Choix de la zone de prélèvement et de la zone de greffe</u>

Les perruches ondulées ont un plumage de couleurs et de motifs très variables car elles ont été sélectionnées sur ces critères en tant qu'animal de compagnie. Bien que des exceptions existent, les plumes sont généralement unies sur la poitrine, le ventre et le croupion, tandis que la tête, les épaules et les ailes sont couvertes de plumes rayées. Comme pour les canards colverts, des tectrices sont les seules plumes de tailles compatibles qui peuvent être utilisées comme marques visuelles.

Le greffon est prélevé parmi les plumes situées entre les épaules et est déplacé sur la face ventrale de la Perruche ondulée, sur la poitrine. La marque visuelle est donc constituée de plumes rayées noir et jaune, sur une partie du corps recouverte de plumes unies vertes ou jaunes selon les individus.

Rapport-Gratuit.com

Anesthésie

L'induction et le maintien de l'anesthésie sont faits à l'isoflurane (Vetflurane©), administré aux perruches ondulées par l'intermédiaire d'un masque. La perruche est entourée de deux bouillottes pour limiter les risques d'hypothermie. Pour les deux premiers individus, une prémédication est faite avec de la médétomidine (Domitor®) et une analgésie générale est faite avec du butorphanol (Dolorex®) à 0,75 mg/kg administré par injection intra-musculaire. Les autres individus n'ont aucune prémédication. Pour tous, l'analgésie est assurée par de la lidocaïne adrénalinée (Xylocaïne adrénaline©) administrée localement par injection sous-cutanée. Aucune antibiothérapie n'est réalisée.

Ill. 42 : Perruche ondulée sous anesthésie gazeuse à l'isoflurane. (Photo M.Netchaïeff)

Après induction de l'anesthésie, la perruche est placée en position dorso-ventrale pour prélever le greffon. La durée totale d'anesthésie est de 80 minutes en moyenne.

Temps opératoire : zone de prélèvement

Les plumes de duvet sont ôtées sur la peau qui sera incisée et la zone opératoire est nettoyée avec de l'alcool.
L'analgésie per-opératoire est assurée par de la lidocaïne, administrée par injection sous-cutanée de 0,1 millilitre environ, 10 minutes avant l'incision.

La peau est incisée sur deux lignes formant "une côte de melon" de 2 centimètres par 3 centimètres. Le greffon porte 8 à 10 plumes. Les tissus sous-cutanés sont disséqués et le greffon est retiré et placé dans une coupelle contenant du sérum physiologique. La peau de la zone de prélèvement est suturée par un surjet de fil tressé ou monofilament de taille 8-0.

La perruche est placée en position ventro-dorsale pour avoir accès à la zone de greffe sur la poitrine.

Temps opératoire : zone de greffe

La zone de greffe est préparée et nettoyée de la même manière que la zone de prélèvement. Dans certains cas, une plume est arrachée pour faciliter l'incision en ligne droite et l'insertion du greffon. L'analgésie est assurée par de la lidocaïne.

La peau est incisée sur une ligne de 2 centimètres environ et le greffon placé entre les marges de la plaie. Le greffon est positionné de telle sorte que les plumes soient orientées dans le même sens que celles du reste du corps. Le greffon est suturé par 4 ou 5 points simples de fil tressé ou monofilament de taille 8-0.

Temps post-opératoire

Un pansement cutané filmogène est appliqué en *spray* sur les deux zones de suture.

La Perruche ondulée est surveillée et gardée en mains jusqu'à ce qu'elle se tienne sur ses pattes puis replacée dans une cage individuelle pendant une demi-journée environ.

ii. Résultats

- À court terme

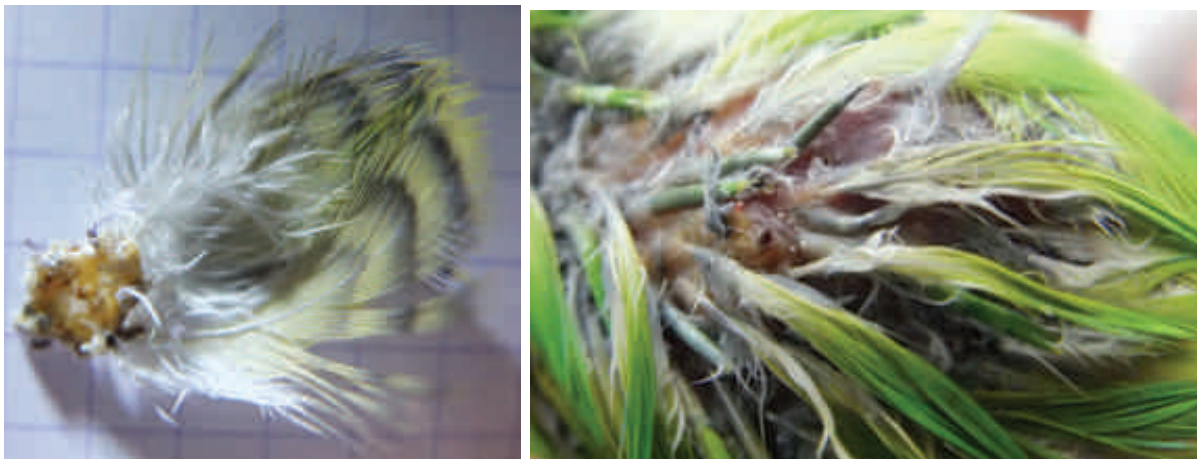
Pendant l'anesthésie, quatre perruches ont fait un arrêt respiratoire dont trois sont mortes malgré l'arrêt de l'administration d'isoflurane. La perruche qui est réanimée n'a pas été anesthésiée ultérieurement car le morceau de peau avait déjà été enlevé et il nous semblait difficile d'enlever un deuxième morceau de peau de la même taille sur un oiseau de si petite taille. Après avoir suturé la peau, les tensions entre les épaules auraient particulièrement gêné l'individu et auraient retardé ou empêché la cicatrisation.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Les quatre perruches qui ont survécu à l'anesthésie sont observées à distance chaque jour et prises en mains régulièrement pour observer la peau et les plumes de la marque visuelle.

La cicatrisation des greffons s'est faite correctement et le greffon est toujours en place 10 jours après la chirurgie. Puis, trois semaines après la greffe, on observe la chute du greffon de 4 individus : la peau portant les plumes est retrouvée au sol comme une mue[16]. Sur le quatrième individu, la chute du greffon n'est pas observée, mais sur tous les quatre, la repousse de nouvelles plumes à l'emplacement du greffon est observée quatre semaines après la chirurgie.

Une de ces perruches est morte de froid lorsque les plumes qui repoussaient du greffon étaient encore dans leur fourreau.



Ill. 43 : À gauche : le greffon retrouvé au sol 2 semaines après l'intervention chirurgicale.

À droite : de nouvelles plumes poussent à l'emplacement du greffon, 1 mois après l'intervention. (Photos Y. Handrich)

- À long terme

La mue de la Perruche ondulée s'étale tout au long de l'année, chaque plume étant remplacée une ou deux fois par an selon leur type (WYNDHAM, 1981). Les plumes sont remplacées à des périodes différentes les unes des autres, contrairement aux plumes du Canard colvert ou du Manchot royal, qui sont remplacées de manière

[16] La mue chez les oiseaux ne concerne normalement que les plumes et non la peau, alors que dans le cas des greffes, les plumes tombent encore attachées à la peau et on retrouve le morceau greffé entier.

synchronisée en quelques semaines. Si les plumes des ailes et de la queue sont remplacées sur une durée connue et à un rythme connu, les plumes du corps sont, elles, remplacées de manière discontinue sur une année (WYNDHAM, 1981). On ne sait donc pas à quelle période les plumes du greffon, provenant du dos d'une Perruche ondulée, devraient muer.

Après la mort d'une des perruches ondulées, trois individus ont de nouvelles plumes à l'emplacement du greffon. Elles repoussent en même temps, et de manière indépendante par rapport aux plumes voisines de la poitrine. Deux individus ont des plumes de couleur contrastée sur le greffon une fois que les plumes ont repoussé.

Ill. 44 : Une Perruche ondulée, au réveil de l'anesthésie (à gauche) et 2 mois après la greffe (au centre) et un autre individu 2 mois après la greffe. (Photos M.Netchaïeff et Y.Handrich)

d. Discussion commune aux trois groupes d'oiseaux : autogreffe de peau.

Après avoir greffé la peau, on observe que la greffe est visible sur une minorité des individus. Ceci signifie donc que l'utilisation de cette technique chirurgicale est possible pour obtenir une marque visuelle chez les oiseaux, mais que certaines étapes doivent être mieux comprises et améliorées afin que la technique soit fiable et effectivement utilisées sur des oiseaux en liberté.

i. Protocoles et technique chirurgicale

- Perruche ondulée

Innocuité de l'anesthésie

La principale difficulté rencontrée lors des greffes sur les perruches ondulées a été leur forte sensibilité à l'anesthésie. Les arrêts respiratoires ont été à l'origine de la mort de trois individus et ont entraîné l'arrêt de la chirurgie d'un individu supplémentaire. De telles proportions (4 individus, 40%) de pertes sont démesurées par rapport aux morts accidentelles au cours d'une anesthésie chez les espèces domestiques et inacceptables par respect de l'animal. De plus, ces pertes rendent la logistique des expérimentations peu pratique dans la mesure où il faut acheter et héberger un grand nombre d'individus pour obtenir relativement peu de résultats. Cette sensibilité à l'anesthésie est connue chez les espèces domestiques de petite taille (hamsters et passereaux par exemple). Rappelons que les critères de choix de cette espèce étaient sa disponibilité et la facilité de lui fournir un logement correct ainsi que le mode de mue différent du Canard colvert.

Les deux premiers arrêts respiratoires ont probablement été favorisés par l'utilisation de la médétomidine, dépresseur cardio-respiratoire. Les petites doses utiles à une Perruche ondulée de 40 g environ sont un facteur de risque de surdosage. Cette utilisation à risque est regrettable. Deux autres arrêts cardio-respiratoires ont eu lieu sans prémédication. La prévention de ces derniers n'est pas possible dans la mesure où une

anesthésie gazeuse par inhalation d'isoflurane est l'anesthésie qui présente le moins de risques pour l'animal en médecine vétérinaire à l'heure actuelle (LIERZ, 2012).
Cependant, des mesures supplémentaires peuvent être mises en place pour gérer un arrêt respiratoire durant l'anesthésie et prévenir la mort d'une Perruche ondulée. Pour toutes les espèces, la pose d'une sonde endotrachéale est la mesure de base pour sécuriser les voies aériennes, pouvoir apporter de l'oxygène au système respiratoire et ventiler par l'intermédiaire d'un ballon. Pour une espèce de si petite taille, le diamètre intérieur de la sonde devrait être de 1,0 mm (DE MATOS, 2005), ce qui est peu disponible sur le marché. Une alternative à la sonde endo-trachéale fréquemment citée dans la littérature est l'utilisation d'un cathéter placé dans un des sacs aériens, qui donne un accès plus facile et tout aussi efficace au système respiratoire de l'oiseau. Le cathéter d'un diamètre d'environ 20 G est placé dans le sac aérien dorsal après un nettoyage chirurgical de la peau. De l'oxygène peut être délivré par ce cathéter et une ventilation manuelle doit être effectuée.
Ce geste est utile en urgence mais nous ne l'avons pas fait par manque de connaissance et de matériel.

Malgré cette difficulté, les résultats de la greffe en tant que telle sont plutôt encourageants, puisque le greffon a tenu chez tous les individus qui ont supporté l'anesthésie jusqu'à la fin de la chirurgie jusqu'à la repousse de nouvelles plumes.

- Canard colvert

Peu de difficultés d'ordre chirurgical ont été rencontrées au cours des greffes de peau, tant sur les canards juvéniles que sur les adultes. Ces oiseaux étant de grande taille, le matériel chirurgical nécessaire est comparable à celui des carnivores domestiques.

<u>Innocuité de l'anesthésie</u>

Parmi les adultes, un individu est mort suite à un arrêt respiratoire pendant l'anesthésie, qui aurait pu être corrigé si le Canard colvert avait été intubé. La sonde endotrachéale

devrait être utilisée ultérieurement et sa taille serait de 3,5 cm de diamètre (WILBERG, 2005).

Risque d'infection

La chirurgie nécessite un nettoyage chirurgical de la peau avant l'incision. Chez les oiseaux, le duvet et les plumes devraient théoriquement être ôtés pour permettre un nettoyage satisfaisant. Cependant, une plume coupée ne repousse pas contrairement à un poil, elle ne sera remplacée qu'après sa chute lors de la mue, dont la période est fonction de l'espèce. En revanche, si une plume est arrachée, les mécanismes de repousse commencent rapidement après (NEWTON, 1967). La repousse d'une plume est dans tous les cas beaucoup plus lente que la repousse d'un poil et peut durer plus d'un mois (DICKSON, 2012 ; HOGAN, 2013 ; TAYLOR, 1995). Arracher des plumes entraîne une perte de l'isolation thermique du corps, augmente les dépenses énergétiques de l'oiseau et diminue son confort. Un compromis doit donc être fait entre l'antisepsie et la perte d'intégrité du plumage pour ne pas pénaliser l'oiseau et un nombre minimal de plumes a été enlevé. Ceci est d'autant plus important pour l'espèce visée par cette expérimentation, le Manchot royal, vivant en liberté et quotidiennement au contact de l'eau.

Pendant la greffe de peau, les plumes ont été enlevées sur les lignes d'incision mais les plumes voisines étaient en contact avec la peau dès la fin de la chirurgie. Il se peut que les germes à l'origine de cette septicémie aient été introduits lors de la chirurgie, mais vu le délai très court entre la chirurgie et la mort (24h), il est probable que la septicémie ait été présente du vivant de l'animal et que la chirurgie ait accéléré l'évolution des signes cliniques vers la mort de l'oiseau.

Ce cas mis à part, une infection secondaire est plus probable qu'une infection primaire. En effet, les canards colverts se baignent quotidiennement et une partie de leur volière était boueuse, ce qui peut être une source de contamination des plaies chirurgicales pendant les premiers jours qui suivent la greffe et tant que la peau n'est pas cicatrisée. Dans le cas du Manchot royal, une antibioprophylaxie est déjà faite lors des

laparotomies et est conseillée pour les greffes cutanées qui pourraient être faites dans le futur.

En ce qui concerne le suivi de la cicatrisation des greffons, on peut regretter le défaut de marquage des plumes des canards colverts juvéniles, qui ne pouvaient être distinguées des plumes de la poitrine pendant plusieurs semaines. Enfin, plus de disponibilité aurait été souhaitable pour une inspection en mains de chaque Canard colvert de manière plus fréquente que cela n'a été fait dans les semaines qui ont suivi les chirurgies.

ii. Devenir de l'implant

- Prise de la greffe

Dans les semaines qui suivent la chirurgie, on s'attend à ce que les plumes du greffon s'intègrent aux plumes de la poitrine sans faire d'épi. Si au contraire, les plumes ne sont pas dans l'alignement, les risques sont une perte des caractères isolant et imperméable du plumage ainsi qu'un excès de nettoyage qui peut abîmer les plumes du greffon, irriter la peau et gêner l'individu dans ses activités quotidiennes. Chez les deux espèces, les plumes d'origine du greffon ainsi que les plumes qui ont repoussé après la "mue" s'intègrent parfaitement aux plumes de la poitrine.

La réussite d'une greffe signifie que le greffon a été revascularisé à partir des tissus sous-cutané et musculaire sous jacents et de la peau adjacente. Après avoir été dévitalisée par les incisions chirurgicales, la peau du greffon reçoit rapidement des anastomoses des vaisseaux adjacents puis, 1 à 2 semaines après, de nouveaux vaisseaux se développent (WILLIAMS, 1997). L'innervation sensitive fait suite aux connexions vasculaires et évolue sur une durée de plusieurs mois. Celle-ci n'est pas évaluée chez nos oiseaux, mais la pousse de nouvelles plumes 2 à 3 semaines après la greffe indique que la revascularisation a eu lieu.
Chez le chien, il a été montré qu'une greffe a plus de chances de réussir s'il n'y a pas de tissu adipeux entre le derme et une zone bien vascularisée sous jacente (WILLIAMS, 1997). La peau des perruches ondulées et des canards colverts n'avait pas de tissu

adipeux visible sur les zones de prélèvement ou les zones de greffe et n'a donc subi aucune modification entre l'incision et la suture. Bien que certains greffons saignaient de manière relativement importante, aucune collection liquidienne ni hématome n'ont été remarqués, qui pourraient aussi gêner la revascularisation de la peau (WHITE, 1991 ; WHITE, 1999). De nombreuses études privilégient de greffer la peau sur un tissu de bourgeonnement (VALRAN, 2008), mais plusieurs autres obtiennent de meilleurs résultats sur une plaie à vif (BAUER, 1986 ; SWAIM, 1990). Il a été choisi de ne pas attendre le bourgeonnement principalement pour des raisons logistiques mais aussi car il semblait très difficile de conserver le greffon de manière viable, les études citées ci-dessus traitant de greffes réparatrices sur des blessures.

Les greffes réalisées sont des greffes de peau totale. Une coupe dans l'épaisseur de la peau des oiseaux est inenvisageable avec des moyens de chirurgie vétérinaire classique étant donné la finesse de la peau. Si des études indiquent qu'une greffe de peau partielle a plus de chances de réussite qu'une greffe de peau totale (VALRAN, 2008), d'autres obtiennent des résultats comparables pour les deux techniques chez le cheval ou chez le chien. En plus de sa finesse, la peau des espèces étudiées se sépare facilement des muscles sous-jacents, le tissu sous cutané paraît lâche et discontinu. La manipulation de la peau est cependant difficile, car elle a tendance a adhérer à elle-même et est très flasque.

Des autogreffes de peau sont fréquemment faites chez l'Homme et les animaux domestiques, mais aucune explication des mécanismes de cette "mue" du greffon n'a été trouvée dans la littérature, quelle que soit l'espèce. Une publication ancienne décrit cette observation chez le lapin une dizaine de jours après la chirurgie (BILLINGHAM, 1951). La chute des poils et des exfoliations avaient été observées à l'échelle tissulaire par un des auteurs de cette publication, quelques années plus tôt (MEDAWAR, 1944).
Dans le cas des implantations folliculaires (greffes cutanées incluant un follicule capillaire) chez l'Homme, la chute des cheveux de la peau greffée peut intervenir 2 semaines après la chirurgie. La repousse de cheveux a alors lieu environ 3 mois après. Ce phénomène peut être rapproché de la chute du greffon observée chez les oiseaux, avec comme différence la chute de la peau en même temps que la chute des plumes.

Cette "mue" a été observée sur les individus dont la greffe a tenu et chez les deux espèces, on peut affirmer qu'il s'agit d'un phénomène qui n'indique pas l'échec de la greffe et que la couleur d'origine des plumes peut être conservée après la "mue".

Les greffes cutanées humaines sont parfois faites par insertion de multiples petits morceaux de peau (de l'ordre du mm^2) implantés dans de multiples petits orifices créés dans la peau. Cette méthode paraît inadaptée au contexte de nos expérimentations. En effet, l'immobilisation de la greffe est un élément essentiel pour la tenue de la greffe (KAPAY, 2005). Chez les espèces domestiques, l'immobilisation est assurée par des pansements et bandages ainsi que le port d'un carcan lorsque cela est possible. Sur les perruches ondulées et les canards colverts, aucun de ces moyens d'immobilisation n'a pu être mis en pratique. La suture du greffon est le seul moyen de fixation du greffon avant la cicatrisation. Des greffons sans suture et de très petite taille auraient facilement pu être arrachés par l'oiseau lui-même lors du lissage du plumage.

Afin de déterminer avec certitude la nature de cette chute du greffon, un examen histologique serait utile. La distinction entre un rejet de greffe et un renouvellement des couches superficielles de l'épiderme pourrait être fait. Les moyens pour réaliser cet examen histologique n'étaient pas disponibles lors du suivi de ces individus, mais pourra être envisagé si d'autres greffes sont réalisées.

- Conservation de la couleur des plumes d'origine

Sur les quatre perruches ondulées et sur les sept canards colverts adultes, les nouvelles plumes ont été observées sur le greffon trois semaines après la greffe. Cependant, les plumes d'une perruche et de six canards colverts ont ultérieurement perdu leur couleur d'origine, faisant disparaître le marquage visuel.

La taille du morceau de peau et le nombre de plumes déplacées peuvent être des éléments déterminants dans la tenue de la greffe à long terme. Ceci peut influencer la cicatrisation et le rejet du greffon, ou la couleur des plumes de la marque visuelle. Parmi les plumes portées par le greffon, celles qui sont situées sur les bords sont prises

Rapport-Gratuit.com

dans la suture et nécrosent probablement avant que la cicatrisation ne soit terminée. Le nombre de plumes qui repoussent après la "mue" du greffon est donc inférieur au nombre de plumes comptées lors de la chirurgie.
Pour une greffe cutanée plus petite qu'1 cm^2 chez l'Homme, la vascularisation peut se faire « en pont » entre les bords de la plaie, sur la peau adjacente, même si les tissus sous-jacents au greffon sont avasculaires. On peut émettre l'hypothèse que certains facteurs émanent des plumes de la peau de la poitrine et aient une influence sur les follicules des plumes du greffon. Pour expliquer que ces éléments déterminants la couleur des plumes aient un effet uniquement sur un greffon de petite taille, on peut supposer que leur diffusion soit à faible distance et que leur action ne parvienne pas jusqu'aux follicules des plumes du centre du greffon. En dessous d'une certaine taille limite du greffon, les plumes perdraient leur couleur d'origine.
Ce critère de taille du greffon à mettre en relation avec la persistance de la couleur d'origine des plumes (grise ou rayée de noir) est impossible à évaluer par manque de précision. La taille du greffon peut être choisie précisément au moment du prélèvement mais la taille n'est pas conservée au moment des sutures.

Cette hypothèse a été émise en 1929 (DANORTH, 1929) par des auteurs qui notent d'une part que la morphologie d'une plume reste celle liée à sa zone de prélèvement, même après la mue et d'autre part, que la couleur peut être influencée par une activité endocrine de la zone de greffe. Aucune démonstration confirmant ou infirmant cette hypothèse n'a été trouvée dans la littérature.

Le but des greffes sur les canards juvéniles était d'obtenir des marques visuelles sur les canards adultes. Plusieurs hypothèses peuvent expliquer l'absence de marque après la première mue des canards colverts. Il peut s'agir d'un problème lié à la chirurgie et aux premières étapes de la cicatrisation, ce qui est envisagé dans la première partie de la discussion. Puisque les deux-tiers des greffons étaient toujours en place une semaine après la chirurgie, un défaut de cicatrisation ne peut expliquer la perte de toutes les marques visuelles.
La couleur des plumes peut être influencée par leur position sur le corps, les plumes du greffon sont devenues brunes comme la poitrine sous l'influence de facteurs métaboliques et hormonaux spécifiques à cette partie du corps du Canard colvert. Cette

hypothèse peut aussi expliquer la perte de la couleur d'origine chez les perruches ondulées et chez les canards colverts adultes.
Enfin, une hypothèse explicative particulière au jeune canard est que les éléments déterminants la couleur de la plume sont contenus dans le follicule, mais ne sont actifs qu'après la mue qui donne le plumage adulte de mâle. Les plumes déplacées sur le greffon du juvénile ne porteraient pas encore l'information liée spécifiquement à la couleur grise du ventre. Dans ce cas, la greffe cutanée ne pourrait permettre de marquer les individus qu'une fois adultes et serait alors une marque visuelle permanente.

- Manchot royal

Les greffes réalisées sur les canards et sur les perruches ont pour but d'évaluer l'efficacité d'un greffon en tant que marque visuelle d'une part, et d'autre part, de tester la possibilité d'utiliser cette marque sur des manchots royaux. Les résultats nous servent à établir un protocole et un suivi qui seront nécessaires lors du marquage d'individus en milieu naturel.

En ce qui concerne le protocole, les équipements, locaux et matériel, disponibles dans les T.A.A.F. sont adaptés à des chirurgies comme ces greffes et permettent de faire une anesthésie gazeuse, un *monitoring* de l'individu et une chirurgie qui soit la moins pénalisante possible pour l'individu. D'un point de vue matériel, les conditions sont comparables à celles d'une clinique vétérinaire moyenne en France.
En particulier, une sonde endotrachéale peut être utilisée de manière systématique pour pouvoir gérer un arrêt respiratoire contrairement à ce qui est arrivé à certains des oiseaux de nos expérimentations. De plus, un antibiotique peut être administré à tous les manchots royaux afin d'assurer une couverture antibiotique post-opératoire et limiter les risques d'infections secondaires de la plaie.

Vu les résultats obtenus sur les oiseaux en captivité, il paraît prématuré de vouloir utiliser l'autogreffe cutanée comme méthode de marquage visuel sur des individus sauvages. En effet, trop peu d'oiseaux ont un greffon qui reste visible à long terme par

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

rapport au nombre d'oiseaux greffés dans nos expérimentations. Le Manchot royal est une espèce sauvage protégée, dont les individus de la colonie de la Baie du Marin sont déjà très fortement dérangés dans le cadre de nombreuses études scientifiques, une chirurgie dont les résultats sont incertains est donc déconseillée.

Si des recherches plus approfondies permettent de comprendre les conditions pour que le greffon cicatrisé reste de couleur contrastée pendant plusieurs années, cette technique pourra être raisonnablement envisagée pour marquer des manchots royaux en milieu naturel.
La technique chirurgicale doit être particulièrement précise afin que cet avantage majeur de cette marque soit conservé : l'absence de déformation de la silhouette hydrodynamique de l'animal et en conséquences, l'absence d'effort supplémentaire à fournir en plongée, décrit par Culik (CULIK, 1993). Cette qualité donne à la technique de greffe cutanée son caractère novateur, la distinguant des autres méthodes de marquage visuel jusqu'alors utilisées ou testées chez les manchots. Un greffon soigneusement positionné et suturé assure un bon alignement des plumes du greffon avec les plumes de la poitrine et évite de créer un épi. De plus, l'étanchéité du plumage et son caractère isolant sont ainsi conservés.

Les conséquences possibles de cette marque sur le comportement social du manchot et donc de son succès reproducteur doivent être étudiées dès les premières utilisations de cette méthode en milieu naturel.
Ces éléments sont essentiels pour s'assurer que le greffon est une marque qui ne va pas à l'encontre des recommandations internationales actuelles concernant le marquage des manchots. En ce qui concerne la méthode de marquage par chirurgie, des recommandations ont aussi été éditées dans l'ouvrage « Recommandations sur l'utilisation des oiseaux sauvages dans le cadre de la recherche. » (FAIR, 2010). En plus des bonnes pratiques de la chirurgie vétérinaire, les protocoles anesthésiques et chirurgicaux proposés incluant les corrections décrites dans les paragraphes précédents se sont inspirés de ces recommandations destinées aux oiseaux sauvages.

La chirurgie et l'anesthésie générale nécessaires à la greffe ne sont pas sans risque pour l'individu marqué et ont des effets péjoratifs à court terme. Cependant, la marque

visuelle a, *a apriori,* beaucoup moins de conséquences pénalisantes qu'une marque-objet une fois que le greffon a cicatrisé, comme décrit pour un appareil de mesure placé en position intra-abdominale (ROPERT-COUDERC, 2000). Le Manchot royal serait ainsi fortement perturbé pendant une journée, de la capture au relâcher après la chirurgie, principalement à cause du stress et de la douleur. Puis, pendant une à deux semaines, il le serait modérément à cause de la cicatrisation en cours et des jours de jeûne supplémentaires dus au délai imposé avant de partir en mer. Puis, il ne le serait plus une fois la cicatrisation terminée. Dans le cas d'une marque-objet, l'individu est modérément pénalisé, mais sur une durée beaucoup plus longue, tant qu'il porte la marque.

Ces affirmations sont des hypothèses à vérifier dans le futur, après marquage de manchots en liberté. En particulier, deux points du comportement peuvent être directement modifiés par cette petite tâche noire sur la poitrine. Le premier est l'efficacité de recherche alimentaire, le greffon pourrait rendre l'individu plus visible à ses proies lorsqu'il pêche. Le second est la recherche du partenaire, le greffon pourrait rendre l'individu moins attractif lors de la parade. L'évaluation des effets de la marque doit être faite à différents stades de la reproduction (paradant, défendant son nid, nourrissant son poussin) et de statuts différents (reproducteur ou non reproducteur), puisque les interactions sociales sont différentes et la compétitivité face à la nourriture ou à un emplacement pour nicher est variable.

Conséquences de l'efficacité de recherche alimentaire, la survie et le succès reproducteur ne peuvent être évalués qu'à long terme. La pertinence et l'innocuité de la greffe comme méthode de marquage visuel ne pourront être jugés qu'*a posteriori* par ces éléments.

CONCLUSION

Les manchots sont des oiseaux étudiés sur tous les archipels et côtes où se trouvent des colonies. Les chercheurs en écologie, en physiologie et dans d'autres domaines de la biologie de ces espèces sont en demande de techniques de reconnaissance des individus tout au long de leur vie. Une des conditions d'utilisation de ces techniques sur le terrain est qu'elles aient le moins de conséquences possibles sur le comportement des individus marqués.

Les marques ne doivent pas pénaliser les individus pour des raisons évidentes d'éthique et de respect de l'animal, dans un contexte où les populations de manchots subissent des dommages liés à certaines activités humaines comme la pollution par des marées noires (WHITTINGTON, 2002), la pêche (déséquilibre des réseaux trophiques et la raréfaction des proies-nourritures des manchots) (DELORD 2013), la modification du climat à long terme (LE BOHEC, 2008). Rappelons que plus de 60% des espèces de manchots sont classées sur la liste rouge de l'UICN au niveau "en danger" ou plus préoccupant, pour des raisons de disparition de leur habitat, de faibles effectifs ou de diminution des effectifs (UICN, 2014). Rappelons également que les effectifs du Manchot royal sont en croissance mais cette croissance fait suite à une chute des effectifs bien plus importante lors de la chasse au XIXème siècle (ROUNSEVELL, 1982), les populations n'ayant pas retrouvé aujourd'hui les niveaux précédant cette période de chasse démesurée d'après les estimations actuelles.

L'innocuité d'une méthode de marquage n'est pas seulement une question d'éthique mais aussi une question de fiabilité et de pertinence des résultats du suivi des manchots marqués (SARAUX, 2011). En effet, les individus marqués sont un échantillon d'une population étudiée, à laquelle l'on souhaite extrapoler les résultats obtenus. Toute modification de l'activité du comportement d'un individu par la marque a pour conséquence une différence entre les résultats de l'échantillon et les résultats qui auraient été obtenus sur des individus sans marque.

Nous avons fait les premiers essais de marquage visuel par deux techniques chirurgicales : les perçages cutanés et les autogreffes de peau. Au vu des résultats de nos expérimentations, nous pouvons dire que la pose d'un dispositif de type *piercing* est possible d'un point de vue technique et que cette marque peut être considérée comme permanente, puisque la tenue est d'au moins 1 an et 3 mois à l'heure actuelle sur les canards colverts.

Les résultats des perçages cutanés chez le Manchot royal ne sont pas si encourageants. En effet, des pertes des dispositifs ont eu lieu lors des séjours en mer dans les semaines et mois qui ont suivi la chirurgie. La cause de la perte de ces marques n'est pas déterminée. Il pourrait s'agir d'un rejet dont la cause serait un objet trop fin. Cette hypothèse va être documentée dans les semaines qui suivront l'impression de cette thèse, à la fin de l'année 2014, grâce à la pose de dispositifs de plus gros diamètre dans la même colonie de manchots royaux que celle où ont eu lieu les perçages cutanés au début de l'année 2014. La seconde hypothèse est une perte des marques par accrochage. De nombreux éléments dans l'environnement du Manchot royal peuvent accrocher l'objet et blesser la peau : des congénères ou des prédateurs, des rochers ou de la végétation, l'augmentation de la pression ou la résistance de l'eau lors de la plongée. Les deux causes peuvent être liées puisque des tiraillements répétés sur un *piercing* sont des causes favorisantes du rejet chez les humains.

Bien que ce dispositif puisse techniquement être une marque visuelle permanente, son utilisation est pour le moment déconseillée sur des oiseaux en milieu naturel du fait des lésions observées sur les manchots royaux.

Les résultats des greffes cutanées indiquent que cette technique est également possible pour obtenir une marque visuelle chez les oiseaux adultes, puisque ces marques sont présentes sur les perruches ondulées 1 an et 9 mois après l'intervention.

Cependant, un seuil dans la taille du greffon reste à déterminer afin d'expliquer pourquoi certains greffons perdent leur couleur contrastée. Cet élément doit être documenté théoriquement avant d'être testé et recherché sur des espèces domestiques lors d'interventions chirurgicales ultérieures.

Ces deux techniques chirurgicales offrent de nouvelles possibilités de marquage visuel, ne nécessitant la capture de l'individu qu'une fois dans sa vie et permettant le suivi à l'œil nu ou aux jumelles. Si, dans le futur, la greffe ou le perçage cutané s'avèrent pertinents pour marquer des manchots royaux en milieu naturel, la pose d'un transpondeur assurera une indentification individuelle de chaque oiseau marqué, ces techniques ayant des qualités complémentaires.

Une seconde étape sera nécessaire afin d'évaluer les effets de cette marque de couleur contrastée sur la poitrine de manchots, car la modification du motif du plumage peut avoir des effets négatifs à court terme sur son succès reproducteur et son comportement social (PINCEMY, 2009). Le marquage visuel de manchots captifs peut documenter ces effets et réduire autant que possible les expérimentations sur les manchots sauvages. Wilson et Coria rappellent un point essentiel à garder en tête lorsqu'on observe le comportement d'un manchot : même quand les manchots ont l'air indifférents ou peu inquiets lorsque des humains se trouvent à proximité, tout dérangement entraîne en réalité de radicales modifications physiologiques (WILSON, 1989).

Ill. 45 : Deux perruches ondulées, celle de droite porte un greffon. (Photo Y.Handrich)

INP ECOLE NATIONALE VETERINAIRE TOULOUSE

Université Paul Sabatier TOULOUSE III

AGREMENT SCIENTIFIQUE

En vue de l'obtention du permis d'imprimer de la thèse de doctorat vétérinaire

Je soussigné, ***Yves LIGNEREUX***, Enseignant-chercheur, de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, directeur de thèse, certifie avoir examiné la thèse de ***NETCHAIEFF Marguerite*** intitulée ***« Le marquage visuel des animaux sauvages en milieu naturel : Une nouvelle méthode par greffe cutanée applicable au manchot royal.»*** et que cette dernière peut être imprimée en vue de sa soutenance.

Fait à Toulouse, le 17 novembre 2014
Professeur Yves LIGNEREUX
Enseignant chercheur
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

Vu :
Le Directeur de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse
Professeur Alain MILON

Vu :
Le Président du jury :
Professeur Christophe PASQUIER

Vu et autorisation de l'impression :
Le Président de l'Université Paul Sabatier
Professeur Bertrand MONTHUBERT
Par délégation, la Vice-Présidente du CEVU
Madame Régine ANDRÉ OBRECHT

Melle NETCHAIEFF Marguerite
a été admis(e) sur concours en : 2007
a obtenu son diplôme d'études fondamentales vétérinaires le : 25/06/2013
a validé son année d'approfondissement le : 18/09/2014
n'a plus aucun stage, ni enseignement optionnel à valider

Ecole nationale Vétérinaire- 23, chemin des capelles - 31076 Toulouse Cedex 3 - France

Université de Toulouse

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Photos

Ill. 1 : Passereau bagué vers 1910-1920 24
Ill. 2 : Bague Darvic lisible à distance 27
Ill. 3 : Boucles de couleur visible par un observateur non professionnel 28
Ill. 4 : Catalogue d'identification d'après les motifs naturels des orques.....43
Ill. 5 : Photo-identification des motifs individuels des lynx par un logiciel.....44
Ill. 6 : Collier avec identification individuelle sur une oie.....48
Ill. 7 : Bagues métalliques sur des oiseaux.....50
Ill. 8 : Bagues de couleurs sur des mouettes 50
Ill. 9 : Bague métalliques et Darvic.....52
Ill. 10 : Selles nasales avec identification individuelle 53
Ill. 11 : Fanion jaune sur une sterne et point de couleur collé sur le dos d'un lézard...56
Ill. 12 : Identification individuelle par des boucles de couleur sur un bouquetin 57
Ill. 13 : Identification individuelle par des boucles de couleur sur un renard 57
Ill. 14 : Marques alaires sur un Vautour et un Pigeon 59
Ill. 15 : "Fish-tag" sur un poisson et étiquettes rivetées à la nageoire d'une otarie 60
Ill. 16 : Marquage d'un oiseau-mouche par un point de peinture.....61
Ill. 17 : Plumes décolorées sur un Gypaète barbu permettant une identification à distance et marquage d'un groupe de manchots par une teinture temporaire 63
Ill. 18 : Identification permanente d'otaries marquées par brûlure sur le dos 67
Ill. 19 : Rhinocéros identifié à distance grâce à des entailles aux oreilles.....69
Ill. 20 : Plumage typique du Manchot royal.....82
Ill. 21 : Échange de l'œuf entre les partenaires d'un couple de manchots royaux 86
Ill. 22 : Jeune poussin de Manchot royal 87
Ill. 23 : Comparaison du plumage pendant la mue et en dehors de la mue.....88
Ill. 24 : Étapes de la mue des poussins vers leur premier plumage adulte 89
Ill. 25 : Le Manchot royal : caractéristiques d'un oiseau plongeur 97
Ill. 26 : Le Manchot royal : caractéristiques d'un oiseau marcheur 98
Ill. 27 : Identification permanente et individuelle sur une bague en métal à l'aileron 100
Ill. 28 : Bague métallique à l'aileron d'un Manchot royal 103
Ill. 29 : Bague métallique à l'aileron d'un Manchot du Cap.....104
Ill. 30 : Photo-identification de manchots du Cap 106
Ill. 31 : Colorations temporaires et permanentes de manchots royaux 110
Ill. 32 : "Fish-tag" sur un poussin de manchot royal 111
Ill. 33 : Pose du dispositif sur un Canard colvert anesthésié.....123
Ill. 34 : Dispositif de perçage cutané en place sur un Canard colvert.....125
Ill. 35 : Salle de chirurgie installée dans la colonie de la Baie du Marin 128
Ill. 36 : Manchot royal marqué par les dispositifs sous-cutanés.....130
Ill. 37 : Dispositifs perdus ou distendus 9 mois après marquage de manchots royaux 133
Ill. 38 : Greffon en place sur la poitrine d'un Canard colvert anesthésié.....147
Ill. 39 : Greffon cicatrisé 10 jours après la greffe 148
Ill. 40 : Repousse de nouvelles plumes 3 semaines après la greffe.....148
Ill. 41 : Le greffon est une marque visuelle visible à distance.....150

Rapport-gratuit.com

Ill. 42 : Perruche ondulée sous anesthésie générale avant la greffe cutanée.....152
Ill. 43 : Le greffon retrouvé au sol 2 semaines après la greffe et la repousse de nouvelles plumes 1 mois après. 154
Ill. 44 : Perruches ondulées au réveil de l'anesthésie et 2 mois après la greffe.....155
Ill. 45 : Deux perruches ondulées dont une porte un greffon.....168

Schémas et cartes

Figure 1 : Carte de localisation de la zone du front polaire sud 35
Figure 2 : Attache d'un fanion sur une bague pour augmenter sa visibilité.....55
Figure 3 : Les zones de reproduction des manchots.....80
Figure 4 : Cycle de reproduction du Manchot royal. 90
Figure 5 : Désynchronisation de la reproduction au sein d'une colonie.....91
Figure 6 : Représentation schématique du dispositif de perçage cutané… 120
Figure 7 : Chronologie des mues chez le Canard colvert.....121
Figure 8 : Représentation schématique du marquage de manchots royaux par les dispositifs de perçage cutané 126
Figure 9 : Représentation schématique de la peau déplacée par greffe sur un Canard colvert en plumage juvénile.....141
Figure 10 : Les espèces de manchots représentées à l'échelle entre elles et en comparaison à l'Homme.....190

Tableaux

Tableau 1 : Les colliers.....48
Tableau 2 : Les ceintures.....49
Tableau 3 : Les bagues.....51
Tableau 4 : Les marques nasales 53
Tableau 5 : Les harnais.....54
Tableau 6 : Les rubans et faions 55
Tableau 7 : Les "tags" : invasifs.....58
Tableau 8 : Les colorations.....61
Tableau 9 : Les entailles et perforations.....64
Tableau 10 : Les tatouages. 65
Tableau 11 : Les brûlures 66
Tableau 12 : Les entailles et amputations. 68
Tableau 13 : Les 18 espèces de manchots et leur statut UICN. 190

BIBLIOGRAPHIE

ADAMS, NJ, KLAGES, NT (1987). Seasonal variation in the diet of the king penguin (*Aptenodytes patagonicus*) at sub-Antarctic Marion Island. *Journal of Zoological Society of London, 212*, pp. 303-324.

AINLEY, DG, LERECHE, RE, SLADEN, WJL (1983). *Breeding biology of the Adélie Penguin*. Berkeley: University of California Press.

ALDOUS, S (1940). A method for marking beavers. *The Journal of Wildlife Management, 4* (2), pp. 145-148.

ALISAUSKAS, RT, LINDBERG, MS (2002). Effects of neckbands on survival and fidelity of white-fronted and Canada geese captured as non-breeding adults. *Journal of Applied Statistics, 29* (1-4), pp. 521-537.

AMIRAULT, DL, MCKNIGHT, J, SHAFFER, F, BAKER, K, MACDONNELL, L, THOMAS, P (2006). Novel anodized aluminium bands cause leg injuries in Piping Plovers. *Journal of Field Ornithology, 77* (1), pp. 18-20.

AUDUBON, J-J (1831). *Ornithological Biography or an account of the habits of the birds of the United States of America*. Edinburgh, Royaume-Uni : A Black, 5 vol, 527 p.

AUDUBON, J-J (1839). *A synopsis of the birds of North America*. Edinburgh : A et C Black, 359 p.

AUDUBON, J-J, BACHMAN, J (1846-1854). *The viviparous quadrupeds of North America*. New-York : Arno Press, 155 p.

AUSTIN, O (1957). Notes on banding birds in Antarctica, and on the Adelie penguin colonies of the Ross Sea sector. *Bird-Banding, 28* (1), pp. 1-26.

BAIRLEIN, F (2003). The study of bird migrations - some future perspectives. *Bird Study, 50*, pp. 243-253.

BALDWIN, S (1922). Adventures in Bird-Banding in 1921. *The Auk, 39* (2), pp. 210-224.

BALHAM, RW, ELDER, WH (1953). Colored leg bands for waterfowl. *The Journal of Wildlife Management, 17* (4), pp. 446-449.

BALLACHEY, BE, BODKIN, JL, DOROFF, AM, REBAR, AH (2003). Correlates to survival of juvenile sea otters in Prince William Sound, Alaska, 1992-1993. *Canadian Journal of Zoology, 81* (9), pp. 1494-1139.

BALLARD, G, AINLEY, DG, RIBIC, CA, BARTON, KR (2001). Effects of instrument attachment and other factors on foraging trip duration and nesting success of Adélie penguins. *Condor, 103*, pp. 481-490.

BALSTOSSER, W (1978). New and modified methods for color-marking hummingbirds. *Bird-Banding, 49* (1), pp. 47-49.

BANNASCH, R, WILSON, RP, CULIK, B (1994). Hydrodynamic aspects of design and attachment of a back-mounted device in penguins. *Journal of Experimental Biology, 194*, pp. 83-96.

BARHAM, P (1999). Design of plastic penguin flipper-bands. *Penguin Conservation, 16*, pp. 4-10.

BARHAM, PJ, UNDERHILL, LG, CRAWFORD, RJM, LESHORO, TM, BOLTON, DA (2008). Impact of flipper-banding on breeding success of African penguins *Spheniscus demersus* at Robben Island: comparisons among silicone rubber bands, stainless-steel bands and no bands. *African Journal of Marine Science, 30* (3), pp. 595-602.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

BARRAGAN-JASON, G (2013). *La dynamique du traitement des visages : du percept à la familiarité.* Thèse de Doctorat, Neuroscience, comportement et cognition, Université de Toulouse 3 Paul Sabatier, 233 p.

BARRAT, A (1976). Quelques aspects de la biologie et de l'écologie du manchot royal (*Aptenodytes patagonicus*) des Iles Crozet. *Comité National Français des Recherches Antarctiques, 40*, pp. 9-52.

BARTUSH, WS, LEWIS, JC (1981). Mortality of White-tailed deer fawns in the Wichita Mountains. *Proceedings of the Oklahoma Academy of Science, 61*, pp. 23-27.

BAUBET, E, SERVANTY, S, BRANDT, S, TOÏGO, C, KLEIN, F (2004). Améliorer la connaissance du fonctionnement démographique des populations de sangliers : vers une meilleure gestion de l'espèce *Sus scrofa. ONCFS Rapport scientifique,* pp. 30-33.

BAUDOIN, JY, CHAMBON, V, TIBERGHIEN, G (2009). Expert en visage? Pourquoi sommes-nous tous...des experts en reconnaissance des visages. *L'Evolution Psychiatrique, 74,* pp. 3-25.

BAUER, MS, POPE, ER (1986). The effects of skin graft thickness on graft viability and change in original graft area in dogs. *Veterinary Surgery, 15* (4), pp. 321-324.

BEAULIEU, M, THIERRY, A-M, LE MAHO, Y, ROPERT-COUDERC, Y, ANCEL, A (2009). Alloparental feeding in Adélie penguins: why is it uncommon? *Journal Of ornithology, 150* (3), pp. 637-643.

BEAULIEU, M, THIERRY, A-M, RACLOT, T, LE MAHO, Y, ROPERT-COUDERT, Y, GACHOT-NEVEU, H, ANCEL, A (2009). Sex-specific parental strategies according to the sex of the offspring in the Adélie penguin. *Behavioral Ecology, 20* (4), pp. 878-883.

BEAUPRE, S (1995). Effects of geographically variable thermal environment on the bioenergetics of mottled rock rattlesnakes. *Ecology, 76*, pp. 1655-1665.

BELANT, JL, SEAMANS, TW (1993). Evaluation of dyes and techniques to colour-mark incubating herring gulls. *Journal of Field Ornithology, 64*, pp. 440-451.

BERGMAN, PK, HAW, F, BLANKENSHIP, HL, BUCKLEY, M (1992). Perspectives on design, use, and misuse of fish tags. *Fisheries, 17* (4), pp. 20-25.

BERLINCOURT, M, ARNOULT, JPY (2014). At-sea associations in foraging Little penguins. *PLoS ONE, 9* (8), p. e105065.

BERTRAND, B (2006). *Les complications du piercing : à propos de deux cas.* Thèse pour obtenir le grade de Docteur en médecine, Faculté de médecine, Université Henri Poincaré, Nancy 1, 136 p.

BEST, L (1990). Marking passerine tail feathers with colored tape. *The Wilson Bulletin, 102* (4), pp. 710-714.

BIGLER, W (1966). A marking harness for the collared peccary. *Journal of Wildlife Management, 30* (1), pp. 213-214.

BILDSTEIN, KL, PETERJOHN, BG (2012). The future of banding in raptor science. *Journal of Raptor Research, 46* (1), pp. 3-11.

BILLINGHAM, RE, MEDAVAR, PB (1951). The technique of free skin grafting in mammals. *Journal of Experimental Biology, 28* (3), pp. 385-402.

BLUMS, P, MEDNIS, A, BAUGA, I, NICHOLS, JD, HINES, JE (1997). The loss rates of web tags applied to day-old *Anas* and *Aythya* ducklings. *Wildfowl, 47*, pp. 181-185.

BOERSMA, DP, REBSTOCK, GA (2008). Flipper-bands do not affect foraging-trip duration of Magellanic Penguins. *Journal of Field Ornithology, 80*, pp. 408-418.

BÖGEL, R (2005). Possibilities and limitations of biotelemetry and radio-tracking techniques in vulture species. In *Proceedings of the International Conference on Conservation and Management of Vulture Populations.* DC HOUSTON, SE PIPER, 14-16 Novembre 2005, Thessaloniki, Grèce, National History Museum of Crete & WWF Greece, p. 174.

BON, R, CUGNASS, J-M (1992). Expanding and self-adjusting collar for mouflons. *Wildlife Society Bulletin, 20*, pp. 396-398.

BORSA, P (1990). Seasonal occurrence of the leopard seal, *Hydrurga leptonyx*, in the Kerguelen Islands. *Canadian Journal of Zoology, 68* (2), pp. 405-408.

BOST, C-A, COTTE, C, BAILLEUL, F, CHEREL, Y, CHARASSIN, J-B, GUINET, C, AINLEY, DG, WEIMERSKIRCH, H (2009). Importance of oceanographic fronts to marine birds and mammals of the southern oceans. *Journal of Marine Systems, 78*, pp. 363-376.

BOST, C-A, CHARRASSIN, J-B, CLERQUIN, Y, ROPERT-COUDERT, Y, LE MAHO, Y (2004). Exploitation of distant marginal ice zones by king penguins during winter. *Marine Ecology Progress Series, 283*, pp. 293-297.

BOST, C-A, GEORGES, J-Y, GUINET, C, CHEREL, Y, PÜTZ, K, CHARASSIN, J-B, HANDRICH, Y, ZORN, T, LAGE, J, LE MAHO, Y (1997). Foraging habitat and food intake of satellite tracked king penguins during the austral summer at Crozet archipelago. *Marine Ecology Progress Series, 150*, pp. 21-33.

BOST, C-A, HANDRICH, Y, BUTLER, PJ, FAHLMAN, A, HALSEY, LG, WOAKES, AJ, ROPERT-COUDERT, Y (2007). Changes in dives profiles as an indicator of feeding success in king and Adélie penguins. *Deep-Sea Research II, 54* (54), pp. 248-255.

BOTHA, A. (2007). A review of colour-marking techniques used on vultures in southern Africa. *Vultures News, 56*, pp. 52-63.

BOYD, JC, SLADEN, WJL (1971). Telemetry studies of internal body temperatures of Adélie and Emperor penguins at Cape Crozier, Ross Island, Antarctica. *The Auk, 88* (2), pp. 366-380.

BRETAGNOLLE, V, THIBAULT, J-C, DOMINICI, J-M (1994). Field identification of individual ospreys using head marking pattern. *Journal of Wildlife Management, 58*, pp. 175-178.

BROWN, WS, GANNON, VPJ, SECOY, DM (1984). Paint marking the rattle of rattlesnakes. *Herpetological Review, 15*, pp. 75-76.

BROWN, WS, PARKER, WS (1976). A ventral scale clipping system for permanently marking snakes (Reptila, serpentes). *Journal of Herpetology, 10* (3), pp. 247-249.

BUB, H OELKE, H (1989). The history of bird marking till the inception of scientific bird ringing. *Ring, 12*, pp. 141-163.

BURGER, GV, GREENWOOD, RJ, OLDENBURG, RC (1970). Alula removal technique for identifying wings of released waterfowl. *Journal of Wildlife Management, 34*, pp. 137-140.

BURGER, J, MONTEVECCHI, WA (1975). Nest site selection in the Terrapin *Malaclemys terrapin*. *Copeia, 1975* (1), pp. 113-119.

BURGHARDT, T, THOMAS, B, BARHAM, BJ, CALIÉ, J (2004). Automated visual recognition of individual African penguins. *Fifth International Penguin Conference*. Septembre 2004, Ushuaia, Tierra del Fuego, Argentina.

BUTLER, PJ, BEVAN, RM, WOAKES, AJ, CROXALL, JP, BOYD, IL (1995). The use of data loggers to determine the energetics and physiology of aquatic birds and mammals. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research, 28*, pp. 1307-1317.

CAFFREY, C (2000). Marking crows. *North American Bird Bander, 26* (4), pp. 146-150.

CAGLE, F (1939). A system for marking turtles for future identification. *Copeia, 1939* (3), pp. 170-173.

CAIRNS, D (1986). Plumage colour in pursuit-diving seabirds: Why do penguins wear tuxedos? *Bird Behavior, 6* (2), pp. 58-65.

CAIRNS, D (1988). Seabirds as indicators of marine food supplies. *Biological Oceanography, 5*, pp. 261-271.

CAIRNS, D (1992). Bridging the gap between ornithology and fisheries science: use of seabird data in stock assessment models. *The Condor, 94*, pp. 811-824.

CALVO, B, FURNESS, RW (1992). A review of the use and the effects of marks and devices on birds. *Ringing & Migration, 13* (3), pp. 129-151.

CARLSON, CA, MAYO, CA, WHITEHEAD H (1990). *Changes in the ventral fluke pattern of the Humpback whale Megaptera novaeangliae, and it effect on matching: evaluation of its significance to photo-identification research.* In Report of the International Whaling Commission, Special Issue 12. Hammond, PS, Mizroch SA, Donovan, GP, Cambridge, Royaume-Uni, 448 p. ISBN : 0-906975-23-9

CARNEY, SM (1992). *Species, age and sex identification of ducks using wing plumage.* U.S. Department of the Interior, U.S. Fish and Wildlife Service, Washington, D.C.: Northern Prairie Wildlife Research Center, 144 p.

CARVER, AV, BURGER, LW, BRENNAN, LA (1999). Passive integrated transponders and patagial tag markers for Northern Bobwhite chicks. *The Journal of Wildlife Management, 63* (1), pp. 162-166.

CASAS, F, MOUGEOT, F, VINUELA, J, BRETAGNOLLE, V (2009). Effects of hunting on the behaviour and spatial distribution of farmland birds: importance of hunting-free refuges in agricultural areas. *Animal Conservation, 12*, pp. 346-354.

CHABRECK, R (1965). Methods of capturing, marking and sexing alligators. *Proceedings of the Annual Conference of the Southeastern Association of Game and Fish Commissioners*, *17*, pp. 47-50.

CHAPMAN, DG, JOHNSON, AM (1968). Estimation of Fur Seal pup populations by randomized sampling. *Transactions of the American Fisheries Society, 97* (3), pp. 264-270.

CHARBONNIER, Y, DELORD, K, THIEBOT, J-B (2010). King-size fast food for Antarctic fur seals. *Polar Biology, 33*, pp. 721-724.

CHATELIN, Y. F. (2001). *Audubon : peintre, naturaliste, aventurier.* Paris, Éd. France-Empire, 464 p. ISBN : 2-7048-0926-7

CHEREL, Y, FONTAINE, C, RICHARD, P, LABAT, J-P (2010). Isotopic niches and trophic levels of myctophid fishes and their predators in the Southern Ocean. *Limnology and Oceanography, 55* (1), pp. 324-332.

CHEREL, Y, PUTZ, K, HOBSON, KA (2002). Summer diet of king penguins (*Aptenodytes patagonicus*) at the Falkland Islands, southern Atlantic Ocean. *Polar Biology, 25*, pp. 898-906.

CHEREL, Y, RIDOUX, V (1992). Prey species and nutritive value of food fed during summer to king penguin *Aptenodytes patagonica* chicks at Possession Island, Crozet Archipelago. *Ibis, 134*, pp. 118-127.

CHEREL, Y, STAHL, JC, LE MAHO, Y (1987). Ecology and physiology of fasting in king penguin chicks. *The Auk, 104*, pp. 254-262.

CHEREL, Y, VERDON, C, RIDOUX, V (1993). Seasonal importance of oceanic myctophids in king penguin diet at Crozet Islands. *Polar Biology, 13*, pp. 355-357.

CHILVERS, BL, CORKERON, PJ, BLANSHARD, WH, LONG, TR, MARTIN, AR (2001). A new VHF tag and attachment technique for small cetaceans. *Aquatic Mammals, 21* (1), pp. 11-15.

CHRISTIAN, KA, BEDFORD, GS (1995). Seasonal changes in thermoregulation by the frillneck lizard *Chlamydosaurus kingii* in tropical Australia. *Ecology, 76*, pp. 124-132.

CLARK, D (1971). Branding as a marking technique for amphibians and reptiles. *Copeia, 1971* (1), pp. 148-151.

CLARK, T (1981). Some spatial and behavioral features of the Thirteen-lined ground squirrel. *Western North American Naturalist, 41* (2), pp. 243-246.

CLAUSEN, B, HJORT, P, STRANDGAARD, H, SOERENSEN, PL (1984). Immobilization and tagging of Muskoxen (*Ovibos moschatus*) in Jameson Land, Northeastern Greenland. *Journal of Wildlife Diseases, 20* (2), pp. 141-145.

COLE, L (1909). The tagging of wild birds as a means of studying their movements. *The Auk, 26*, pp. 137-143.

COLE, L (1922). The Early History of Bird Banding in America. *The Wilson Bulletin, 34* (2), pp. 108-114.

COOKE, F, FINDLAY, CS, ROCKWELL, RF (1984). Recruitment and the timing of reproduction in Lesser snow geese (*Chen caerulescens caerulescens*). *The Auk, 101* (3), pp. 451-458.

COOPER, J, MORANT, PD (1981). The design of stainless-steel flipper bands for penguins. *Ostrich, 52*, pp. 119-123.

COPPINGER, RP, WENTWORTH, BC (1966). Identification of experimental birds with the aid of feather autografts. *Bird-Banding, 37* (3), pp. 203-205.

CRIGEL, M-H, BALLIGAND, M, HEINEN, E (2001). Les bois de cerf : revue de littérature scientifique. *Annales de Médecine Vétérinaire, 145*, pp. 25-38.

CROLL, DA, JANSEN, JK, GOEBEL, ME, BOVENG, PL, BENGSTON, JL (1991). Foraging behaviour and reproductive success in chinstrap penguins: the effect of transmitter attachment. *Journal of Field Ornithology, 67*, pp. 1-9.

CROXALL, JP, DAVIS, LS (1999). Penguins: Paradoxes and patterns. *Marine Ornithology, 27*, pp. 1-12.

CULIK, BM, BANNASCH, R, WILSON, RP External devices on penguins: how important is shape? *Marine Biology, 118*, pp. 353-357.

CULIK, B, WILSON, RP (1991). Swimming energetics and performance of intrumented Adélie penguins (*Pygoscelis adeliae*). *Journal of Experimental Biology, 158*, pp. 355-368.

CULIK, BM, WILSON, RP, BANNASCH, R (1993). Flipper-bands on penguins: what is the cost of a life-long commitment? *Marine Ecology Progress Series, 98*, pp. 209-214.

CUTHBERT, FJ, SOUTHERN, WE (1975). A method for marking young gulls for individual identification. *Bird-Banding, 46*, pp. 252-253.

DAAN, S (1969). Frequency of displacements as a measure of activity of hibernating bats. *Lynx, 10*, pp. 13-18.

DANN, P, CARRON, M, CHAMBERS, B, CHAMBERS, L, DORNOM, T, MCLAUGHLIN, A, SHARP, B, TALMAGE, ME, THODAY, R, UNTHANK, S (2005). Longevity in little penguins *Eudyptula minor*. *Marine Ornithology, 33*, pp. 71-72.

DANN, P, SIDHU, LA, JESSOP, R, RENWICK, L, HEALY, M, DETTMANN, BELINDA, BAKER, B, CATCHPOLE, EA (2014). Effects of flipper bands and injected transponders on the survival of adult Little Penguins *Eudyptula minor*. *Ibis, 156*, pp. 73-83.

DANORTH, CH, FOSTER, F (1929). Skin transplantation as a means of studying genetic and endocrine factors in the fowl. *Journal of Experimental Zoology, 54*, pp. 443-470.

DAUGHERTY, C (1976). Freeze-branding as a technique for marking anurans. *Copeia, 1976* (4), pp. 836-838.

DAVIS, LS, RENNER, M (2003). *Penguins.* New Haven, Connecticut: Yale University Press, 212 p.

DAY, G (1973). Marking devices for big game animals. *Arizona Game and Fish Department Research Abstracts, 8*, pp. 1-7.

DAY, GS, SCHEMNITZ, S, TABER, R (1980). Capturing and marking wild animals. In *Wildlife Management Techniques Manual.* Washington, DC: The Wildlife Society, pp. 61-88.

DE MATOS, R (2005). Emergency and critical care of small Psittacines and Passerines. In *Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine* Vol. 14, pp. 90-105.

DELORD, K, BARBRAUD, C, BOST, C-A, CHEREL, Y, GUINET, C, WEIMERSKIRCH, H (2013). *Atlas of top predators from the Southern Territories in the Southern Indian Ocean*. CEBC-CNRS, 252 p.

DEMERS, F, GIROUX, J-F, GAUTHIER, G, BÊTY, J (2003). Effects of collar-attached transmitters on behaviour, pair bond and breeding success of snow geese *Anser caerulescens atlanticus*. *Wildlife Biology, 9*, pp. 77-86.

DERENNE, P, JOUVENTIN, P, MOUGIN, J-L (1979). Le chant du Manchot royal *Aptenodytes patagonica* et sa signification évolutive. *Gerfaut, 69*, pp. 211-224.

DESCAMPS, S, GAUTHIER-CLERC, M, GENDNER, J-P, LE MAHO, Y (2002). The annual breeding cycle of unbanded king penguins *Aptenodytes patagonicus* on Possession Island (Crozet). *Avian Science, 2*, pp. 87-98.

DESCAMPS, S, GAUTHIER-CLERC, M, LE BOHEC, C, GENDNER, J-P, LE MAHO, Y (2005). Impact of predation on king penguin *Aptenodytes patagonicus* in Crozet Archipelago. *Polar Biology, 28*, pp. 303-310.

DI VITTORIO, M (2005). Reintroduction of the Griffon Vulture *Gyps fulvus* in Nebrodi Regional Park, Sicily. In *Proceedings of the International Conference on Conservation and Management of Vulture Populations*. DC HOUSTON, SE PIPER, 14-16 Novembre 2005, Thessaloniki, Grèce, National History Museum of Crete & WWF Greece, p. 174.

DICKSON, RD, ESLER, D, HUPP, JW, ANDERSON, EM, EVENSON, JR, BARRETT, J (2012). Phenology and duration of remigial moult in Surf Scoters (*Melanitta perspicillata*) and White-winged Scoters *(Melanita fusca*) on the Pacific coast of North America. *Canadian Journal of Zoology, 90* (8), pp. 932-944.

DOBSON, FS, NOLAN, PM, NICOLAUS, M, BAJZAK, C, COQUEL, A-S, JOUVENTIN, P (2008). Comparison of color and body condition between early and late breeding king penguins. *Ethology, 114*, pp. 925-933.

DUGGER, KM, BALLARD, G, AINLEY, DG, BARTON, KJ (2006). Effects of flipper bands on foraging behavior and survival of Adélie penguins *(Pygoscelis adeliae). The Auk, 123* (3), pp. 858-869.

DUHAUT, C (2008). *Piercings, tatouages et autres modifications corporelles : liens avec la santé et approche du pharmacien d'officine*. Thèse pour obtenir le diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie, Faculté de Pharmacie, Université Henri Poincaré - Nancy 1, 118 p.

DUNCAN, RN, DONALDSON, IJ (1968). Tattoo-marking of fingerling salmonids with fluorescent pigments. *Journal de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada, 25* (10), pp. 2233-2236.

DURIEZ, O, ELIOTOUT, B, SARRAZIN, F (2011). Age identification of Eurasian Griffon Vultures *Gyps fulvus* in the field. *Ringing & Migration, 26*, pp. 24-30.

DZUS, EH, CLARK, RG (1996). Effects of harness-style and abdominally implanted transmitters on survival and return rates of Mallards. *Journal of Field Ornithology, 67* (4), pp. 549-596.

EMLEN, S (1968). A technique for marking anuran amphibians for behavioural studies. *Herpetologica, 24*, pp. 172-173.

EVANS, J, ELLIS, JO, NASS, RD, WARD, AL (1972). Techniques for capturing, handling, and marking nutria. *Proceedings of the Annual Conference of the Southeastern Association of Game and Fish Commissioners, 25*, pp. 295-315.

FAIR, J, PAUL, E, JONES, J (2010). *Guidelines to the use of wild birds in research*. AS GAUNT, LW ORING (éditeurs) Washington, D. C.: Ornithological Council, 215 p.

FORCADA, J, ROBINSON, SL (2006). Population abundance, structure and turnover estimates for leopard seals during winter dispersal combining tagging and photo-identification data. *Polar Biology, 29*, pp. 1052-1062.

FRASER, WR, PATTERSON, DL (1997). Penguin marking techniques: summary of SCAR-BBS workshop. *Penguin Conservation, 10* (1), pp. 9-11.

FRASER, WR, PATTERSON, DL (1997). Annex 3, Scientific Committee on Antarctic Research, Bird Biology Subcommittee (SCAR-BBS). Minutes of the Workshop on Alternative Penguin Marking Techniques. *Marine Ornithology, 25*, pp. 85-87.

FRASER, WR, TRIVIELPIECE, WZ (1993). Report: Workshop on researcher-seabird interactions. 15-17 Juillet 1993, Monticello, MN, USA. Washington D.C.: Office of Polar Programs.

FROGET, G, GAUTHIER-CLERC, M, LE MAHO, Y, HANDRICH, Y (1998). Is penguin banding harmless? *Polar Biology, 20*, pp. 409-413.

FUJITA, H, TAKESHITA, K (1979). Tagging technique for tanner crab long term tag. *Bulletin of the Far Seas Fisheries Research Laboratory, 17*, pp. 223-226.

FULLAGAR, PJ, JEWELL, PA (1965). Marking small rodents and the difficulties of using leg rings. *Proceedings of the Zoological Society of London, 147* (2), pp. 224-228.

GAIN, L (1913). La vie et moeurs du pingouin Adélie. *IXème Congrès International de Zoologie*, Monaco, pp. 501-521.

GANNON, MR, WILLIG, MR (1998). Long-term monitoring protocol for bats: lessons from the Luquillo experimental forest of Puerto Rico. In JD COMISKEY, *Forest biodiversity in North, Central and South America, and the Caribbean: Research and monitoring*. Technology & Engineerin, 762 p.

GAUTHIER-CLERC, M, GENDNER, JP, RIBIC, CA, FRASER, WR, WOEHLER, EJ, DESCAMPS, S, GILLY, C, LE BOHEC, C, LE MAHO, Y (2004). Long-term effects of flipper bands on penguins. *Proceedings of the Royal Society London Biology Letters*, pp. 271-276.

GAYMER, R (1973). A marking method for giant tortoises, and field trials on Aldabra. *Journal of Zoology, 169* (3), pp. 393-401.

GEORGES, J-Y, LE MAHO, Y (2003). Réponse des écosystèmes marins et insulaires aux changements climatiques. *Compte-rendus Geoscience, 335* (6-7), pp.551-560.

GESE, E (2001). Monitoring of terrestrial carnivore populations. *USDA National Wildlife Research Center - Staff Publication*, Paper 576.

GESSAMAN, JA, WORKMAN, GW, FULLER, MR (1991). Flight performance, energetics and water turnover of Tippler Pigeons with a harness and dorsal load. *The Condor, 93* (3), pp. 546-554.

GILBERT, T (2004). Marking & identification. *The Biology, Husbandry and Conservation, 41*.

GILHODES, M (2013). *Piercing et tatouage : réglementation en vigueur, pratiques actuelles et complications potentielles*. Thèse pour obtenir le Diplôme d'Etat en Pharmacie, Faculté de Pharmacie, Université de Limoges, 173 p.

GILKINSON, AK (2004). *Habitat associations and photo-identification of sea otters in Simpson Bay, Prince William sound, Alaska*. Thèse pour l'obtention d'un Master de Science, Texas A&M University, 71 p.

GITTINS, S (1983). Population dynamics of the Common Toad (*Bufo bufo*). *Journal of Animal Ecology, 52* (3), pp. 981-988.

GLAHN, JF, TIMBROOK, SK, TWEDT, DJ (1987). Temporal use patterns of wintering starlings at a southeastern livestock farm: Implications for damage control. *Third Esatern Wildlife Damage Control Conference*, Paper 17.

GODLEY, BJ, LIMA, EHSM, AKESSON, S, BRODERICK, AC, GLEN, F, GODFREY, MH, LUSCHI, P, HAYS, GC (2003). Movement patterns of green turtles in Brazilian coastal waters described by satellite tracking and flipper tagging. *Marine Ecology Progress Series, 253*, pp. 279-288.

GOLDSWORTHY, SD, GALES, RP, GIESE, M, BROTHERS, N (2000). Effects of the *Iron Baron* oil spill on little penguins (*Eudyptula minor*). II. Post-release survival of rehabilitated oiled birds. *Wildlife Research, 27*, pp. 573-582.

GOODALL, J (2010). *Through a Window: My Thirty Years with the Chimpanzees of Gombe.* Boston, New York: Houghton Mifflin Harcourt, 400 p.

GREENWOOD, RJ, BAIR, WC (1974). Ice on waterfowl markers. *Wildlife Society Bulletin, 2* (3), pp. 130-134.

GRIBEN, MR, JOHNSON, HR, GALLUCCI, BB, GALLUCCI, VF (1984). A new method to mark pinnipeds as applied to the Northern Fur Seal. *The Journal of Wildlife Management, 48* (3), pp. 945-949.

GRIESEMER, SJ, HALE, MO, ROZE, U, FULLER, TK (1999). Capturing and marking adult North American porcupines. *Wildlife Society Bulletin, 27* (2), pp. 310-313.

GRIFFIN, D (1934). Marking bats. *Journal of Mammalogy, 15* (3), pp. 202-207.

GRIFFIN, D (1945). Travel of banded cave bats. *Journal of Mammalogy, 26* (1), pp. 15-23.

GUARINO, J (1968). Evaluation of colored leg tag for starlings and blackbirds. *Bird-Banding, 39* (1), pp. 6-13.

GUIARD-SCHMID, J B, PICARD, H, SLAMA, L, MASLO, C, AMIEL, C, PIALOUX, G, LEBRETTE, M G, ROZENBAUM, W (2000). Piercing and its infectious complications. A public health issue in France. *Presse Médicale, 29* (35), pp. 1948-1056.

GUIARD-SCHMID, J-B (2002). *Guide des bonnes pratiques du piercing.* Paris: APHP, 63 p.

GUILLEMAIN, M, POISBLEAU, M, DENONFOUX, L, LEPLEY, M, MOREAU, C, MASSEZ, G, LERAY, G, CAIZERGUES, A, ARZEL, C, RODRIGUES, D, FRITZ, H (2007). Multiples tests of the effects of nasal saddles on dabbling ducks: combining field and aviary approaches: Capsule Nasal saddles have no negative consequences apart from, under some circumstances, a potential bias in social relationships. *Bird Study, 54* (1), pp. 35-45.

GUINET, C (1995). Satellite remote sensing in monitoring change of seabirds: use of Spot Image in king penguin population increase at Ile aux Cochons, Crozet Archipelago. *Polar Biology, 15*, pp. 511-515.

HALSEY, LG, BUTLER, PJ, FAHLMAN, A, BOST, C-A, WOAKES, AJ, HANDRICH, H (2008). Modelling the marine resources consumed in raising a king penguin chick: an energetics approach. *Physiological and Biochemical Zoology, 81* (6), pp. 856-867.

HANDRICH, Y (1989). Incubation water loss in King Penguin egg. II. Does the brood patch interfere with eggshell conductance? *Physiological Zoology, 62* (1), pp. 119-132.

HANDRICH, Y, BEVAN, RM, CHARRASSIN, J-B, BUTLER, PJ, PÜTZ, K, WOAKES, A, LAGE, J, LE MAHO, Y (1997). Hypothermia in foraging king penguins. *Nature*, *388* (6637), pp. 64-67.

HELANDER, B (1985). Colour-ringing of White-tailed sea Eagles in Northern Europe. *ICRP Technical Publication, 5,* pp. 401-408.

HENCKEL, R (1976). Turkey vulture banding problem. *North American Bird Bander, 1, p.126*.

HENSHAW, R (1981). Toe-clipping coyotes for individual identification: a critique. *The Journal of Wildlife Management, 45* (4), pp. 1005-1007.

HEYDWELLER, A (1939). Marking birds by imping feathers. *Journal of Wildlife Management, 3*, pp. 238-239.

HIBY, L, LOVELL, P (1990). *Computer aided matching of natural markings: a prototype system for grey seals.* In Report of the International Whaling Commission, Special Issue 12. Hammond, PS, Mizroch, SA, Donovan, GP, Cambridge, Royaume-Uni, 448 p. ISBN : 0-906975-23-9

HILL, IF, CRESSWELL, BH, KENWARD, RE (1999). Field-testing the suitability of a new back-pack harness for radio-tagging passerines. *Journal of Avian Biology, 30*, pp. 135-142.

HINDELL, M (1988). The diet of king penguin *Aptenodytes patagonicus* at Macquarie Island. *Ibis, 130*, pp. 193-203.

HINDELL, MA, LEA, M-A, HULL, CL (1996). The effects of flipper bands on adult survival rate and reproduction in the royal penguin, *Eudyptes schlegeli*. *Ibis, 138*, pp. 557-560.

HOGAN, D, ESLER, D, THOMPSON, J E (2013). Duration and phenology of remigial molt of Barrow's Goldeneye. *The Condor, 115* (4), pp. 762-768.

HONNEGGER, R (1979). Marking amphibians and reptiles for future identification. *International Zoo Yearbook, 19* (1), pp. 14-22.

HOYLE, SD, POPLE, AR, TOOP, GJ (2001). Mark-recapture may reveal more about ecology than about population trends: Demography of a threatened ghost bat (*Macroderma gigas*) population. *Austral Ecology, 26* (1), pp. 80-92.

HUDSON, S (1996). Natural toe loss in Southeastern Australian skinks: implications for marking lizards by toe-clipping. *Journal of Herpetology, 30* (1), pp. 106-110.

HUNTER, S (1991). The impact of avian predator-scavengers on King Penguin *Aptenodytes patagonicus* chicks at Marion Island. *Ibis, 133* (4), pp. 343-350.

JACKSON, S, WILSON, RP (2002). The potential costs of flipper-bands to penguins. *Functionnal Ecology, 16*, pp. 141-148.

JARVIS, M (1970). A problem in banding penguins. *Ostrich, 41*, pp. 120-121.

JENNINGS, ML, DAVID, DN, PORTIER, KM (1991). Effect of marking techniques on growth and survivorship of hatchling alligators. *Wildlife Society Bulletin, 19* (2), pp. 204-207.

JOB, DA, BONESS, DJ, FRANCIS, JM (1995). Individual variation in nursing vocalizations of Hawaiian monk seal pups, *Monachus schauinslandi* (Phocidae, Pinnipedia), and lack of maternal recognition. *Canadian Journal of Zoology, 73* (5), pp. 975-983.

JOHNSON, A (2000). An overview of the Greater flamingo ringing program in the Camargue (southern France) and some aspects of the species' breeding biology studied using marked individuals. *Waterbirds, 23*, pp. 2-8.

JOHNSON, M (2005). A new method of temporarily marking lizards. *Herpetological Review, 36* (3), pp. 277-279.

JONKEL, CL, GRAY, DR, HUBERT, B (1975). Immobilizing and marking wild Muskoxen in Arctic Canada. *The Journal of Wildlife Management, 39* (1), pp. 112-117.

JOUVENTIN, P (1972). Un nouveau système de reconnaissance acoustique chez les oiseaux. *Behaviour, 43*, pp. 176-186.

JOUVENTIN, P, CAPDEVILLE, D, CUENOT-CHAILLET, F, BOITEAU, C (1994). Exploitation of pelagic resources by a non-flying seabird: satellite tracking of the king penguin throughout the breeding cycle. *Marine Ecology Progress Series, 106*, pp. 11-19.

JOUVENTIN, P, MOUGIN, J-L (1981). Les stratégies adaptatives des oiseaux de mer. *Revue d'Ecologie Terre & Vie, 35*, pp. 217-272.

JOUVENTIN, P, STAHL, JC, WEIMERSKIRCH, H, MOUGIN, J-LJOUVENTIN, P, STAHL, JC, WEIMERSKIRCH, H, MOUGIN, J-L (1984). The seabirds of the French Subantarctic Islands & Adelie Land, their status and conservation. *I.C.B.P. Technical publication. Status and conservation of the world seabirds, 2*, pp. 609-625.

JOVANI, R, TELLA, JL (2005). Wear and opening as sources of band loss in the White Stork. *Waterbirds, 28* (4), pp. 426-429.

JUNG, TS, EGLI, K (2011). *Population inventory of the Aishihik Wook Bison (*Bison bison athabascae*) herd in Southwestern Yukon*. Technical Report TR-12-19, Yukon Department of Environment Fish and Wildlife Branch, Whitehorse, Yukon, Canada, 14 p.

RapportGratuit.com

KAPAY, AK, MPUTU-YAMBA, JB, MUYEMBE, T, BONGA, G, N'SIALA, A (2005). Apport de l'autogreffe cutanée à l'air libre dans le traitement de l'ulcère de Buruli. *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique, 98* (1), pp. 21-25.

KAPLAN, N (1958). Marking and branding frogs and turtles. *Herpetologica, 14*, pp. 131-132.

KELLY, M (2001). Computer-aided photograph matching in studies using individual identification: an example from Serengeti cheetahs. *Journal of Mammalogy, 82* (2), pp. 440-449.

KENWARD, RE, PFEFFER, RH, AL-BOWARDI, MA, FOX, NC, RIDDLE, KE, BRAGIN, EA, LEVIN, A, WALLS, SS, HODDER, KH (2001). Setting harness sizes and other marking techniques for a falcon with strong sexual dimorphism. *Journal of Field Ornithology, 72* (2), pp. 244-257.

KESSLER, F (1964). Avian predation on pheasants wearing differently colored plastic markers. *The Ohio Journal of Science, 64* (6), pp. 401-402.

KISZKA, J, PELOURDEAU, D, RIDOUX, V (2008). Body scars and dorsal fin disfigurements as indicators of interaction between small cetaceans and fisheries around the Mozambique channel island of Mayotte. *Western Indian Ocean Journal of Marine Science, 7*, pp. 185-193.

KLAGES, NTW, SPENCER, KD (1996). Flipper bands on penguins: why never is not always better. *Safring News, 25*, pp. 9-12.

KOCHERT, MN, STEENHOF, K, MORITSCH, MQ (1983). Evaluation of patagial markers for raptors and ravens. *Wildlife Society Bulletin, 11* (3), pp. 271-281.

KOHLER, NE, TURNER, PA (2001). Shark tagging: a review of conventional methods and studies. *Environmental Biology of Fishes, 60*, pp. 191-223.

KONRAD, PM, GILMER, DS (1986). Post fledging behavior of Ferruginous Hawks in North Dakota. *Raptor Research, 20* (1), pp. 35-39.

KOOYMAN, GL, CHEREL, Y, LE MAHO, Y, CROXALL, JP, THORSON, PH, RIDOUX, PH, KOOMAN, CA (1992). Diving behaviour and energetics during foraging cycles in King Penguins. *Ecological Monographs, 62*, pp. 143-163.

KOOYMAN, GL, PONGANIS, PJ (1998). The physiological basis of diving to depth: birds and mammals. *Annual Review of Physiology, 60*, pp. 19-32.

KOSSACK, C (1950). Breeding habits of Canada Geese under refuge conditions. *American Midland Journal, 43* (3), pp. 627-649.

KOUDIL, M, CHARASSIN, J-B, LE MAHO, Y, BOST, C-A (2000). Seabirds as monitors of upper-ocean thermal structure. King penguins at the Antarctic polar front, east of Kerguelen sector. *Life Sciences, 323*, pp. 377-384.

KRASINSKI, ZA, CABON-RACZYNSKA, K, KRASINSKA, M (1982). Immobilizing and marking of the European Bison. *Acta Theriologica, 27* (14), pp. 181-190.

LANYON, JM, SNEATH, HL, KIRKWOOD, JM, SLADE, RW (2002). Establishing a mark-recapture program for dugongs in Moreton Bay, South-East Queensland. *Australian Mammalogy, 24* (1), pp. 51-56.

LE BOHEC, C, DURANT, JM, GAUTHIER-CLERC, M, STENSETH, NC, PARK, Y-H, PRADEL, R, GRÉMILLET, D, GENDNER, J-P, LE MAHO, Y (2008). King penguin population threatened by Southern Ocean warming. *PNAS, 105* (7), pp. 2493-2497.

LE MAHO, Y, GENDNER, J-P, CHALLET, E, BOST, C-A, GILLES, J, VERDON, C, PLUMERÉ, C, ROBIN, J-P, HANDRICH, Y (1993). Undisturbed breeding penguins as indicators of changes in marine resources. *Marine Biology Progress Series, 95*, pp. 1-6.

LE MAHO, Y, SARAUX, C, DURANT, JM, VIBLANC, VA, GAUTHIER-CLERC, M, YOCCOZ, NG, STENSETH, NC, LE BOHEC, C (2011). An ethical issue in biodiversity science: The monitoring of penguins with flipper bands. *Comptes Rendus Biologies, 334*, pp. 378-384.

LECLERCQ, GC, ROZENFELD, FM (2001). A permanent marking method to identify individual small rodents from birth to sexual maturity. *Journal of Zoology, 254* (2), pp. 203-206.

LECOMTE, N, KUNTZ, G, LAMBERT, N, GENDNER, J-P, HANDRICH, Y, LE MAHO, Y, BOST, C-A (2006). Alloparental feeding in the king penguin. *Animal Behaviour, 71*, pp. 457-462.

LENGAGNE, T, JOUVENTIN, P, AUBIN,T (1999). Finding one's mate in a king penguin colony: efficiency of acoustic communication. *Behaviour, 136*, pp. 533-546.

LENTFER, J (1968). A technique for immobilizing and marking Polar Bears. *The Journal of Wildlife Management, 32* (2), pp. 317-321.

LEWKE, RE, STROUD, RK (1974). Freeze-branding as a method of marking snakes. *Copeia, 1974* (4), pp. 997-1000.

LIERZ, M, KORBAL, R (2012). Anaesthesia and analgesia in birds. *Journal of Exotic Pet Medicine, 21*, pp. 44-58.

LINCOLN, F (1921). The History and Purposes of Bird Banding. *The Auk, 38* (2), 217-228.

LOTZE, K (2001). *Comment juger un cerf : critères des bonnes et mauvaises dispositions. Édition originale de 1979,* Gerfaut, 86 p. ISBN : 2-901196-39-X

LOUW, G (1992). Functional anatomy of the penguin flipper. *Journal of the South African Veterinary Association, 63* (3), pp. 113-120.

MACDONALD, R (1961). Injury to birds by ice-coated bands. *Bird Banding, 32*, p. 59.

MADGE, S, Traduction M CUISIN illustrations de BURN, H (2000). *Guide des Canards, des Oies et des Cygnes*. Édition originale de 1995, Paris: Delachaux et Niestlé S A, 304 p. ISBN : 2-603-01376-9

MARION, WR, SHAMIS, JD (1977). An annotated bibliography of bird marking techniques. *Bird-Banding, 48* (1), pp. 42-61.

MCCONKEY, S (1999). Photographic identification of the New Zealand sea lion: a new technique. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, 33* (1), pp. 63-66.

MCCRACKEN, GF, GUSTIN, MK (1991). Nursing behavior in Mexican Free-tailed bat maternity colonies. *Ethology, 89* (4), pp. 305-321.

MCGRAW, JB, CASWELL, H (1996). Estimation of individual fitness from life-history data. *The American Naturalist, 147* (1), pp. 47-64.

MCMAHON, CR, BURTON, HR, VAN DEN HOFF, J, WOODS, R, BRADSHAW, CJA (2006). Assessing hot-iron and cryo-branding for permanently marking Southern elephant seals. *Journal of Wildlife Management, 70* (5), pp. 1484-1489.

MEDAWAR, PB (1944). The behaviour and fate of skin autografts and skin homografts in rabbits. *Journal of Anatomy, 78* (5), pp. 176-196.

MEDICA, PA, BURY, RB, TURNER, FB (1975). Growth of the Desert Tortoise (*Goherus agassizi*) in Nevada. *Copeia, 1975* (4), p. 639.

MELVIN, S (1977). Greater Sandhill Cranes wintering in Florida and Georgia. *Florida Field Naturalist, 5* (1), pp. 8-11.

MEYER, J (2006). Field methods for studying Nutria. *Wildlife Society Bulletin, 34* (3), pp. 850-852.

MINNICH, JE, SCHOEMAKER, VH (1972). Water and electrolyte turnover in a field population of the lizard, *Uma scoparia*. *Copeia, 1972* (4), pp. 650-659.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

MURRAY, DL, FULLER, MR (2000). A critical review of the effects of marking on the biology of vertebrates. In LF BOITANI *Research Techniques in Animal Ecology: Controversies and Consequences*. New York: Columbia University Press, pp. 15-64.

NEUMANN, DR, LEINTENBERGER, A, ORAMS, MB (2002). Photo-identification of short-beaked common dolphins (*Delphinus dephinus*) in north-east New Zealand: a photo-catalogue of recognizable individuals. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, 36*, pp. 593-604.

NEWTON, I (1967). Feather growth and moult in some captive finches. *Bird Study, 14* (1), pp. 10-24.

NIETFELD, MT, BARRETT, MW, SILVY, N (1994). Wildlife marking techniques. In TA BOOKHOUT (éditeur) *Research and management techniques for wildlife and habitats*. Bethesda, MD: Wildlife Society, pp 140-168.

NISHIKAWA, KC, SERVICE, PM. (1988). A fluorescent marking technique for individual recognition of terrestrial salamanders. *Journal of Herpetology, 22* (3), pp. 351-353.

NORMAN, SA, HOBBS, RC, FOSTER, J, SCHROEDER, JP, TOWNSEND, FI (2004). A review of animal and human health concerns during capture-release, handling, and tagging of odontocetes. *Journal of Cetacean Research and Management, 6* (1), pp. 53-62.

North American Banding Council (2001). *The North American Banders' Study Guide*. Point Reyes, CA: North American Banding Council, 69 p.

OLSSON, O (1996). Seasonal effects of timing and reproduction in the King penguin a unique breeding cycle. *Journal of Avian Biology, 27*, pp. 7-14.

OSBORNE, T (2001). A technique to catch free-flying flamingos (or the saga of how I tried). *Afring News, 30*, pp. 47-50.

PAULLIN, DG, KRIDLER, E (1988). Spring and fall migration of Tundra swans dyed at Mlaheur National Wildlife Refuge, Oregon. *The Murrelet, 69* (1), pp. 1-9.

PenguinWorld. PenguinWorld. Disponible sur Penguin World: http://www.penguinworld.com/map/map.php, (consulté le 1er septembre 2014).

PETERS, RH (1991). *A Critique for Ecology*. Cambridge, Royaume-Uni : Cambridge University Press, 366 p.

PETERSEN, SL, BRANCH, GM, CRAWFORD, RJM, COOPER, J, UNDERHILL, LJ (2005). The future for flipper banding African Penguins: discussion, recommendations and guidelines. *Marine Ornithology, 33*, pp. E1-E4.

PIATT, JF, SYDEMAN, WJ, BROWMAN, HI (2007). Seabirds as indicators of marine ecosystems. *Marine Ecology Progress Series, 352*, pp. 199-204.

PIENAAR, U de V, NIEKERK, JW, YOUNG, E, VAN WYK, P, FAIRALL, N (1966). The use of oripavine hydrochloride (M-99) in the drug immobilization and marking of wild African elephant *(Loxodonta africana*) in the Kruger National Park. *Koedoe, 9*, pp. 108-124.

PIERCE, AJ, STEVENS, DK, MULDER, R, SALEWSKI, V (2007). Plastic colour rings and the incidence of leg injury in flycatchers (Muscicapidae, Monarchidae). *Ringing & Migration, 23* (4), pp. 205-210.

PINCEMY, G, DOBSON, FS, JOUVENTIN, P (2009). Experiments on colour ornaments and mate choice in king penguins. *Animal Behaviour, 78*, pp. 1247-1253.

Parc National des Écrins, Parc National des Écrins. Disponible sur http://www.ecrins-parcnational.fr/actus/51-patrimoines/1644-des-suivis-complementaires-pour-les-bouquetins-des-cerces.html, (consulté le 21 Juin 2014).

PNR Vercors (2010). *Dossier de réintrodution du Gypaète barbu dans le Parc du Vercors*. PNRV, 65 p.

POPA-LISSEANU, AG, VOIT, CC (2009). Bats on the move. *Journal of Mammalogy, 90* (6), pp. 1283-1289.

PÜTZ, K (2002). Spatial and temporal variability in the foraging areas of breeding king penguins. *The Condor, 104* (3), pp. 528-538.

PÜTZ, K, BOST, C-A (1994). Feeding behavior of free-ranging king penguins (*Aptenodytes patagonicus*). *Ecology, 75* (2), pp. 489-497.

RACHLOW, JL, PETER, RM, SHIPLEY, LA, JOHNSON TR (2014). Sub-lethal effects of capture and collaring on wildlife: Experimental and field evidence. *Wildlife Society Bulletin, 38* (3), pp. 458-465.

REFSTIE, T, AULSTAD, D (1975). Tagging experiments with salmonids. *Aquaculture, 5* (4), pp. 367-374.

REGEHR, HM, RODWAY, MS (2003). Evaluation of nasal discs and colored leg bands as markers for Harlequin Ducks. *Journal of Field Ornithology, 74* (2), pp. 12-135.

REISINGER, RR, DE BRUYN, PJN, TOSH, CA, OOSTHULZEN, WC, MUFANADO, NT, BESTER, MN (2011). Prey and seasonal abundance of killer whales at sub-Antarctic Marion Island. *African Journal of Marine Science, 33* (1), pp. 99-105.

RENNER, M (2000). Marking penguins with implanted transponders. *Notornis, 47*, pp. 163-165.

Réseau Lynx (2011). *Bulletin lynx du réseau Loup-Lynx n°17.* ONCFS, 44 p.

RICHDALE, L (1951). Banding and marking penguins. *Bird-Banding, 22* (2), pp. 47-54.

RICKLEFS, R (1973). Tattooing nestlings for individual recognition. *Bird-Banding, 44*, p. 63.

ROBERTSON, J (1984). A technique for individually marking frogs in behavioural studies. *Herpetological Review, 15*, pp. 56-57.

ROPERT-COUDERC, Y, BOST, C-A, HANDRICH, Y, BEVAN, R M, BUTLER, P J, WOAKES, A J, LE MAHO, Y (2000). Impact of externally attached loggers on the diving behaviour of the King penguin. *Physiological and Biochemical Zoology, 74*, pp. 438-444.

ROPERT-COUDERT, Y, KATO, A, BAUDAT, J, BOST, C-A, LE MAHO, Y, NAITO, Y (2001). Time/depth usage of Adélie penguins; an approach based on dive angles. *Polar Biology, 24*, pp. 467-470.

ROPERT-COUDERT, Y, SATO, K, KATO, A, CHARRASSIN, J-B, BOST, C-A, LE MAHO, Y, NAITO, Y (2000). Preliminary investigations of prey pursuit and capture by king penguin at sea. *Polar Bioscience, 13*, pp. 101-112.

ROTH, J (2002). Temporal variability in artic fox diet as reflected in stable-carbon isotopes; the importance of sea ice. *Oecologia, 133*, pp. 70-77.

ROTHMEYER, SH, MCKINSTRY, MC, ANDERSON, SH (2002). Tail attachment of modified ear-tag radio transmitters on beavers. *Wildlife Society Bulletin, 30* (2), pp. 425-429.

ROUNSEVELL, DE, COPSON, GR (1982). Growth rate and recovery of a King penguin, *Aptenodytes patagonicus*, population after exploitation. *Australian Wildlife Research, 9* (3), pp. 519-525.

RYAN, P (1975). Fish tagging with injected dyes. *Mauri Ora, 3*, pp. 55-61.

SALLABERRY, M, VALENCIA, DJ (1985). Wounds due to flipper bands on penguins. *Journal of Field Ornithology, 56*, 213-262.

SAMANTHA, S, TWEETEN, M, RICKMAN, L S (1998). Infectious complications of body piercing. *Clinical Infectious Diseases, 26*, pp. 735-740.

SAMUEL, MD, RUSCH, DH, CRAVEN, S (1990). Influence of neck bands on recovery and survival rates of Canada Geese. *The Journal of Wildlife Management, 54* (1), pp. 45-54.

SARAUX, C, LE BOHEC, C, DURANT, JM, VIBLANC, VA, GAUTHIER-CLERC, M, BEAUNE, D, PARK, Y-H, YOCCOZ, NG, STENSETH, NC, LE MAHO, Y (2011). Reliability of flipper-banded penguins as indicators of climate change. *Nature, 469*, pp. 203-206.

SATO, K, NAITO, Y, KATO, A, NIIZUMA, Y, WATANUKI, Y, CHARRASSIN, J-B, BOST, C-A, HANDRICH, Y, LE MAHO, Y (2004). Buoyancy and maximal diving depth in penguins: do they control inhaling air volume? *Journal of Experimental Biology, 205*, pp. 1189-1197.

SCHEFFER, V (1950). Experiments in the marking of seals and sea-lions. *US Fish and Wildlife Services Special Scientific Report: Wildlife, 4,* pp 1-33.

SCHMUTZ, JA, MORSE, JA (2000). Effects of neck collars and radiotransmitters on survival and reproduction of Emperor Geese. *Journal of Wildlife Management, 64* (1), pp. 231-237.

SETON, E (1921). Early bird banding. *The Auk, 38* (4), p. 611.

SHERLEY, RB, BURGHARDT, T, BARHAM, PJ, CAMPBELL, N, CUTHILL, IC (2010). Spotting the difference: toward fully-automated population monitoring of African penguins *Spheniscus demersus*. *Endangered Species Resarch, 11*, pp. 101-111.

SHERWIN, RE, HAYMOND, S, STRICKLAN, D, OLSEN, R (2002). Freeze-branding to permanently mark bats. *Wildlife Society Bulletin, 30* (1), pp. 97-100.

SILVY, NJ, LOPEZ, RR, PETERSON, M J (2005). Wildlife marking techniques. In CE BRAUN (éditeur), *Techniques for Wildlife Investigations and Management.* Bethesda, MD: The Wildlife Society, pp. 339-376.

SLADEN, W (1973). A continental study of Whistling Swans using neck collars. *Wildfowl, 24*, pp. 8-14.

SLADEN, WJL, TICKWELL, WLN (1958). Antarctic bird-banding by the Falkland Islands dependencies survey, 1945-1957. *Bird-Banding, 29*, pp. 1-26.

SLADEN, WJL, WOOD, RC, MONAGHAN, EP (1968). The USARP bird banding program, 1958-1963. *Antarctic research Series, 12*, pp. 213-263.

SMALL, RJ, RUSCH, DH (1985). Backpacks vs. ponchos: survival and movements of radio-marked Ruffed grouse. *Wildlife Society Bulletin, 13* (2), pp. 163-165.

SMITH, BL, BURGER, WP, SINGER, FJ (1998). An expandable radiocollar for Elk calves. *Wildlife Society Bulletin, 26* (1), pp. 113-117.

SMITH, TS, HERRERO, S, DE BRUYN, TD (2005). Alaskan brown bears, humans, and habituation. *Ursus, 16* (1), pp. 1-10.

SOLWS, LK (1950). Techniques in waterfowl nesting studies. *Transactions of the North American Wildlife and Natural Resource Conference, 15*, pp. 478-487.

SAINT LOUIS, VL, BARLOW, JC, SWEERTS, J-P (1989). Toenail-clipping: a simple technique for marking individual nidicolous chicks. *Journal of Field Ornithology, 60* (2), pp. 211-215.

STEWART, PD, MACDONALD, DW (1997). Age, sex, and condition as predictors of moult and the efficacy of a novel fur-clip technique for individual marking of the European badger (*Meles meles*). *Journal of Zoology, 241* (3), pp. 543-550.

STILES, FG, WOLF, LL (1973). Techniques for color-marking hummingbirds. *The Condor, 75*, pp. 244-245.

STOKES, D (2007). Things we like: Human preferences among similar organisms and implications for conservation. *Human Ecology, 35*, pp. 361-369.

STONEHOUSE, B (1962). The Tropic birds (genus *Phaeton)* of Ascension Island. *Ibis, 103B* (2), pp. 124-161.

STONEHOUSE, B (1999). Penguin banding: time for reappraisal? *Marine Ornithology, 27*, pp. 115-118.

SWAIM, SF (1990). Skin grafts. *Plastic and Reconstructive Surgery, Small Animal Practice, 20*, pp. 147-175.

TABER, CA, WILKINSON, RF, TOPPING, MS (1975). Age and growth of hellbenders in the Niangua River, Missouri. *Copeia, 1975* (4), pp. 633-639.

TANAKA, JW, CURRAN, T (2001). A neural basis for expert object recognition. *Psychological Science, 12* (1), pp. 43-47.

TAYLOR, EJ (1995). Molt of Black Brant (*Branta bernicla nigricans*) on the Arctic coastal plain, Alaska. *The Auk, 112* (4), pp. 904-919.

TERRASSE, M, SARRAZIN, F, CHOISY, J-P, CLEMENTE, C, HENRIQUET, S, LECUYER, P, PINNA, JL, TESSIER, C (2004). A success story: the reintroduction of Eurasian griffon *Gyps fulvus* and Black *Aegypius monachus* vultures in France. In *Raptors Worldwide*. Budapest: RD Chancellor, BU Meyburg, pp. 127-145.

THIEBOT, J-B, CHEREL, Y, TRATHAN, PN, BOST, C-A (2011). Inter-population segregation in the wintering areas of macaroni penguins. *Marine Ecology Progress Series, 421*, pp. 279-290.

TOLLIÉ, M (2009). *Le Moineau domestique au Parc Ornithologique de Pont de Gau (Camargue) : reproduction, biométie, dynamique de population et parasitisme*. Rapport de stage Master 2 professionnel en Ingénierie en Ecologie et en Gestion de la Biodiversité, Université Montpellier 2, 58 p.

TRAVEL, H, CROWE, PE (1946). The wing banding method in the study of the travels of bats. *The Journal of Mammalogy, 27* (3), pp. 224-226.

TRAWA, G (1970). Note préliminaire sur la vascularisation des membres des Sphéniscidés. *Oiseau, 40*, pp. 142-156.

TREADWELL, T, PALOVAK, J (1997). *Among grizzlies: living with wild bears in Alaska*. New York, USA: Harper Collins, 208 p.

TREMBLAY, Y, CHEREL, Y (1999). Synchronous underwater foraging behavior in penguins. *The Condor, 101* (1), pp. 179-185.

TRILLMICH, F (1981). Mutual mother-pup recognition in Galapagos fur seals and sea lions: cues used and functional significance. *Behaviour, 78* (1), pp. 21-42.

TWIGG, G (1975). Marking mammals. *Mammal Review, 5* (3), pp. 101-116.

UICN. The IUCN Red List of Threatened Species. Disponible sur http://www.iucnredlist.org consulté le 2 août 2014

UNDERHILL, LG, BARTLETT, PA, BAUMANN, L, CRAWFORD, RJM, DYER, BM, GILDENHUYS, A, NEL, DC, OATLEY, TB, THORNTON, M, UPFOLD, L, WILLIAMS, AJ, WHITTINGTON, PA, WOLFAARDT, AC (1999). Mortality and survival of African penguins *Spheniscus demersus* involved in the *Apollo Sea* oil spill: an evaluation of rehabilitation efforts. *Ibis, 141*, pp. 29-37.

VALRAN, T (2008). *Etude histomorphométrique et morphologique des greffes de peau libre chez le chien*. Thèse de doctorat vétérinaire, École Nationale Vétérinaire de Lyon, 97 p.

VAN DEN HOFF, J (2011). Recoveries of juvenile Giant Petrels in regions of ocean productivity: potential implications for population change. *Ecosphere, 2*, article 75.

VAN DEN HOFF, J, SUMMER, MD, FIELD, IC, BRADSHAW, CJA, BURTON, HR, MCMAHON, CR (2004). Temporal changes in the quality of hot-iron brands on elephant seal (*Mirounga leonina*) pups. *Wildlife Research, 31* (6), pp. 619-629.

VAN HEEZIK, YM, SEDDON, PJ, COOPER J, PLÖS, AL (1994). Interrelationships between breeding timing and outcome in King Penguins: are King Penguins biennal breeders? *Ibis, 136*, pp. 279-

284.

VILJOEN, P (1986). A plastic tail collar for marking wild elephants. *South African Journal of Wildlife Research, 16* (4), pp. 158-162.

WALLACE, MP, PARKER, PG, TEMPLE, SA (1980). An evaluation of patagial markers for Cathartid Vultures. *Journal of Field Ornithology, 51* (4), pp. 309-314.

WARD, FP, HOHMANN, CJ, ULRICH, JF, HILL, SE (1976). Seasonal microhabitat selections of Spotted Turtles (*Clemmys guttata*) in Maryland elucidated by radioisotope tracking. *Herpetologica, 32* (1), pp. 60-64.

WARD, R (2000). Darvic colour-rings for shorebird studies: manufacture, application and durability. *International Wader Study Group Bulletin, 91*, pp. 30-34.

WEIMERSKIRCH, H, STAHL, JC, JOUVENTIN, P (1992). The breeding biology and population dynamics of king penguins *Aptenodytes patagonica* on the Crozet Islands. *Ibis, 134*, pp. 107-117.

WEIMERSKRICH, H, JOUVENTIN, P, MOUGIN, JL, STAHL, JC, VAN BEVEREN, M (1985). Banding recoveries and the dispersal of seabirds breeding in French Austral and Antarctic Territories. *Emu, 85*, pp. 22-33.

WESTFALL, CZ, WEEDEN, RB (1972). Plastic neck markers for Woodcock. *The Journal of Wildlife Management, 29*, pp. 218-219.

WHIDDEN, SE, WILLIAMS, CT, BRETON, AR, LOREN BUCK, C (2007). Effects of transmitters on the reproductive success of Tufted Puffins. *Journal of Field Ornithology, 78* (2), pp. 206-212.

WHITE, R (1991). Greffe cutanée chez le chien. *Walth Int Foc, 1* (1), pp. 2-8.

WHITE, R (1999). Skin grafting. In *Manual of canine and feline wound management and reconstruction.* Shurdington: British Small Animal Veterinary Association, pp. 83-94

WHITE, WJ, BEAMISH, RJ (1972). A simple fish tag suitable for long-term marking experiments. *Journal of the Fisheries Board of Canada, 29* (3), pp. 339-341.

WHITTINGTON, PA (2002). *Survival and movements of African penguins, especially after oiling.* Thesis presented for the degree of Doctor of philosophy, Department of Statistical Sciences, University of Cape Town, 286 p.

WHITTINGTON, PA, DYER, BM, KLAGES, NTW (1999). Maximum longevities of African penguins *Spheniscus demersus* based in banding records. *Marine Ornithology, 28*, pp. 81-82.

WILBERG, C (2005). *Untersuchungen zur Inhalationsnarkose mit Isofluran sowie mit Buprenorphinprämedikation bei der Warzenente (*Anas platyrhynchos*).* Thèse de doctorat vétérinaire, Tierärztlichen Fakultät, Ludwig-Maximilians-Universität München, 88 p.

WILLIAMS, J (1997). Free skin grafting. *Proceedings of the North American Veterinary Conference*, *11*, pp. 645-647. Orlando, Florida.

WILLIAMS, T (1995). *The penguins Spheniscidae.* CM PERRIN, WJ BOCK, J KIKKAWA. Oxford: Oxford University Press, 295 p.

WILSON, RP, CORIA, NR, SPAIRANI, HJ, ADELUNG, D, CULIK, B (1989). Human-induces behaviour in Adélie penguins *Pygoscelis adeliae*. *Polar Biology, 10*, pp. 77-80.

WILSON, RP, CULIK, BM, ADELUNG, D, SPAIRANI, HJ, CORIA, NR (1991). Depth utilization by breeding Adélie penguins, *Pygoscelis adeliae,* at Esperanza Bay, Antarctica. *Marine Biology, 109*, pp. 181-189.

WILSON, RP, PÜTZ, K, PETERS, G, CULIK, B, SCOLARO, JA, CHARASSIN, J-B, ROPERT-COUDERT, Y (1997). Long-term attachment of transmitting and recording devices to penguins and others seabirds. *Wildlife Society Bulletin, 25* (1), pp. 101-106.

WILSON, RP, RYAN, PG, JAMES, A, WILSON, M-PT (1987). Conspicuous coloration may enhance prey capture in some piscivores. *Animal Behaviour, 35* (5), pp. 1558-1560.

WILSON, RP, SPAIRANI, HJ, CORIA, NR, CULIK, BM, ADELUNG, D (1990). Packages for attachment to seabirds: what colour do Adelie penguins dislike least? *The Journal of Wildlife Management, 54* (3), pp. 447-451.

WILSON, RP, WILSON, M-PT (1989). Tape: a package-attachment technique for penguins. *Wildlife Society Bulletin, 17*, pp. 77-79.

WINNE, CT, WILSON, JD, ANDREWS, KM, REED, RN (2006). Efficacy of marking snakes with disposable medical cautery units. *Herpetological Review, 37* (1), pp. 52-54.

WOEHLER, EJ, COOPER, J, CROXALL, JP, FRASER, WR, KOOYMAN, GI, MILLER, GD, NEL, DC, PATTERSON, DI, PETER, HU, RIBIC, CA, SALWICKA, K, TRIVELPIECE, WZ, WEIMERSKIRCH, H (2001). *A statistical assessment of the status and trends of Antarctic and sub-Antarctic seabirds*. SCAR Birds Biology Subcommittee, Workshop on Southern Ocean seabird populations. 17-21 Mai 1999, Bozeman, Montana. Cambridge, UK: Scientific Committee on Antarctic Research.

WOLFAARDT, AN, NEL, DC (2003). Breeding productivity and annual cycle of rehabilitated African penguins following chronic oiling. In DC NEL, PA WHITTINGTON (éditeurs), *The rehabilitation of oiled African Penguins: a conservation success story*. Cape Town, South Africa: BirdLife South Africa and the Avian Demography Unit, pp 18-23.

WOOD, H (1945). The History of Bird Banding. *The Auk, 62* (2), pp. 256-265.

WYNDHAM, E (1981). Moult of Budgerigars *Melopsittacus undulatus*. *Ibis, 123* (2), pp. 145-157.

ZINK, G (1969). The migration of European Swallows *Hirundo rustica* to Africa from data obtained through ringing in Europe. *Ostrich: Journal of African Ornithology, 40* (1), pp. 211-222.

ANNEXES

ANNEXE 1 : Classification phylogénétique des manchots d'après la liste rouge des espèces menacées de établie par l'UICN (UICN, 2014).

Toutes les espèces de manchots appartiennent à une même famille.
Les 18 espèces sont réparties en 6 genres.

Figure 10 : Les espèces de manchots représentées à l'échelle par rapport à un humain. Les numéros sont rapportés dans le tableau. Une espèce (le Gorfou sauteur d'Amsterdam) n'est pas représentée. (Schéma Y.Handrich)

- Royaume des Animaux
- Phylum des Chordés
- Classe des Oiseaux
- Ordre des Sphenisciformes
- Famille des Speniscidae

Genre	Espèce : Nom latin	Nom français	Nom anglais	Statut UICN
Aptenodytes	*A.forsteri (1)*	Manchot empereur	Emperor Penguin	Quasi menacé
	A.patagonicus (2)	Manchot royal	King Penguin	Préoccupation mineure
Eudyptes	*E.chrysocome (12)*	Gorfou sauteur du sud	Southern Rockhopper Penguin	Vulnérable
	E.chrysolophus (8)	Gorfou macaroni	Macaroni Penguin	Vulnérable
	E.moseleyi	Gorfou sauteur d'Amsterdam	Northern Rockhopper Penguin	En danger

Rapport-Gratuit.com

Genre	Espèce : Nom latin	Nom français	Nom anglais	Statut UICN
	E.pachyrhynchus (10)	Gorfou du Fjordland	Fjordland Penguin	Vulnérable
	E.robustus (9)	Gorfou des îles Snares	Snares Penguin	Vulnérable
	E.schlegeli (7)	Gorfou de Schlegel	Royal Penguin	Vulnérable
	E.sclateri (11)	Gorfou huppé	Erect-crested Penguin	En danger
Eudyptula	*E.minor (17)*	Manchot pygmée ou Petit manchot bleu	Little Penguin	Préoccupation mineure
Megadyptes	*M.antipodes (6)*	Manchot antipode ou Manchot à œil jaune	Yellow-eyed Penguin	En danger
Pygoscelis	*P.adeliae (5)*	Manchot Adélie	Adelie Penguin	Quasi menacé
	P.antarcticus (4)	Manchot à jugulaire	Chinstrap Penguin	Préoccupation mineure
	P.papua (3)	Manchot papou	Gentoo Penguin	Quasi menacé
Spheniscus	*S.demersus (15)*	Manchot du Cap	African Penguin ou Jackass Penguin	En danger
	S.humbolti (13)	Manchot de Humbolt	Humboldt Penguin	Vulnérable
	S.magellanicus (14)	Manchot de Magellan	Magellanic Penguin	Quasi menacé
	S.mendiculus (16)	Manchot des Galapagos	Galapagos Penguin	En danger

Tableau 13 : Les numéros entre parenthèses renvoient à la figure de la page précédente (Ill.42).

ANNEXE 2 : Deux lettres écrites par des découvreurs d'oiseaux bagués, traduisant des points de vue très différents vis-à-vis du baguage.

Bien que cette technique soit relativement récente en 1909, les personnes trouvant ces oiseaux semblent en avoir déjà entendu parler. Ces lettres sont issues d'un article sur l'histoire du baguage écrit par Cole (COLE, 1922).

« Gentlem dear sirs Your bird was shot here to day by me Albert bailey for which I was more than Sorry when I found it had a ring on. I took it for a Hawk as It flew several times over my yard as I thought after chickens and Gentlemen all I can say that I am sorry If I did wrong In so doing and also beg Pardon.

Yours with Rees

Albert Bailey. »

« Gentlemen : The bearer of the enclosed {band} was found in one of our traps yesterday morning. Now will you please tell us if you are raising these pests or did you simply capture and tag it to see how far it would migrate ?

A. R. Graham & Son. »

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

LE MARQUAGE VISUEL DES ANIMAUX SAUVAGES EN MILIEU NATUREL :
UNE NOUVELLE MÉTHODE PAR GREFFE CUTANÉE APPLICABLE AU MANCHOT ROYAL.

Marguerite Netchaïeff

RÉSUMÉ

Le suivi des manchots permet depuis des décennies d'augmenter nos connaissances sur la biologie de ces espèces et leur environnement. Ce suivi temporel s'effectue entre autres par la pose de marques visuelles, adaptées aux objectifs de l'étude mais surtout aux spécificités de ces oiseaux plongeurs. Certains éléments de leur biologie sont encore inconnus, en particulier pendant l'hiver et les premières années de vie pour les espèces sub-antarctiques comme le Manchot royal. Si un transpondeur permet une identification des individus, aucune marque visuelle ne peut assurer un marquage permanent à l'heure actuelle.

Deux nouvelles techniques font l'objet de cette thèse : l'autogreffe cutanée et le perçage cutané. Les résultats des chirurgies faites sur deux espèces domestiques indiquent que ces techniques permettent un marquage visuel des oiseaux adultes. D'autres essais doivent être menés pour déterminer la taille limite du greffon pour conserver la couleur contrastée des plumes. Enfin, les conséquences de ces marques sur le comportement social et interspécifique restent à évaluer avant d'envisager une utilisation sur l'espèce cible, le Manchot royal.

Mots clés : Marque visuelle, Bague, *Piercing*, Greffe cutanée, Manchot royal, *Aptenodytes patagonicus*, *Anas platyrhynchos*, *Melopsittacus undulatus*.

MARKING WILDLIFE UNDER NATURAL CONDITIONS :
VISUAL SKIN AUTOGRAFT AS A NEW METHOD FOR MARKING KING PENGUINS

ABSTRACT

For decades, huge increase of knowledge has been made on penguins' biology and environment, thanks to the monitoring of the populations. Visual marks are useful tools. They are adapted to suit the studies' objectives but also and mainly to fit the birds' distinctive features, especially their adaptation to dive. Some parts of their biology remain unknown, especially during wintering and the first years of subantarctic species, such as king penguins. Individuals' identification is possible with a transponder, but no permanent and visual marking technique exists at this time.

Two new techniques of marking are described in this thesis: skin autograft and piercing. Surgeries were performed on two domestic species and the results indicate that visual marking is possible on adult birds with these two techniques. However, improvements must be done to ascertain the minimum size limit for graft to maintain the contrasted colour of the feathers. Furthermore, the consequences of these marks on social and interspecific behaviour must be estimated on king penguins.

Key words: Visual marking, Flipper-band, Piercing, Skin autograft, King Penguin, *Aptenodytes patagonicus*, *Anas platyrhynchos*, *Melopsittacus undulatus.*