



LIGNES DIRECTRICES POUR LA SURVEILLANCE DE L'AIRE DE  
DISTRIBUTION DES CETACES, L'ABONDANCE ET LES CARACTÉRISTIQUES  
DÉMOGRAPHIQUES DES POPULATIONS



## LIGNES DIRECTRICES POUR LA SURVEILLANCE DE L'AIRE DE DISTRIBUTION DES CETACES, L'ABONDANCE ET LES CARACTÉRISTIQUES DÉMOGRAPHIQUES DES POPULATIONS

### Introduction

L'Accord sur la Conservation des Cétacés de la Mer Noire, de la Méditerranée et de la zone Atlantique adjacente (ACCOBAMS) travaille depuis plusieurs années sur la définition d'un programme exhaustif d'estimation de l'abondance des cétacés, d'évaluation de leur distribution et de leurs préférences en matière d'habitat en mer Noire, en Méditerranée et dans les eaux adjacentes de l'Atlantique (« ACCOBAMS Survey Initiative »). Cette initiative s'appuie sur une étude synoptique qui sera menée sur une courte période dans l'ensemble de la zone de l'Accord ; elle intégrera des méthodes de prospection visuelle (depuis des avions et des navires) ainsi que de surveillance acoustique passive.

Le présent document a été élaboré à partir des documents préparés par le Comité scientifique de l'ACCOBAMS, qui œuvre depuis plusieurs années à la définition des méthodologies les mieux adaptées pour la collecte de données sur les cétacés à l'échelle de la Méditerranée et de la mer Noire, en prenant en compte les protocoles utilisés dans d'autres contextes régionaux<sup>1</sup>. Il présente des informations spécifiques sur la surveillance par prospection visuelle par transect linéaire (mené depuis des navires ou des avions) et par prospection acoustique. Il ne fait toutefois pas état de tous les outils et méthodes d'étude des cétacés, ni des nouvelles technologies en cours d'expérimentation (c'est-à-dire les drones et l'imagerie satellitaire). Une part importante des informations provient également de réseaux de suivi des échouages. Enfin, bien que le présent document envisage des observations effectuées depuis des navires de grande taille, il pourrait également être utile pour les études menées depuis de plus petites embarcations.

La surveillance des espèces de cétacés peut être effectuée à deux échelles géographiques :

- 1) **Surveillance régionale** - lorsqu'il s'agit d'étudier la fréquentation d'une zone spécifique par une espèce déterminée, par exemple, effectuer le suivi de l'abondance relative pour une année donnée ou sur plusieurs années dans les eaux nationales ou dans des zones marines protégées.
- 2) **Surveillance d'une population** - lorsqu'il s'agit d'étudier le statut d'une population complète, par exemple, estimer la densité et l'abondance des cétacés dans l'ensemble de la zone de l'ACCOBAMS.

Avant d'entreprendre tout type de surveillance des populations animales, il est important de définir les objectifs visés. Le but principal des prospections effectuées depuis les airs et depuis des navires est d'évaluer la densité et l'abondance, ainsi que les éventuelles tendances au fil du temps, lorsque des programmes de surveillance systématiques sont en place. La surveillance à l'échelle régionale peut nécessiter de recueillir des informations tout au long de l'année afin de mieux appréhender les tendances saisonnières de distribution. En revanche, la surveillance au niveau d'une population abordera plutôt les évolutions interannuelles.

Les cétacés connaissent généralement des densités de population faibles et sont très mobiles. Ils sont difficiles à repérer et à suivre en mer, même lorsque les conditions de prospection sont favorables, car

---

<sup>1</sup> Par exemple, dans les eaux de l'Atlantique, dans le cadre des études (i) SCANS, mises en œuvre pour évaluer les populations de petits cétacés dans l'océan Atlantique européen et la mer du Nord, et (ii) CODA (Cetacean Offshore Distribution and Abundance in the European Atlantic), visant à estimer le nombre de cétacés dans les eaux de l'océan Atlantique européen.



ils n'exposent généralement qu'une partie de leur tête, de leur dos ou de leur nageoire dorsale lorsqu'ils sont en surface, et passent la majorité de leur temps sous l'eau.

Un certain nombre de décisions doivent être prises lors du début de toute activité de surveillance, qu'il s'agisse d'étudier l'aire de distribution des cétacés ou d'estimer l'abondance d'espèces déterminées.

1. Sélection des espèces cibles (les prospections peuvent se consacrer à une ou plusieurs espèces).
2. Choix du suivi d'une population complète ou d'une partie de celle-ci (dans une région donnée).
3. Définition de la population ou de la zone à étudier et de la période consacrée à ces recherches.
4. Définition des objectifs de surveillance.
5. Analyse des contraintes logistiques (par exemple, étendue de la zone à étudier, conditions météorologiques, profondeur de la zone, plateformes de prospection disponibles).
6. Réalisation d'une analyse de puissance statistique destinée à déterminer la meilleure méthode pour atteindre les objectifs de surveillance.
7. Réalisation d'une analyse coût-avantage.

Au moins cinq approches potentielles se dégagent actuellement pour la surveillance des cétacés :

1. Prospections visuelles depuis des navires, des avions ou encore des plateformes situées à terre.
2. Suivi par acoustique passif mené durant des prospections par bateau au moyen d'hydrophones remorqués.
3. Suivi par acoustique passif statique, notamment au moyen de détecteurs T-POD.
4. Photo-identification et analyse par marquage-recapture.
5. Télémétrie satellitaire pour le suivi d'individus.
6. Emploi combiné de certaines ou de toutes les méthodes présentées ci-dessus.

Lors du choix de la méthode de surveillance à mettre en œuvre, il est important de prendre en compte les limites de chaque approche et de comparer les différentes méthodologies. En général, les prospections menées depuis des navires ou des avions ont une résolution temporelle faible. Les prospections réalisées depuis des navires peuvent présenter des biais à cause des mouvements de réponse des animaux. Les systèmes d'acoustique statique souffrent d'une faible résolution spatiale et leur déploiement présente des contraintes logistiques. L'identification photographique repose sur les différences visuelles entre les individus. Quant à la télémétrie, elle ne permet en général que des échantillons réduits, ce qui résulte en de grandes variations entre les individus.

Différents types de plateformes et de méthodes de détection peuvent être utilisés pour chaque approche : des points d'observation fixes tels que des caps, des plateformes mobiles comme des navires ou des avions, ou encore des moyens de détection visuelle directe ou acoustique des animaux vocalisant. Les méthodes peuvent donc s'avérer extrêmement simples, procurant des informations d'abondance dans des zones limitées, ou bien très sophistiquées, apportant des estimations correctes (estimation proche de la valeur réelle) et précises (variation statistique des estimations générées à partir d'échantillons répétés) sur l'abondance absolue dans des zones étendues.



## Espèces cibles

### *Les cétacés*

Onze espèces de cétacés sont considérées comme régulièrement présentes en Méditerranée : le dauphin commun (*Delphinus delphis*), le dauphin bleu et blanc (*Stenella coeruleoalba*), le grand dauphin (*Tursiops truncatus*), le marsouin commun (*Phocoena phocoena*), le globicéphale noir (*Globicephala melas*), le sténo rostré (*Steno bredanensis*), le dauphin de Risso (*Grampus griseus*), le rorqual commun (*Balaenoptera physalus*), le cachalot (*Physeter macrocephalus*), la baleine à bec de Cuvier (*Ziphius cavirostris*) et l'orque (*Orcinus orca*). Dans la mer Noire, trois espèces de petits cétacés sont représentées par des populations résidentes : le dauphin commun (*Delphinus delphis ponticus*), le grand dauphin (*Tursiops truncatus ponticus*) et le marsouin commun (*Phocoena phocoena relicta*).

Les connaissances sur certaines de ces espèces, notamment les plus abondantes, quant à leur écologie, l'abondance et leurs préférences en matière d'habitat sont rares et se limitent à des zones spécifiques de l'aire de l'ACCOBAMS. Cela s'explique par la répartition inégale des efforts de recherche au cours des dernières décennies. En particulier, la zone sud-est du bassin, les côtes d'Afrique du Nord et les eaux du large de la région centrale sont parmi les zones de connaissances les plus limitées sur la présence, l'abondance et la distribution des cétacés (ACCOBAMS Status report, 2010, Conserving whales, dolphins and porpoises in the Mediterranean and Black Seas, par Giuseppe Notarbartolo di Sciara et Alexei Birkun, Jr.).

### *Autres espèces marines menacées*

Même si les espèces de cétacés sont les premières cibles de cet effort de surveillance, les observations d'autres espèces marines menacées, comme les tortues marines, les diables de mer, les phoques moines et les oiseaux marins, ainsi que d'autres éléments, tels que les débris marins, peuvent être consignées. Des protocoles spécifiques doivent être élaborés pour ces observations opportunistes, sans compromettre l'objectif principal de collecte de données sur les cétacés.

## Prospection visuelle depuis des navires ou des avions

Les méthodes de suivi par prospection visuelle à partir des navires ou des avions sont largement éprouvées. Même si dans certaines situations, le choix de la plateforme peut être imposé par des contraintes logistiques, et bien qu'aucune analyse comparative exhaustive des prospections par avion ou par bateau n'ait été menée à ce jour, il convient en général d'opter pour la méthode fournissant une estimation d'une précision satisfaisante pour le moindre coût.

Pour les prospections visuelles, il est important de tenir compte des compétences et de l'expérience des observateurs. L'efficacité de leurs observations peut s'avérer inégale et la formation des observateurs contribue à des résultats homogènes. En outre, la cohérence des protocoles de collecte de données, des observateurs, de la conception et de la planification des prospections est essentielle pour obtenir des résultats fiables à long terme, notamment lorsque des programmes de suivi systématique sont prévus.

La méthode du transect linéaire est généralement utilisée pour estimer l'abondance et évaluer la densité. Cette méthode consiste à définir une zone d'étude et à l'étudier suivant des transects prédéterminés. La distance de chaque animal détecté est mesurée. Elle est ensuite utilisée pour obtenir une fonction de détection à partir de laquelle une estimation de la largeur efficace de la bande à prospecter est calculée. Cela est rendu nécessaire car la probabilité de détecter un animal diminue

avec son éloignement du transect. L'abondance est ensuite calculée en extrapolant la densité estimée dans les bandes échantillonnées à l'ensemble de la zone d'étude. Le nombre calculé est donc une estimation de l'abondance dans une zone donnée à un moment défini.

Sur les navires, les distances peuvent être évaluées à l'œil nu (les observateurs doivent être formés pour cela et utiliser des instruments calibrés individuellement) ou au moyen de jumelles réticulées. Les systèmes vidéo permettent de mesurer les distances avec précision. Pour calculer la distance perpendiculaire à une observation, l'angle radial doit être enregistré à l'aide d'un rapporteur. Depuis un avion, la lecture de l'inclinomètre au moment où l'animal observé est à la perpendiculaire de l'appareil, ainsi que l'altitude de l'avion, permettent de calculer précisément la distance d'observation perpendiculaire au transect. De nombreuses espèces de cétacés vivant en groupe, la cible de détection lors d'un transect linéaire est donc souvent un groupe plutôt que des individus. Par conséquent, cela implique de recueillir de la façon la plus précise possible des données sur la taille et la composition du groupe.

Lors de l'estimation de l'abondance absolue en utilisant la méthode d'échantillonnage par transect linéaire, il est présumé que tous les animaux sur la ligne du transect sont détectés. En d'autres termes, la probabilité de détecter un animal ou un groupe d'animaux est maximale ( $g(0)=1$ ).

Deux catégories potentielles de biais sont susceptibles d'invalider l'hypothèse selon laquelle  $g(0)=1$  :

- le biais de disponibilité (lorsque l'animal est sous l'eau ou, d'une manière générale, n'est pas visible au moment où il se trouve dans la distance d'observation) et
- le biais de perception (lorsqu'un observateur manque un animal présent à la surface pour quelque raison que ce soit).

Pour remédier au biais de disponibilité, les données sur les comportements de plongée des espèces cibles peuvent être prises en compte et utilisées comme facteur de correction. Avec des observateurs entraînés et des cétacés de grande taille, le biais de perception peut être considéré comme égal ou presque égal à 1. Cependant, si  $g(0)$  est significativement inférieur à un (ce qui est souvent le cas avec les petits cétacés), l'estimation sera biaisée de façon très négative et la valeur réelle de  $g(0)$  devra être estimée. Pour les prospections menées depuis des navires, l'approche par la double plateforme a permis de faire face à ce problème avec succès. Le biais de disponibilité pose particulièrement problème pour les animaux effectuant de très longues plongées ; dans le cas du cachalot, les techniques acoustiques permettent d'y remédier.

La logistique relative aux prospections menées depuis des avions n'est généralement pas compatible avec l'utilisation de deux plateformes indépendantes permettant d'estimer la proportion d'individus non observés sur la ligne du transect. Cependant, des avions Partenavia P-68 ont récemment été équipés de deux séries de hublots bulle permettant la collecte de données suivant la méthode de la double plateforme par des observateurs travaillant de façon indépendante depuis le même appareil. Des protocoles de collecte de données impliquant d'effectuer un deuxième passage de l'appareil après une observation afin de simuler la seconde plateforme sont également possibles.

L'abondance relative déterminée à partir d'une plateforme unique peut s'avérer suffisante pour détecter les tendances de population, ce qui réduit considérablement le coût des prospections, et peut permettre de surveiller le statut de la population cible entre des prospections à grande échelle plus coûteuses de l'abondance absolue.

Un autre postulat de la méthodologie par transect linéaire consiste à considérer que les animaux ne se déplacent pas avant leur détection. Cela ne pose pas de problème pour les prospections menées depuis des avions, mais cela peut influencer les résultats obtenus depuis des navires, ces derniers se



déplaçant généralement à des vitesses proches de 10 nœuds. Les mouvements d'évitement conduisent à un biais négatif des estimations d'abondance, tandis que les mouvements de rapprochement induisent un biais positif des estimations. La méthode de la double plateforme peut être suivie pour évaluer les mouvements de réponse. Selon cette méthode, les observations sont menées depuis deux plateformes. Les observateurs de la plateforme secondaire, dite « de suivi », se concentrent sur une zone située en avant de la zone « primaire » et suffisamment large pour s'assurer que les animaux soient détectés avant tout mouvement de réponse à l'égard du navire et pour permettre de suivre les animaux jusqu'à leur détection par la plateforme primaire. Les observateurs de la plateforme primaire effectuent leurs recherches indépendamment de la plateforme de suivi.

Le programme DISTANCE permet de faciliter la planification d'une prospection par transect linéaire et d'analyser les données.

Ce logiciel d'analyse très complet prend en charge l'estimation des fonctions de détection, de la densité et de l'abondance et il peut être utilisé pour concevoir les prospections. La dernière version intègre également l'échantillonnage avec mesure de la distance par marquage-recapture, ce qui permet l'analyse des échantillonnages avec mesure de distance à double plateforme d'observateur et donc l'estimation de la probabilité de détection sur la ligne du transect. Toutes les versions du logiciel DISTANCE peuvent être téléchargées gratuitement à l'adresse <http://www.ruwpa.st-and.ac.uk/distance/>.

Les exemples présentés ci-dessus démontrent bien l'importance d'une conception minutieuse de la prospection afin d'anticiper les contraintes inhérentes au suivi des populations de cétacés. Il convient notamment de prendre en compte une zone suffisamment vaste afin que les variations de distributions puissent être justifiées lors de l'analyse des données.

Les zones à étudier sont généralement divisées en secteurs d'étude et les transects sont établis au moyen du logiciel approprié pour garantir une probabilité de couverture égale.

#### *Conception de la prospection*

L'exigence de base pour une prospection par transect linéaire est qu'elle fournisse une couverture représentative de la zone pour laquelle on souhaite une estimation de l'abondance (en d'autres termes, chaque point de la zone doit avoir une probabilité égale ou quantifiable d'être échantillonné). Les prospections menées à partir de navires sont communément conçues comme une série de lignes en zigzag, suivant un schéma régulier, débutant à partir d'un point choisi au hasard en limite de la zone d'étude. Dans les prospections aériennes, les transects parallèles doivent être préférés et la couverture doit être répartie en fonction de la densité de l'espèce cible : une couverture plus importante lorsque la densité est plus élevée.

#### *Secteurs d'étude*

La définition des secteurs d'étude adéquats est effectuée suivant une combinaison de facteurs biologiques (espèce, distribution / structure du stock et abondance, types d'habitats, etc.) et à des contraintes pragmatiques liées à la logistique (nombre de navires/avions ; infrastructures portuaires ou aéroportuaires ; temps de transit ; frontières nationales ; etc.).

#### *Effort requis par secteur*

L'effort requis par secteur est déterminé en fonction du temps pendant lequel le navire / l'avion est disponible dans chaque secteur, des données disponibles sur la densité des espèces et des contraintes logistiques. Plus le niveau de couverture est élevé, plus l'échantillon est grand, et ainsi les estimations de l'abondance sont plus précises et plus fiables.

Certains aspects pratiques requièrent une attention particulière lors de la conception d'une prospection. Dans la mesure du possible, les transects doivent être perpendiculaires à tout gradient de densité ; par exemple, les transects des prospections côtières sont plus ou moins perpendiculaires au trait de côte.

#### *« Mode rapproché » ou « mode de passage »*

Afin de confirmer certaines informations (identification de l'espèce, taille du groupe et, traditionnellement, distance de l'individu observé), les prospections de cétacés peuvent être réalisées en « mode rapproché » (closing mode). Dans ce mode, une fois l'observation effectuée et la distance et l'angle initiaux enregistrés, le navire s'approche de l'animal ou des animaux afin d'identifier l'espèce et la taille du groupe. Cela permet également, le cas échéant, de pratiquer des biopsies ou de prendre des photographies.

Cependant, opérer en « mode rapproché » peut entraîner des biais de l'abondance et des estimations. L'approche recommandée consiste donc à travailler en « mode de passage » (passing mode) à chaque fois que cela est possible (c'est-à-dire que le navire conserve son cap après chaque observation). Toutefois, cette méthode présente également ses contraintes, par exemple lorsque de nombreuses observations ne permettent pas de déterminer l'espèce (le recours à des appareils photographiques équipés d'objectifs stabilisés puissants peut faciliter l'identification des espèces).

#### *Décider entre une prospection menée depuis un navire ou depuis un avion*

Les prospections par transect linéaire peuvent être menées depuis un navire ou un avion. Lors du choix de la plateforme à utiliser, il est utile de prendre en compte les avantages relatifs de chaque approche par rapport à l'espèce visée et aux zones à couvrir. Cela inclut :

- Les prospections menées depuis des avions sont généralement plus économiques que celles menées à partir de navires pour une surface donnée, à condition que la zone d'étude se trouve dans le rayon d'action de l'avion depuis un aéroport et que les mesures de sécurité soient prises en compte (ce qui implique souvent de ne pas s'éloigner de plus de 200 milles nautiques des côtes).
- Les avions permettent de mieux profiter des conditions météorologiques favorables, puisqu'ils peuvent couvrir de bien plus grandes zones durant un temps donné.
- Les prospections aériennes sont plus efficaces (et il est plus facile de concevoir les transects) si la zone d'étude comporte un trait de côte complexe, de nombreuses îles ou de vastes zones peu profondes.
- Les prospections aériennes souffrent moins des phénomènes de houle mais peuvent être moins tolérants à l'état de la mer et aux nuages bas. Ils peuvent également être affectés par le mauvais temps à l'aéroport, même si les conditions sont bonnes en mer.
- Les animaux sont moins dérangés, voire pas du tout, par les avions à des altitudes de vol normales, ce qui minimise le problème des mouvements de réponse.
- Le recours à des moyens aériens pour des prospections multi-espèces exige toutefois de consentir des compromis en matière d'altitude de vol optimale. En effet, l'altitude idéale pour le suivi des marsouins communs implique de réduire considérablement la zone de recherche pour des espèces plus grandes, comme les rorquals communs.
- Les navires constituent généralement de meilleures plateformes pour la photo-identification et les avions ne permettent pas de pratiquer des biopsies ou des enregistrements acoustiques.



- Le biais de disponibilité est nettement supérieur dans le cas de prospections aériennes.
- Il est généralement plus facile d'obtenir un navire adapté à ce genre d'études qu'un avion.



## *Plateformes d'opportunité*

Les plateformes d'opportunité constituent une ressource potentielle de grande valeur pour la surveillance, mais il n'est généralement pas possible de choisir le moment ni la zone d'opération. La couverture des zones étudiées est donc généralement extrêmement inégale et certaines zones, pourtant cruciales par la présence d'une espèce cible, peuvent ne pas être couvertes. Ce traitement inégal des zones à couvrir est susceptible d'introduire des biais dans l'évaluation de la distribution et de l'abondance.

Les plateformes d'opportunité reposant sur des méthodes visuelles ou acoustiques sont le moyen le plus économique de surveiller les cétacés. Cependant, la réussite de ces démarches dépend du choix de la plateforme la plus appropriée ; elle doit pouvoir accueillir les observateurs et leur équipement de façon efficace et pour des coûts modiques, et parcourir des zones pertinentes à des vitesses adaptées. Ces conditions sont rarement remplies, en particulier du fait que le suivi à long terme exige des conditions constantes. Les ferries peuvent convenir dans certaines zones mais la couverture spatiale sera vraisemblablement restreinte en raison des itinéraires fixes suivis. Les navires de recherche effectuant des campagnes annuelles (par exemple, pour des études océanographiques ou le suivi des ressources halieutiques) constituent potentiellement des plateformes d'opportunité valables si leurs missions sont prévues aux périodes et aux endroits opportuns.

## **Prospections acoustiques**

La collecte de données acoustiques sur les cétacés présente un certain nombre d'avantages notables par rapport aux méthodes visuelles. Les méthodes acoustiques peuvent être automatisées, les données peuvent être recueillies 24 heures sur 24, la collecte des données ne dépend pas des compétences des observateurs, elle est moins sensible aux conditions météorologiques. Enfin, elle permet de détecter des animaux en plongée qui ne seraient pas visibles. En revanche, ces méthodes reposent sur des animaux qui vocalisent dans le rayon de détection et qui sont identifiables au niveau de l'espèce. En outre, sauf dans le cas de certaines espèces comme le cachalot, les méthodes permettant d'estimer l'abondance ne sont pas encore bien établies.

Tous les odontocètes (cétacés à dents) sont capables de se situer par écholocation en émettant et en recueillant des « clics » caractéristiques. Cela leur permet de se déplacer de nuit ou dans des eaux troubles et de détecter et attraper leurs proies. La plupart des cétacés à dents, comme la majorité des dauphins (par exemple le grand dauphin ou le dauphin commun) émettent également d'autres sons de fréquences modulées (sifflements) utilisés pour la communication intraspécifique. Le suivi de ces sons permet de collecter des informations sur l'utilisation spatiale et temporelle d'un habitat et permet d'estimer la densité relative.

Les prospections acoustiques par transect linéaire menées depuis un navire sont le moyen de suivi le plus efficace pour les cachalots en pleine mer et elles permettent de recueillir les données requises pour des estimations fiables et précises de l'abondance absolue de cette espèce. Les techniques de prospection exclusivement visuelle pourraient introduire des biais en raison des capacités démontrées par cette espèce à effectuer de longues plongées et du peu de temps passé à la surface, les rendant, la plupart du temps, indisponibles pour une détection visuelle.

Les données acoustiques des cachalots peuvent être exploitées pour évaluer à la fois l'abondance relative et absolue de cette espèce à condition d'utiliser les équipements appropriés et de respecter le protocole d'étude. Les cachalots émettent des « clics » sonores réguliers pouvant être détectés à des dizaines de kilomètres. Les caractéristiques des clics des cachalots sont généralement faciles à identifier. Des logiciels automatisés ont donc pu être développés et utilisés dans un certain nombre de



prospections permettant un suivi et une localisation en temps réel de groupes ou d'individus isolés. En suivant un animal durant une période définie, les données croisées des clics successifs révèlent la position de chaque individu, qui peut ensuite être utilisée dans une analyse fondée sur les mesures de distance.

Une des principales difficultés de ce type de suivi consiste à associer les clics à un individu défini lorsque de nombreux animaux vocalisent simultanément. Les clics de différents individus sont souvent distingués facilement grâce aux informations de localisation et à un logiciel de formation de faisceaux. La régularité de chaque série de clics pour chaque localisation indique qu'ils proviennent d'un même individu. Lorsque plusieurs animaux se trouvent à la même position, les clics peuvent être attribués à des individus grâce aux informations de spectre et d'amplitude, aux intervalles entre les clics et entre les pulsations. En identifiant l'individu le plus remarquable d'un groupe et en retirant ses clics de l'analyse, l'identification des autres devient de plus en plus facile jusqu'à attribution de tous les clics à des individus précis.

Le rayon de détection acoustique étant généralement proche de 10 km, un navire navigant à une vitesse de 18 km/h (10 nœuds) sera à portée d'un cachalot situé proche de la ligne de transect durant plus d'une heure. En général, les cachalots effectuent des plongées de 30 à 50 minutes suivies d'épisodes de 10 à 15 minutes à la surface. Les cachalots émettent généralement des clics en continu lorsqu'ils sont en plongée et restent silencieux en surface.

La régularité des clics cesse parfois durant des périodes de deux à trois heures, mais les études par marquage ou observation indiquent que ce phénomène est rare. La probabilité qu'un individu reste silencieux pendant toute la période durant laquelle il se trouve à portée du navire est donc considérée comme faible, ce qui indique que  $g(0)$  est proche de 1 dans le cas des prospections acoustiques. Toutefois, les jeunes (qui peuvent représenter jusqu'à 20 % de la population) ne font pas de longues plongées pour s'alimenter et leurs clics ne sont pas réguliers. En conséquence, leur détection peut être peu efficace et un facteur de correction calculé à partir de données existantes doit être appliqué.

Les données acoustiques des cachalots peuvent généralement être recueillies simultanément avec les données visuelles d'autres espèces, particulièrement si la prospection est conduite principalement en mode de passage. Les navires peuvent également poursuivre le recueil d'échantillons acoustiques lorsque les conditions ne se prêtent pas à une prospection visuelle (par mauvais temps ou de nuit).

Les estimations d'abondance, fondées sur les méthodes acoustiques, ne sont possibles que pour les cachalots. Des informations sur la distribution peuvent potentiellement être obtenues à partir de données acoustiques pour toutes les espèces, avec toutefois bien plus d'incertitudes dans le cas des dauphins communs et des dauphins bleus et blancs, étant donné la difficulté de distinguer leurs vocalisations.

Un hydrophone est remorqué derrière chaque navire. Cet équipement est composé d'un ordinateur de bureau avec un logiciel de détection automatique, de l'hydrophone remorqué et de diverses cartes d'interfaces permettant l'acquisition informatique des sons. L'ordinateur fonctionne en permanence et un scientifique est chargé du dispositif acoustique sur chaque bâtiment.

### **Photo-identification**

La technique de la photo-identification est largement utilisée pour les recherches sur les cétacés. Elle peut fournir des estimations de l'abondance ainsi que d'autres caractéristiques d'une population, comme les taux de survie et de mise bas. Elle est utilisée pour effectuer le suivi des grands dauphins



et des orques depuis les années 1970. Cette technique repose sur la capacité à prendre des photographies de bonne qualité des parties du corps constituant des marqueurs d'identification uniques.

Cette méthode peut être utilisée pour le suivi à l'échelle d'une population d'espèces présentant des marqueurs distinctifs, à condition que les données soient recueillies dans l'ensemble de la zone de répartition de la population. Cette approche ne peut être appliquée à des espèces dépourvues de marqueurs d'identification individuels.

La photo-identification permet parfois de recenser l'ensemble de la population lorsque tous les individus sont rassemblés à un moment donné dans une même zone, qu'ils sont tous bien marqués et qu'aucun d'entre eux ne semblent s'éloigner ou se rapprocher du groupe. Toutefois, cette situation est inhabituelle et n'a pu être observée que pour quelques populations de grands dauphins, notamment dans l'estuaire du Sado au Portugal, ou dans le Doubtful Sound en Nouvelle-Zélande, et d'orques au large de l'île de Vancouver. Plus communément, les modèles de marquage-recapture doivent être appliqués aux données de photo-identification afin d'estimer l'abondance (plutôt que recenser l'intégralité de la population) dans des zones spécifiques occupées par des populations ou des parties d'une population durant une ou plusieurs saisons de l'année.

Des informations sur la proportion de la population dotée de marques reconnaissables sont également requises pour estimer la taille de la population.

Le logiciel standard utilisé pour les analyses de marquage-recapture est le programme MARK (<http://www.cnr.colostate.edu/~gwhite/mark/mark.htm>), qui propose une vaste gamme de modèles permettant d'estimer la taille d'une population et les taux de survie. Certains modèles peuvent prendre en compte l'hétérogénéité des probabilités de capture, ce qui pose fréquemment problème lors des études de marquage-recapture. Le programme CAPTURE en est un exemple. Ce modèle analysant plusieurs échantillons de populations fermées est largement utilisé. Si l'on estime que les animaux migrent temporairement en dehors de la zone étudiée, il existe aussi des méthodes permettant de prendre ce facteur en compte.

### **Suivi par satellite**

Les informations sur les mouvements et la distribution des individus peuvent contribuer à identifier les habitats importants et les routes migratoires et à définir les frontières entre les populations. Ces données sont essentielles pour une conservation efficace des populations animales, ainsi que pour la conception de programmes de suivi. Au cours des récentes années, le marquage des cétacés avec des balises satellites a été de plus en plus utilisé afin de recueillir des données sur leurs mouvements saisonniers, leur distribution et leurs comportements de plongée.

Pour inférer des informations sur les grandes populations vivant dans de vastes zones, de nombreux animaux doivent faire l'objet d'un marquage, notamment pour les espèces présentant de grandes variations de comportement d'un individu à l'autre. Pour certaines zones et certaines espèces, ce travail représente un défi logistique important.

De nombreux types de balises ont été utilisés pour le suivi des cétacés, notamment des transmetteurs VHF, des balises satellites et des enregistreurs de données GPS. Comme les données sont transmises à une station terrestre par l'intermédiaire d'un satellite, la télémétrie par satellite présente l'avantage de rendre possible le suivi des animaux dans le monde entier sans avoir besoin de récupérer la balise.

Chaque animal marqué peut fournir une grande quantité d'informations mais cette approche est limitée car seuls quelques individus peuvent être marqués en raison des contraintes budgétaires ou des difficultés d'accès à des animaux vivants. Il est donc relativement difficile de tirer des conclusions générales, spécialement si tous les membres d'une population ne sont pas disponibles de la même manière pour le marquage.

### **Analyse de puissance**

Tout type de suivi exige de s'assurer que la méthode choisie et la conception de l'étude permettront de répondre à la question posée avec un niveau de précision utile. Une analyse de puissance peut indiquer la validité de la procédure statistique et les données disponibles ou planifiées afin de révéler un certain niveau de changement, c'est-à-dire la faculté de détecter une tendance d'un certain ordre de grandeur. L'analyse de puissance peut être utilisée dans deux situations : tout d'abord pour l'interprétation des résultats d'analyse des données existantes ; ensuite, pour organiser les études et calculer la taille requise de l'échantillon (comme la durée des séries d'estimations d'abondance, ou le coefficient de variation [CV] de ces estimations, nécessaire pour détecter les taux d'évolution des populations dans une analyse des tendances.

Le logiciel TRENDS est un programme gratuit conçu pour mener une analyse de puissance de la régression linéaire, tout particulièrement dans le contexte du suivi des populations d'animaux sauvages :

(<https://swfsc.noaa.gov/textblock.aspx?Division=PRD&ParentMenuId=228&id=4740>).

Le logiciel TREND résume l'analyse de puissance suivant cinq paramètres : la durée de l'étude, le taux de variation, la précision des estimations, le taux d'erreurs de type 1 et la puissance (1 - taux d'erreur de type 2). La valeur de chacun de ces paramètres peut être estimée si les quatre autres sont indiqués. TRENDS peut donc déterminer des inconnues telles que :

- Le nombre d'années nécessaires pour déceler une tendance
- La quantité d'effort nécessaire pour détecter un certain niveau de variation au cours d'une période définie
- La probabilité de détection d'une tendance.