



## **Analyse critique des stratégies d'étude des tortues marines à terre**

par

Marc GIRONDOT <sup>(1)</sup>

*(1) Laboratoire d'Écologie, Systématique et Évolution  
UMR 8079 - Université Paris-Sud – CNRS & AgroParisTech  
91405 ORSAY Cedex (France)  
marc.girondot@u-psud.fr*

**Résumé** – Le travail sur les tortues marines à terre est une pratique très commune dans la plupart des sites de ponte au monde, mais l'expérience montre que les objectifs sont souvent mal définis et conduisent à l'obtention de données non-interprétables. Une synthèse est effectuée sur de nouvelles méthodes disponibles. Elle concerne l'estimation du nombre de pontes sur un grand nombre de plages au cours d'une saison, la prise en compte d'incertitudes sur la date de ponte et l'estimation du nombre de pontes par femelle, dans le but d'établir une tendance du nombre de pontes ou de femelles et donc le statut des espèces. La façon d'analyser les données de réussite d'incubation est abordée montrant la difficulté de ce type d'analyse qui doit prendre en compte la dynamique de l'incubation.

**Mots-clés** : Tortues marines, phénologie, plage de ponte, nombre de pontes, statut des populations.

**Summary** – **Critical analysis of marine turtles study strategies on nesting beaches.** The work on sea turtles on land is a very common practice in most nesting sites in the world, but experience shows that the objectives are often poorly defined and data are often non-interpretable. A synthesis is made on new methods available. The estimate of nest number during a season will be discussed taking into account uncertainties on the laying date as well as logistic difficulties when large number of beaches must be monitored. The estimated number of nests per female will be also discussed. These data will serve to establish a trend in the number of nests or females and therefore the status of species. How to analyse hatching success data will be also discussed showing the difficulty of such analysis that must take into account the dynamics of incubation.

**Key-words**: Marine turtles, phenology, nesting beach, nest number, population status.

### **I. INTRODUCTION**

L'étude des tortues marines, par rapport à d'autres groupes taxonomiques marins, est grandement facilitée par la présence à terre des femelles durant la phase de la ponte. Durant ce court épisode, les femelles peuvent être mesurées, marquées, pesées et des prélèvements divers peuvent être effectués. Par ailleurs, la phase de la ponte est importante en termes de

compréhension de la dynamique des populations puisqu'elle va déterminer le recrutement des jeunes dans la population.

Bien que cette phase terrestre ait été la plus étudiée, ce n'est que récemment que des méthodes d'analyses adéquates ont été mises en place et qu'une réflexion a été menée sur l'éthique de ces recherches.

Dans ce document de synthèse, je traiterai des points suivants :

- définition de l'échelle spatiale et temporelle du travail ;
- dénombrer les individus pour établir la tendance d'une population ;
- marquage et suivi des tortues marines ;
- estimation du nombre de nids par femelle au cours d'une saison ;
- estimation de la réussite d'incubation des nids.

## **II. DÉFINITION DE L'ÉCHELLE SPATIALE ET TEMPORELLE DU TRAVAIL**

La première question posée, ou qui devrait être posée dans tout programme de conservation ou d'étude des tortues marines, concerne l'échelle spatiale à laquelle le travail doit être produit pour être pertinent. En effet, si la zone de travail est trop petite, on peut conclure faussement à des changements dans la taille de la population alors qu'il peut ne s'agir que d'un déplacement de celle-ci. Au contraire, si la taille de la zone de travail est trop grande, des difficultés logistiques apparaîtront qui rendront le travail quasiment impossible à réaliser et aucune conclusion pertinente ne pourra être tirée.

L'échelle spatiale va être différente si on s'intéresse aux femelles à terre, aux femelles et/ou aux mâles en mer à différentes périodes de leur activité : accouplement, alimentation, déplacement. On ne parlera ici que des femelles à terre.

La conclusion sera dépendante également de l'échelle temporelle de l'étude. Si l'étude se fait à l'échelle de la saison de ponte, on trouvera une très bonne fidélité des femelles à leur plage de ponte, voire même à la zone de la plage utilisée. Si on effectue des suivis inter-annuels, on verra des déplacements de plusieurs dizaines de kilomètres. Si on effectue une étude génétique qui donne des informations sur des dizaines de milliers d'années, l'échelle spatiale passera la centaine de kilomètres, voire le millier de kilomètres. Avant de se poser la question de l'échelle spatiale et temporelle d'intérêt, il faut donc définir l'objectif de l'étude. Alors seulement on pourra établir l'ordre de grandeur de cette échelle. Pour les études à terre,



**Figure 1** : Site de ponte des tortues luth en Martinique au Lorrain en février 2008. La plage avait alors disparu et était réapparue quelques mois plus tard (photo Marc Girondot).

Figure 1: Nesting site of leatherbacks in Lorrain town (Martinique, French West Indies) in February 2008. At that time, the beach had disappeared and was back again few months later (photo Marc Girondot).

elle ne pourra cependant être déterminée qu’après une première phase pendant laquelle des individus seront marqués et leur retour sera suivi. Il est important de suivre les sites potentiels à très grande échelle, sinon on ne reverra que les individus sur les sites suivis !

On cartographiera alors l’ensemble des sites de ponte potentiels. Des outils comme GoogleEarth© sont d’une grande aide puisque les plages sont clairement visibles. Mais ces outils représentent l’image d’un milieu à un moment donné, or on sait que les plages sont des éléments mobiles et éphémères dans le milieu. Cette conclusion est évidente si on travaille dans la région des Guyanes où il existe un cycle bien connu d’apparition et de disparition des plages (Chevalier *et al.* 1998). Mais ce phénomène existe aussi dans d’autres régions du monde

(Fig. 1) avec une régularité moindre, à tel point que les populations humaines peuvent avoir tendance à l'oublier.

Un autre point à prendre en compte concerne la relation entre limite géopolitique et limite biogéographique. Il sera d'autant plus difficile d'étudier une population nidifiante, qu'elle est à cheval entre deux ou plusieurs entités géopolitiques. Par exemple, on notera qu'après 40 ans d'études séparées, il existe maintenant une convention signée entre le Suriname, le Guyana et la Guyane française pour l'échange des données de baguage et de comptage des tortues marines mais que cet échange n'est toujours pas effectif !

On définira ainsi la zone spatiale et temporelle d'intérêt comme un compromis prenant en compte les difficultés logistiques (accès aux plages, limites territoriales), la zone réellement utilisée par la population nidifiante et l'objectif de l'étude.

### **III. DÉNOMBRER LES INDIVIDUS POUR ÉTABLIR LA TENDANCE D'UNE POPULATION**

La tendance d'une population de tortues marines est déterminée en retraçant la présence du nombre d'individus d'année en année pour établir si le nombre d'individus augmente ou décroît. Cependant le nombre d'individus présent une année donnée sur un site de ponte est une statistique complexe à obtenir chez les tortues marines car les femelles pondent plusieurs fois au cours de la saison. Différentes solutions ont été utilisées pour tenter d'approcher cette statistique : dénombrement des individus à partir de comptage ou de marquage, dénombrement des traces.

- Lors de patrouilles nocturnes, il est possible de voir et d'identifier aisément les tortues marines venant pondre sur une plage. Pour ne pas compter plusieurs fois la même femelle, une marque à la peinture sur sa carapace est déposée lorsqu'elle est observée. Les tortues marines pondent de nuit mais quelques pontes sont aussi effectuées de jour. Selon les sites, la ponte peut se produire toute la nuit ou bien être centrée sur l'heure de marée haute. Pour dénombrer l'intégralité des femelles venant pondre sur une période de 24 heures, il est nécessaire que les patrouilles soient présentes sur le site durant la même période. Il est extrêmement rare qu'un tel niveau de suivi puisse être effectivement pratiqué et les patrouilles nocturnes ne sont présentes qu'une partie de la nuit. Le nombre de femelles dénombrées sera donc une estimation biaisée du nombre réel de femelles.

# Détermination des traces laissées par les tortues marines



v. 1.1  
12 novembre 2008



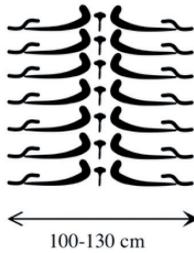
Tortue imbriquée  
Sous la végétation

Tortue olivâtre  
Milieu ouvert

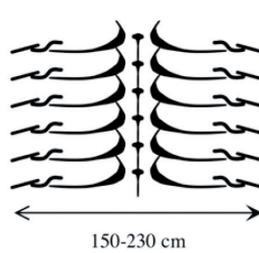
*La trace de la queue  
n'est pas toujours visible*



Tortue verte

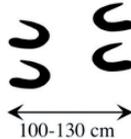


Tortue luth



Caouanne

*Notez l'absence de la trace de  
la queue et l'alternance de la  
position des pattes  
Ponte exceptionnelle en  
Afrique centrale*



Pr Marc Girondot (Université Paris Sud)  
Unité Mixte de Recherche Ecologie,  
Systématique et Evolution



**Figure 2** : Exemple de fiche de terrain utilisée par l'association PROTOMAC (Protection des Tortues Marines en Afrique Centrale) montrant les différentes traces laissées par les tortues marines.

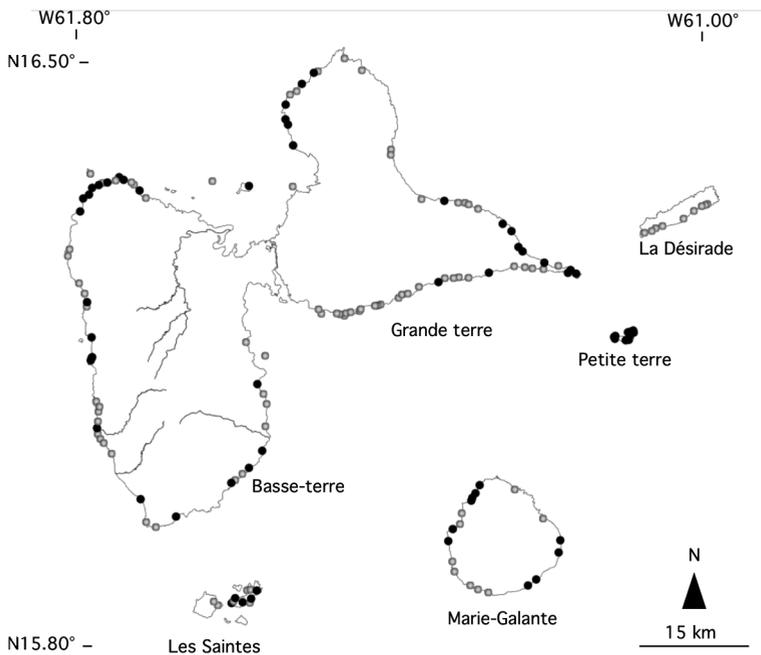
Figure 2: Example of field sheet used by the PROTOMAC NGO (Protection of Marine Turtles in Central Africa) showing the various tracks done by marine turtles.

- Une alternative est de marquer de façon permanente les femelles. Les différentes méthodes de marquages sont traitées dans le chapitre suivant. Si la pression de marquage est forte, on parle alors de marquage à saturation. A la fin de la saison de ponte, il suffit de compter combien de tortues différentes ont été marquées et on connaît le nombre de femelles venues pondre cette saison. Cependant, il est nécessaire d'émettre l'hypothèse que chaque femelle a été au moins vue une fois au cours de la nidification. Cette hypothèse très forte n'est jamais vérifiée. On peut alors utiliser des méthodes d'estimation basées sur les captures-marquages-recaptures (CMR) mais des difficultés techniques subsistent pour les tortues marines (voir le paragraphe V).

- L'identification des espèces est possible à partir de la forme des traces laissées sur le sol. Des fiches de terrain permettent de présenter les différentes traces qui sont ou pourraient être observées sur le terrain (Fig. 2). Il existe cependant une part de subjectivité dans cette détermination, il est important que les équipes de terrain en soient conscientes. Il est plus prudent de noter « Trace de tortue verte – Détermination incertaine » et que ce soit en fait une caouanne, plutôt que de la dénombrer de façon certaine comme une tortue verte. De la même façon, dénombrer les traces de montées est relativement aisé, mais identifier les demi-tours sans ponte est nettement plus difficile. Personnellement, même après avoir vu plusieurs dizaines de milliers de pontes, je ne me risque pas à affirmer qu'une montée a été suivie de ponte ou non sauf dans des cas simples d'arrêt très précoce lors de la montée. C'est la raison pour laquelle je préconise de dénombrer toutes les montées comme un indice de la fréquentation d'une espèce sur une plage. Selon les espèces, cet indice représentera 120 ou 200 % du nombre de pontes mais si cet indice est utilisé d'année en année, je suis convaincu qu'il est moins biaisé que ce qui pourrait être fait par différentes équipes ayant des critères différents pour définir si une ponte a eu lieu ou non.

Souvent le nombre de pontes ou de femelles n'est pas connu pour toutes les nuits de la saison de ponte. Différents modèles de suivi des sites ont été présentés ces dernières années pour répondre à ce problème ; ils peuvent être regroupés en deux grandes catégories :

- des suivis sur une courte période temporelle, de l'ordre de 10 ou 15 jours, au centre de la saison de ponte (Kerr *et al.* 1999, Jackson *et al.* 2008, Sims *et al.* 2008) ;
- des suivis espacés dans le temps avec reconstruction des données manquantes (Girondot *et al.* 2006, Gratiot *et al.* 2006, Girondot 2010a).



**Figure 3** : Carte de la Guadeloupe et des îles associées. Les points gris correspondent aux plages non-suivies et les points noirs aux plages suivies (données d'Éric Delcroix, ONCFS Guadeloupe).

Figure 3: Map of Guadeloupe and islands combined. The gray dots correspond to non-monitored beaches and beaches with black spots are monitored (data Eric Delcroix, ONCFS Guadeloupe).

Dans la première catégorie de suivis, toutes les plages de la région doivent être patrouillées en même temps, durant la même période de 15 jours. Par exemple, en Guadeloupe, ceci signifie que plus de 100 plages (Fig. 3) doivent être suivies en même temps ce qui est logistiquement irréalisable. Les auteurs proposent alors de ne suivre que 3 plages index qui serviront de référence. Je ne peux que déconseiller cette option ; en effet, si la plage-index est abandonnée par les femelles qui pondent ailleurs, on conclura faussement à un déclin. Par ailleurs, si la plage index disparaît (Fig. 1), tout l'historique pour cette zone disparaît avec.

L'alternative consistant à suivre un grand nombre de sites, mais chacun avec une faible pression de suivi, semble préférable. Lorsque les plages suivies sont dans la même région, il est possible d'émettre l'hypothèse que la saison de ponte pour une espèce donnée est la même ce qui apporte beaucoup d'informations.

Le cahier des charges pour la mise en place d'un modèle de description des pontes est le suivant :

- doit être capable de reproduire la forme globale de la saison de ponte ;
- doit être capable d'interpoler et d'extrapoler les nombres de pontes pendant les dates non-patrouillées ;
- devrait pouvoir prendre en compte plusieurs plages analysées en une fois ;
- doit pouvoir gérer une incertitude sur la date exacte d'une ponte ;
- doit fournir une estimation du nombre de pontes annuelles et son erreur.

Une synthèse récente a permis de formuler un modèle regroupant les avantages de tous les modèles précédemment formulés et répondant à ce cahier des charges (Girondot 2010a). Ce nouveau modèle a été utilisé avec succès en Afrique centrale (Godgenger *et al.* 2009). Différentes extensions ont été produites, par exemple lorsque les nuits sans ponte n'ont pas été reportées (Girondot 2010b) ou bien lorsqu'il y a une incertitude sur la date de ponte (Gaspar *et al.* 2008).

#### IV. MARQUAGE ET SUIVI DES TORTUES MARINES

Marquer une tortue marine est devenu un acte tellement courant que l'on oublie souvent que c'est un véritable acte chirurgical et que le marquage lui-même peut avoir des conséquences néfastes pour les individus.

Historiquement, le marquage était fait avec des bagues soit en plastique soit en différents types d'alliage (titane, monel ou inconel). Ces bagues étaient perdues rapidement (Rivalan *et al.* 2005), pouvaient être source d'infection ou bien le développement de balanes sur ces bagues pouvait gêner les individus au cours de leur déplacement. Ces bagues constituaient des zones d'accrochage préférentiel dans les filets de pêche et pouvaient induire une mortalité directe (Nichols *et al.* 1997, Nichols & Seminoff 1998).

L'arrivée des transpondeurs sous-cutanés a semblé être la solution miracle sans pour autant avoir été réellement évaluée chez les tortues marines. On notera que des cas d'infection au site de pose ont été décrits chez les bovins (Stanford *et al.* 2001) et à notre connaissance, les transpondeurs posés sur les tortues marines ne sont pas tous stériles. Par ailleurs, la perte de transpondeurs, jusqu'ici considérée comme étant nulle ou négligeable, a été évaluée à 15 % chez des chondrichthyens de grande taille (Feldheim *et al.* 2002). Enfin, selon le support technique de Trovan, une des principales marques de lecteur de transpondeur sur le

marché, l'effet du champ magnétique du lecteur sur les êtres vivants n'a pas été évalué. Voici la réponse du service technique à mes questionnements sur le sujet :

*After reviewing some of the research addressing the effect of exposing turtles to magnetic fields, it appears that those fields are static fields generated either by bar magnets or loop antennas with DC current flowing in them.*

*The fields generated by the LID-500 Reader, however, are reversing (changing polarity) every few microseconds. Also, while the reader is "reading", these fields are applied in bursts of about 35 milliseconds interspersed with "off" periods of about 25 milliseconds.*

*I do not know the significance of this except that it will be difficult to correlate with past research just based on maximum field strength.*

Après moult difficultés, j'ai pu obtenir un graphique représentant la puissance du champ magnétique émis par le lecteur. À 20 cm, la puissance du champ magnétique généré est de 1 T. Pour comparaison, le champ magnétique terrestre est de 50  $\mu$ T, soit 20 000 fois moindre. Une perturbation du comportement de navigation des tortues marines a été notée lorsqu'elles avaient un champ magnétique d'environ 200  $\mu$ T autour de la tête en permanence (Luschi *et al.* 2007).

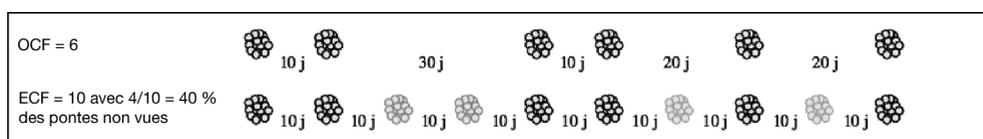
En conclusion, je recommanderais de ne marquer les tortues marines que si le marquage répond à un réel besoin et si on sait que les données peuvent être analysées de façon quantifiée. On ne marquera donc pas les tortues marines pour occuper les patrouilles de terrain comme cela est fait malheureusement trop souvent ou en arguant d'une possible capture dans un filet et dont l'information sera tellement anecdotique qu'elle n'aura aucun intérêt.

La solution alternative pour suivre les tortues marines consiste à les équiper de balises permettant de les suivre. Cependant, la pose d'émetteur sur les tortues marines perturbe leur déplacement (Fossette *et al.* 2008). Le système du harnais utilisé chez les tortues luths peut même être léthal (Troëng *et al.* 2006, Salinas *et al.* 2009). Encore une fois, ce type d'études nécessite de grandes précautions et ne devrait pas être conduit à grande échelle sur une population. Mais alors, si peu d'individus sont équipés, les informations deviennent anecdotiques et sans généralisation possible. On notera que gagner de l'information en analysant indépendamment les différentes localisations d'un même individu (cf. Fossette *et al.* 2008) n'est pas correct d'un point de vue statistique en raison de l'autocorrélation spatiale et individuelle entre les différents points.

## V. ESTIMATION DU NOMBRE DE NIDS PAR FEMELLE AU COURS D'UNE SAISON

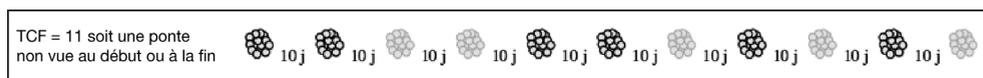
Les données consistent en l'obtention, par technique de marquage-capture-recapture, de la valeur OCF « Observed Clutch Frequency » représentant le nombre de pontes observées par femelle (Fig. 4), mais cette valeur est une sous-estimation du nombre réel de pontes d'une tortue au cours d'une saison. En effet, par exemple pour les tortues luths, les patrouilles nocturnes peuvent observer des intervalles de 20 ou 30 jours alors que la moyenne du nombre de jours entre deux pontes est estimée à 9,74 jours (Girondot *et al.* 2006). Ceci signifie que l'individu est revenu pondre entre temps sans avoir été observé. Plusieurs raisons peuvent expliquer ce défaut d'observation : d'une part, les tortues viennent pondre en masse de nuit et il est logistiquement très difficile de patrouiller toutes les nuits pendant la nuit entière ; d'autre part, la fidélité à la plage n'étant pas complète, des pontes peuvent avoir été effectuées sur d'autres plages qui elles, ne sont pas forcément patrouillées, tout comme certaines pontes peuvent avoir été effectuées de jour. Une correction de l'OCF prenant en compte les pontes non observées entre les deux observations extrêmes est appelée ECF pour « Estimated Clutch Frequency » (Fig. 4).

Cependant, cette méthode reste toujours biaisée : si on considère que certaines pontes ont pu être manquées entre les dates extrêmes d'observation, il se peut aussi que certaines



**Figure 4 :** Schéma représentant la correction du nombre observé de pontes (OCF) par le nombre estimé de pontes (ECF).

Figure 4: Schematic representation for the correction of observed clutch frequency (OCF) by the estimated clutch frequency (ECF).



**Figure 5 :** Schéma représentant le nombre total de pontes (TCF), estimateur de la vraie valeur du nombre de pontes.

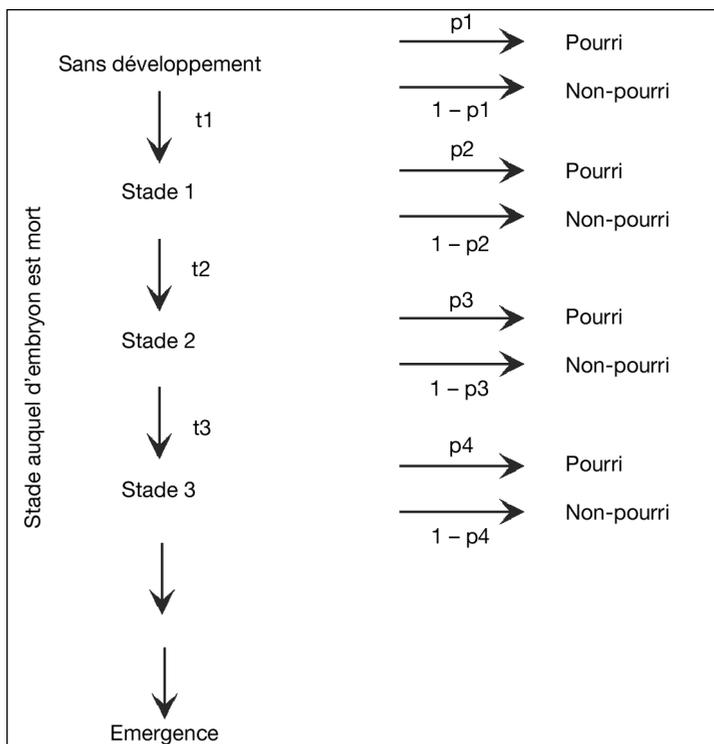
Figure 5: Schematic representation of the total clutches frequency (TCF), estimator of the true value of the number of clutches.

aient été manquées avant le début, ou après la fin des patrouilles. Il en dérive alors une troisième estimation : le TCF, ou « Total Clutch Frequency » (Fig. 5) qui représente le nombre total de pontes, estimateur de la vraie valeur du nombre de pontes, nommée CF pour « Clutch Frequency ».

Différentes méthodes sont utilisées afin d'estimer au mieux ces paramètres, mais aucune n'est complètement satisfaisante à ce jour en raison d'une très forte hétérogénéité de comportement des femelles (Briane *et al.* 2007).

## VI. ESTIMATION DE LA RÉUSSITE D'INCUBATION DANS LES NIDS

La réussite d'incubation représente la probabilité qu'un œuf au sein d'une ponte donne un nouveau-né vivant. L'estimation de la réussite d'incubation dans un nid est particulière-



**Figure 6 :** Chaîne de probabilités expliquant la structure d'un nid à la fin de l'incubation.

Figure 6: Probabilities explaining the structure of a nest at the end of incubation.

	Nid 1	Nid 2
Stade 0	10 (14 %)	50 (72 %)
Stade 1	20 (28 %)	10 (14 %)
Eclos	40 (56 %)	10 (14 %)

**Figure 7** : Structure à l'éclosion de deux nids hypothétiques.

Figure 7: Structure at the end of incubation of two hypothetical nests.

ment complexe car elle implique de retrouver ce nid après plus de 60 jours et de réussir à en interpréter les restes à la fin de l'incubation.

Au sein d'un nid, les œufs sont regroupés en différentes catégories : œufs pourris ou non, embryons morts classés selon le stade de la mort, embryon vivant, embryons ayant émergé. L'analyse des données est plus complexe qu'il n'apparaît au premier abord puisqu'un embryon ne peut mourir à un stade que si il était encore vivant au stade précédent. Cette particularité n'a jamais été prise en compte dans les analyses publiées jusqu'à présent. Elle doit se représenter sous la forme d'une chaîne de probabilité (Fig. 6). Ainsi dans le schéma ci-dessous, la probabilité que des œufs soient morts au stade 3 est  $t_1.t_2.t_3.(1-t_4)$ .

Pour analyser ces résultats, des probabilités conditionnelles sont donc indispensables (par exemple, quelle est la probabilité qu'un embryon meure au stade 3 sachant qu'il a forcément été vivant jusqu'au stade 2). Pour illustrer la différence de conclusion, prenons deux nids hypothétiques de 70 œufs dont la structure est analysée à l'éclosion (Fig. 7). Le taux de mortalité au stade 1 semble plus fort pour le nid 1 (28 %) que pour le nid 2 (14 %) alors qu'il n'en est rien. La mortalité, ramenée aux œufs encore vivants au stade 1, est plus importante pour le nid 2 ( $10/20 = 50\%$ ) que pour le nid 1 ( $20/60 = 33\%$ ).

## VII. CONCLUSIONS

Ce rapide survol des méthodes d'étude à terre des tortues marines montre qu'il reste encore un long chemin à parcourir pour permettre de fournir des méthodologies clé en main aux équipes qui travaillent sur le terrain.

Mais je crois que le principal message est d'être très prudent en ce qui concerne les animaux. Bien que semblant robustes, les tortues marines développent rapidement des pathologies comme des nécroses.

Enfin pour terminer, il est indispensable que des objectifs clairs soient définis et que les outils et méthodes d'analyse soient définis **avant** que le travail de terrain ne soit effectué.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Briane J.-P., Rivalan P. & Girondot M. 2007 – The inverse problem applied to the Observed Clutch Frequency of Leatherbacks from Yalimapo beach, French Guiana. *Chelonian Conserv. Biol.*, 6: 63-69.

Chevalier J., Cazelles B. & Girondot M. 1998 – Apports scientifiques à la stratégie de conservation des tortues luths en Guyane française. *JATBA, Rev. Éthnobiol.*, 40: 485-507.

Feldheim K.A., H.Gruber S., Marignac J.R.C. de & Ashley M.V. 2002 – Genetic tagging to determine passive integrated transponder tag loss in lemon sharks. *J. Fish Biol.*, 61: 1309-1313.

Fossette S., Corbel H., Gaspar P., Maho Y.L. & Georges J.-Y. 2008 – An alternative technique for the long-term satellite tracking of leatherback turtles. *Endang. Species Res.*, 4: 33-41.

Gaspar C., Petit M. & Girondot M. 2008 – Suivi de la ponte des tortues marines sur un atoll de Polynésie française. *Congrès annuel de la Société Herpétologique de France*. Non publié, La Rochelle, France.

Girondot M. 2010a – Estimating density of animals during migratory waves: application to marine turtles at nesting site. *Endang. Species Res.*, 12: 85-105.

Girondot M. 2010b – The zero counts. *Mar. Turt. Newsl.*, In press.

Girondot M., Rivalan P., Wongsopawiro R., Briane J.-P., Hulin V., Caut S., Guirlet E. & Godfrey M.H. 2006 – Phenology of marine turtle nesting revealed by a statistical model of the nesting season. *BMC Ecol.*, 6: 11.

Godgenger M.-C., Bréheret N., Bal G., N'Damité K., Girard A. & Girondot M. 2009 – Nesting estimation and analysis of threats for Critically Endangered leatherback *Dermochelys coriacea* and Endangered olive ridley *Lepidochelys olivacea* marine turtles nesting in Congo. *Oryx*, 43: 556-563.

Gratiot N., Gratiot J., Thoisy B. de & Kelle L. 2006 – Estimation of marine turtles nesting season from incomplete data; statistical adjustment of a sinusoidal function. *Anim. Conserv.*, 9: 95-102.

Jackson A.L., Broderick A.C., Fuller W.J., Glen F., Ruxton G.D. & Godley B.J. 2008 – Sampling design and its effect on population monitoring: How much monitoring do turtles really need? *Biol. Conserv.*, 141: 2932-2941.

Kerr R., Richardson J.I. & Richardson T.H. 1999 – Estimating the annual size of hawksbill (*Eretmochelys imbricata*) nesting populations from mark-recapture studies: the use for long-term data to provide statistics for optimizing survey effort. *Chelonian Conserv. Biol.*, 3: 251-256.

Luschi P., Benhamou S., Girard C., Ciccione S., Roos D., Sudre J. & Benvenuti S. 2007 – Marine turtles use geomagnetic cues during open-sea homing. *Curr. Biol.*, 12: 126-133.

Nichols W.J. & Seminoff J.A. 1998 – Plastic “Rototags” may be linked to sea turtle bycatch. *Mar. Turtle Newsl.*, 79: 20-21.

Nichols W.J., Seminoff J.A., Resendiz A. & Galvan A. 1997 – Apparent sea turtle mortality due to flipper tags. *Proc. of the 17<sup>th</sup> Annual Sea Turtle Symposium* (Epperly S.P. & Braun J., eds), pp. 254-255. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-415, Orlando, Florida.

Rivalan P., Godfrey M.H., Prévot-Julliard A.-C. & Girondot M. 2005 – Maximum likelihood estimates of tag loss in leatherback sea turtles. *J. Wildl. Manage.*, 69: 540-548.

Salinas R.A.F., Ramoso N.B., Jr & Rodriguez L.D. 2009 – A leatherback turtle encountered in El Nido, Palawan, Philippines. *Mar. Turtle Newsl.*, 125: 13-14.

Sims M., Bjorkland R., Mason P. & Crowder L.B. 2008 – Statistical power and sea turtle nesting beach surveys: How long and when? *Biol. Conserv.*, 141: 2921-2931.

Stanford K., Stitt J., Kellar J.A. & McAllister T.A. 2001 – Traceability in cattle and small ruminants in Canada. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.*, 20: 510-522.

Troëng S., Solano R., Díaz-Merry A., Ordoñez J., Taylor J., Evans D.R., Godfrey D., Bagley D., Ehrhart L. & Eckert S. 2006 – Report on long-term transmitter harness retention by a leatherback turtle. *Mar. Turtle. Newsl.*, 111: 6-7.

*manuscrit accepté le 30 août 2010*