

Évaluation de la production de tortues vertes *Chelonia mydas* nouveau-nées sur les sites de ponte Europa et Tromelin (océan Indien)

Jean-Yves LE GALL (1), Alain LEBEAU (2)
et Joël KOPP (3)

RÉSUMÉ

Un programme d'observations sur les populations de tortues vertes marines *Chelonia mydas* est développé depuis quinze années sur les deux sites de ponte majeurs pour cette espèce dans l'océan Indien Sud-Ouest: EUROPA, (1970-1985) et TROMELIN (1973-1984). Les données collectées sur ces deux sites permettent de présenter une estimation du nombre de pontes réalisées durant la saison de ponte, du nombre d'œufs pondus et, à partir du calcul des taux d'émergence, du nombre de jeunes tortues produites par saison et par site. A chaque paramètre biologique ou estimation du nombre de traces de montées à terre, du nombre de nouveau-nés est associée une variance.

Schématiquement, les pontes déposées de novembre à février, chaque année, conduisent à la production de l'ordre de 0,15 à 0,3 millions d'individus sur TROMELIN et de 0,7 à 2,4 millions d'individus sur EUROPA.

MOTS-CLÉS : Tortue verte -- Reproduction -- Ponte -- Fécondité -- Éclosion -- Taux d'émergence -- Production -- Jeunes -- Nouveau-nés -- *Chelonia mydas*.

ABSTRACT

ESTIMATION OF GREEN TURTLE *Chelonia mydas* HATCHLINGS ON BREEDING PLACES OF EUROPA AND TROMELIN (INDIAN OCEAN)

A research program on the marine green turtle *Chelonia mydas* has been conducted for 15 years on the two major nesting sites for the species in the Indian Ocean S.W.: EUROPA (1970-1985) and TROMELIN (1973-1984). Data collected on these two sites provide an estimation of numbers of eggs laid-on during the nesting season and, combining with observed survival rates, estimation of hatchlings by season and site, with variance estimator of each parameter and final estimations.

Roughly, from the eggs laid-on each season from november to february (50 to 70 % of annual reproductive activity), hatchling production may be estimated to 0,15 to 0,3 millions for TROMELIN and 0,7 to 2,4 millions for EUROPA.

KEY WORDS : Marine green turtle -- Reproduction -- Nesting -- Individual fecundity -- Hatchling -- Survival rates -- Production -- *Chelonia mydas*.

(1) Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER), Station de la Réunion, 97420 Le Port, Ile de la Réunion (océan Indien); adresse actuelle: IFREMER, 66, avenue d'Iéna, 75116 Paris.

(2) Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER), Centre Océanologique du Pacifique, B.P. 7004, Taravao, Tahiti, Polynésie française (océan Pacifique).

(3) Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER), Station de Saint-Pierre et Miquelon, B.P. 4240, 97500 Saint-Pierre et Miquelon (océan Atlantique Nord).

INTRODUCTION

L'implantation d'une installation de grossissement de tortues de mer *Chelonia mydas* à l'île de la Réunion (océan Indien Sud-Ouest) à des fins commerciales impliquait dès 1978, un prélèvement de jeunes sur les sites de ponte des îles de TROMELIN et EUROPA (fig. 1).

Afin d'évaluer la nécessité de contingenter ou non les prélèvements de jeunes tortues, un programme de recherche a été élaboré pour :

- estimer le nombre de jeunes produits chaque année,
- déterminer les conditions optimales de prélèvement de jeunes,
- évaluer le nombre de femelles adultes présentes chaque année sur les deux sites.

Dans ce but, des observateurs spécialisés ont été placés sur les deux sites de ponte, en bénéficiant de l'infrastructure de la mission météorologique des îles éparses françaises de l'océan Indien (LE GALL *et al.*, 1984).

PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE

Nous commencerons par un bref rappel sur la biologie de la reproduction de la tortue verte, ayant pour objet de permettre de mieux comprendre la démarche suivie pour l'évaluation du nombre de femelles et de production de jeunes sur les sites de ponte.

La biologie de la tortue verte marine *Chelonia mydas* a fait l'objet d'exposés synoptiques par HIRTH (1971) et BALAZS (1980), complétés plus récemment en ce qui concerne les populations de l'océan Indien Sud-Ouest par les mises au point de HUGHES (1974, a et b ; 1982, a) et MROSOVSKY (1983). Concernant particulièrement la biologie de la reproduction de l'espèce, il semble que la première maturité sexuelle soit atteinte à partir de 8 ans. La femelle reviendrait pondre sur sa plage natale. Au cours de chaque saison de ponte, la femelle peut effectuer plusieurs pontes (3 en moyenne) espacées de 12 à 14 jours. A chaque ponte la femelle pond en moyenne 150 œufs. Le cycle de reproduction inter-annuel est variable. D'après HUGHES (1982, b) aux Caraïbes «... la femelle peut migrer de 2 à 5 fois, le processus de retour peut être réalisé dans des années consécutives (rarement) ou selon des intervalles de 2, 3, 4 années ou plus... ».

Cette étude repose sur les observations de marquages et recaptures intra-saisons, pendant la saison de ponte. Les données de marquage et recapture inter-annuels analysées par ailleurs

(LE GALL *et al.*, 1985) confirment, pour cette espèce, dans cette zone, un cycle de reproduction inter-annuel centré sur 4 et 5 ans. On observe cependant des retours sur le site de ponte dès la deuxième année suivant le marquage. On note, par ailleurs, l'absence d'accroissement de taille de la carapace après la première maturité sexuelle.

Les observations réalisées portent sur les points suivants :

- le dénombrement des traces,
- le marquage des femelles en cours de ponte,
- la mensuration des adultes,
- la détermination des durées d'intervalles de nidification,
- la durée du temps d'incubation des œufs,
- le taux d'émergence des jeunes.

Les résultats de ces missions d'observation de longue durée (3 à 4 mois par saison de ponte) viennent compléter les observations de HUGHES en 1970 et de SERVAN et BATORI en 1973-74, réalisées sur les mêmes sites de ponte (HUGHES, 1974, a et b ; BATORI, 1974 ; SERVAN, 1976).

1. TECHNIQUE D'OBSERVATION ET MÉTHODES D'ÉVALUATION

1.1. Méthode générale d'évaluation et combinaison des paramètres

La méthode utilisée pour l'évaluation de la production de nouveau-nés nécessite la connaissance de 5 paramètres :

- nombre de traces de montées (NT),
- nombre de pontes (NP),
- nombre moyen d'œufs par ponte (NOM),
- taux d'émergence total des jeunes P_1 ,
- taux d'émergence diurne des jeunes P_2 .

Les étapes successives de cette évaluation sont :

1) le recensement du nombre total de traces de montées à terre sur EUROPA, par extrapolation à partir des observations faites sur la plage de la Station (facteur k_1) ; il est exhaustif à TROMELIN (fig. 1) ;

2) l'analyse des intervalles de temps (en jours) entre deux montées successives à partir du marquage individuel, afin d'estimer à partir du nombre de traces (NT) le nombre de pontes (NP) par le facteur k_2 ; en effet, chaque montée à terre ne conduit pas toujours à une ponte ;

3) l'estimation du nombre d'œufs pondus, par multiplication du nombre de pontes par le nombre moyen d'œufs par ponte ;

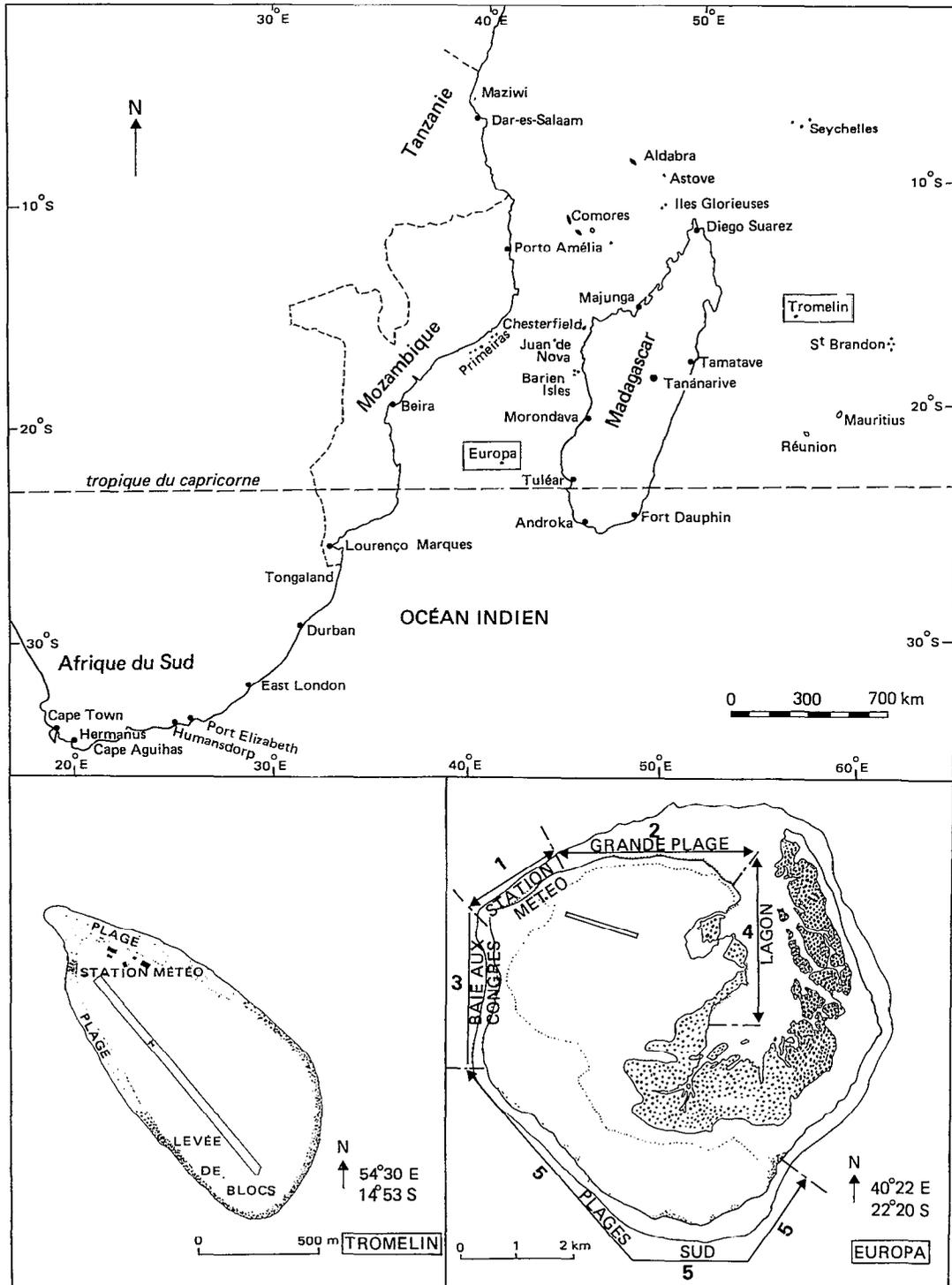


Fig. 1. — Haul : Situation des deux sites de ponte étudiés : TROMELIN et EUROPA dans l'océan Indien Sud-Ouest (adapté de HUGHES, 1974). Bas gauche : Ile de TROMELIN ; bas droite : Ile d'EUROPA, localisation des plages échantillonnées et des strates spatiales

Top : Geographical localization of the two nesting sites studied TROMELIN and EUROPA in the South-West Indian Ocean (adapted from HUGHES, 1974). Bottom left : TROMELIN ; bottom right : EUROPA, distribution of beaches surveyed and spatial strata

4) l'estimation du nombre de jeunes produits (de nuit et de jour), en appliquant au nombre d'œufs un taux moyen d'émergence qui est la résultante globale de la combinaison des taux de fécondation, fertilité, éclosion des œufs et survie jusqu'à l'émergence ;

5) la détermination du nombre de jeunes produits durant le jour, obtenue en appliquant au nombre total d'œufs produits un taux d'émergence diurne.

1.2. Calcul de la variance des estimations

L'étape initiale est l'estimation du nombre total de traces de montées sur EUROPA (NT) à partir du recensement réalisé quotidiennement sur la Plage de la Station Météorologique (Nps) en utilisant le facteur d'extrapolation spatiale et sa variance liée tel que :

$$NT = Nps \times k_1$$

$$\text{var NT} = (Nps)^2 \times \text{var } k_1$$

Chaque étape ultérieure (transformation en nombre de pontes, calcul du nombre d'œufs...) sera traitée comme le produit de deux variables aléatoires affectées de leur variance :

$$\text{var } (x \cdot y) = \text{var } x \cdot \text{var } y + \bar{x}^2 \cdot \text{var } x + \bar{y}^2 \cdot \text{var } y$$

1.3. Marquages

1.3.1. TECHNIQUES ET MÉTHODES DE MARQUAGE ET D'IDENTIFICATION

Les marques métalliques utilisées (type Moneltag) sont implantées entre deux écailles de pli de la patte avant droite ou sur une écaille de cette zone. Des traces de cicatrisation observées lors du premier retour démontrent qu'il existe un certain taux de perte de ces marques.

Les femelles sont marquées ou identifiées lors de chaque sortie nocturne des observateurs. Cependant, cette observation reste incomplète dans la mesure où l'étalement des montées sur toute la nuit et la dispersion des animaux sur les plages ne permettent pas d'effectuer le marquage ou l'identification de toutes les femelles montées au cours de la nuit.

A TROMELIN, les sorties de marquages se déroulent en moyenne entre 22 h 00 et 2 h 00 et, en raison de la faible étendue des plages, 70 à 100 % des tortues observées peuvent être marquées.

Le marnage important en vives eaux à EUROPA conduit à organiser les incursions sur les plages en fonctions des heures de marée haute. Cela amène à effectuer une sortie de 3 à 5 heures de durée, soit en début de nuit, soit au milieu de la nuit, ou bien

deux sorties par nuit si les deux marées hautes se situent en fin d'après-midi et tôt le matin.

La plage dite de la Station Météorologique est visitée toutes les nuits et utilisée comme référence pour l'ensemble de l'activité survenue sur l'île au cours de la nuit ; c'est le site de référence depuis HUGHES (1974, a et b).

Les résultats issus de l'analyse des retours, durant une saison, des individus marqués sur la plage de la Station sont extrapolés à l'ensemble de l'île.

1.3.2. RECAPTURES

Le marquage permet de suivre chaque individu marqué pendant la durée de la saison de ponte et lorsque les observateurs qualifiés sont présents. Ainsi, une femelle a été revue 16 fois sur la même plage en 3 mois. L'interprétation, en fin de saison d'observation (1 à 4 mois actuellement), de ces marquages et recaptures intra-saison permet le calcul de :

- la durée des intervalles de nidification (entre deux montées successives) ;
- la relation entre le nombre de traces de montées et le nombre de pontes.

Ce sont deux éléments du processus d'évaluation de la production de nouveau-nés.

Par ailleurs, les marquages et recaptures saisonniers permettent de faire une évaluation de la taille de la population de femelles adultes de deux façons indépendantes :

- la première fondée sur le rapport du nombre total de pontes déposées au nombre moyen de pontes par femelles ;
- l'exploitation des données marquages/recaptures multiples par une approche probabiliste.

L'évaluation des populations de femelles adultes sur les sites de ponte n'est pas abordée dans cette étude.

2. ESTIMATION DU NOMBRE DE TRACES

2.1. Identification des traces

Au matin, le recensement des traces des montées à terre de la nuit précédente est réalisé sur la plage considérée. Dans la plupart des cas, l'observateur expérimenté distingue assez facilement les traces récentes des traces des nuits antérieures. Lorsque le sable est fin, le vent et la pluie ont tendance à effacer les empreintes ; lorsque le sable est grossier, les anciennes traces ressemblent trop aux nouvelles pour qu'on puisse les différencier les unes des autres. Dans ces deux cas, l'observateur traîne derrière

lui un objet lourd qui fait une traînée continue sur le sable. Le lendemain matin, il ne dénombre que les traces des tortues qui sont passées sur cette traînée et ne peuvent être que des traces de montées réalisées durant la dernière nuit.

2.2. Inventaire ou estimation du nombre de traces

TROMELIN (fig. 1) : la petite taille de cet îlot permet de réaliser chaque jour un recensement total du nombre de traces.

EUROPA (fig. 1) : la configuration et la taille de cet atoll ne permettent pas de réaliser le comptage quotidien sur l'ensemble des plages ; un système d'échantillonnage est donc nécessaire ; le choix des plages et la fréquence de comptage sont fondés, d'une part, sur leur proximité de la Station Météorologique et, d'autre part, sur l'importance de la fréquentation par les tortues.

Saisons de ponte 1970-71 à 1982-83

La plage de la Station : importante et située à proximité de la Station Météorologique, elle est visitée tous les matins.

La Grande plage : le comptage a lieu tous les deux jours en alternance avec la baie aux Congres.

Dans la baie aux Congres : sur la plage importante, longue et éloignée, le comptage a lieu tous les deux jours en alternance avec la Grande plage.

Sur les plages du Lagon et plages du Sud : peu importantes et très éloignées, le comptage n'est pas réalisé régulièrement (quelques comptages par mois).

La comparaison des nombres de traces observées le même jour sur ces différentes plages, d'une part, et sur la plage de la Station, d'autre part, permet de calculer une série d'indices de fréquentation de la plage de la Station. L'estimation du nombre total de traces sur l'ensemble des plages, à partir de la plage de la Station, se fait en utilisant le facteur d'extrapolation (k_1 , var k_1), calculé comme le rapport de deux variables aléatoires y_1 et x_1 , où y_1 est la série pluri-annuelle d'indices de fréquentation de l'ensemble des plages (autres que celle de la Station) et x_1 la série d'indices de fréquentation de la plage de la Station (tabl. I : $k_1 = 10,66$, var $k_1 = 4,046$; 1970-1985).

Saison de ponte 1983-84

On a distingué deux ensembles de plages sur l'île d'EUROPA (fig. 1) :

- 1) l'ensemble des plages du Nord : plage de la Station, Grande plage, baie aux Congres, où les traces de ponte sont dénombrées chaque jour ;
- 2) l'ensemble des plages du Sud : il regroupe les autres plages (Lagon, Mahavel, Formosan, taches

du Sud...). Les comptages sur ces plages n'ont été réalisés, en raison de l'éloignement et de la difficulté d'accès, qu'une quinzaine de fois au cours de la période d'observation dans des conditions extrêmes.

On dispose aussi d'une série de deux variables aléatoires (y_1 = plages du Sud ; x_1 = plages du Nord) et de la possibilité de calculer comme précédemment, par le rapport de ces deux variables aléatoires, le facteur d'extrapolation spatiale k_1 pour la saison 1983/84 ($k_1 = 0,40$, var $k_1 = 0,0149$).

On déduit ainsi de l'inventaire quotidien du nombre de traces relevées sur les plages du Nord, l'estimation du nombre total (et sa variance) de traces sur l'ensemble de l'île pour la période d'observation, soit 3 ou 4 mois (novembre 1983 à février 1984). Le nombre de traces total est estimé par le produit : nombre de traces de l'ensemble du Nord $\times (1 + k_1)$.

Saison de ponte 1984-85 (EUROPA) (fig. 1)

Durant cette dernière saison, l'estimation du nombre de traces de montées à terre a été réalisée en appliquant un système d'échantillonnage stratifié avec allocation proportionnelle du taux d'échantillonnage f (121 jours de mission) fondé sur l'importance des strates appréciée lors des saisons précédentes. Cinq strates ont été définies : (1) plage de la Station (comptage chaque jour), $f = 121/121$, (2) Grande plage et (3) baie aux Congres (comptage tous les deux jours), $f = 61/121$ et échantillonnage aléatoire (36 comptages sur 121 jours de missions) pour les deux strates les moins fréquentées, (4) Lagon, $f = 36/121$ et (5) plages du Sud, $f = 36/121$. On dispose ainsi pour chaque strate et pour l'ensemble des plages d'une estimation du nombre de traces accompagnée d'une variance de l'estimation pour 3 mois (tabl. IV). La simultanéité des 36 comptages réalisés de façon aléatoire dans chaque strate permet de disposer du rapport d'abondance plages du Nord/plages du Sud ($k = 0,57$, var $k = 0,085$) et du rapport plage de la Station/Ensemble des plages pour cette saison 1984/85 qui vient compléter la série pluri-annuelle (1970-1985) de ce coefficient k_1 (tabl. I).

2.3. Résultats

Les nombres de traces sur les plages de TROMELIN et sur la plage de la Station à EUROPA ont été additionnés par décades (LE GALL *et al.*, 1984). Ces résultats décennaires rendent bien compte du développement saisonnier de la ponte centré sur le mois de décembre. Les totaux sur l'ensemble de la période d'observation conduisent à des estimations de nombre de traces pour chaque saison de ponte et pour la période d'observation (3 mois) (tabl. V et VI). La comparaison des nombres de

TABLEAU I

Indices de fréquentation des différentes plages par les tortues adultes femelles et facteur d'extrapolation spatiale k_1 de la plage de la Station météorologique à l'ensemble des plages pour l'estimation du nombre total de traces sur l'île d'EUROPA (1970-1985)

Indices of nestling emergence of different beaches by adult female green turtles and raising factor k_1 from Meteorological Station Beach to the whole beaching sites used for estimating of total track number at EUROPA (1970-1985)

Année (saison)	1970 1971	1973 1974	1978 1979	1979 1980	1980 1981	1981 1982	1982 1983	1983 1984	1984 1985
Sources	(1)	(2)	(3)	(4)	(4)	(4)	(4)	(5)	(6)
Plages									
1) Station									
Effectif	65	721	23					612	344
% (=x _i)	9,15	9,33	6,42	6	7	6	7	9,22	6,68
2) Autres plages									
Effectif	645	7009	335	94	92	94	93	6023	4806
% (=y _i)	90,85	90,67	93,35					90,77	93,32
2.1 Grande plage									
Effectif	360		110	45	53	36	57	3099	2317
%	50,70		30,73					46,70	44,99
2.2 Baie Congres									
Effectif	110		25	20	16	14	20	1028	616
%	15,49		06,98					15,49	11,96
2.3 Plages du Sud									
Effectif	65		95		17	22	7	870	774
%	9,15		26,53					13,11	15,02
2.4 Plages du Lagon									
Effectif	110		105	29	6	22	9	1026	1029
%	15,49		29,32					15,46	19,98
Rapport $\frac{y_i}{x_i} =$	9,82	9,72	14,56	- non pris en compte			-	9,84	13,96
$k_1 = r = \bar{y}/\bar{x} = 10,66, \text{ var } r = 4,046$									

- (1) HUGHES (1974 ; tableau 11). Période du 11-12/1970 (Station + Beach 6 + Beach 7 = 65)
 (2) SERVAN (1977; tableau 8). Période du 11-12/1973 et 01/1974
 (3) LEBEAU (1979; tableaux 4 et 6). Période du 11-12/1978 et 01/1979
 (4) KOPP *et coll.* (1983, non publié). Période du 11-12 et 01/1979-1983 (non pris en compte dans r)
 (5) LE GALL *et al.* (présente étude : tableau 3). Période du 11-12-01-02/1983-1984
 (6) LE GALL *et al.* 1984/85) : présente étude. Période du 11-12-01-02/1984/85
 $k_1 = 13,96; \text{ var } k_1 = 1,12; n = 36 \text{ comptages.}$

traces de montées pour chaque saison et pour une durée de trois mois (fig. 2 et 3) démontre une très grande variabilité d'une saison à l'autre, qui traduit la variabilité annuelle du nombre de femelles présentes sur les sites étudiés.

2.4. Sources d'erreur et discussion

Deux sources d'erreur affectent les estimations du nombre total de traces. La première provient de la difficulté d'identification des traces comme traces « fraîches » (de la nuit) dans certaines condi-

tions. Cela peut entraîner un léger biais en surestimation lorsqu'une trace est comptée deux fois, c'est-à-dire deux journées de suite. La seconde source d'erreur est propre à EUROPA et relève de la technique d'échantillonnage. Le plan d'échantillonnage adopté en 1983-84 a été adapté en 1984/85 en diminuant la fréquence de comptage sur la Grande Plage et la baie aux Congres au profit d'un effort plus important de comptage sur les plages du Sud moins accessibles. On est parvenu ainsi à réduire la variance de l'estimation qui ne présente pas de biais autre que celui évoqué précédemment.

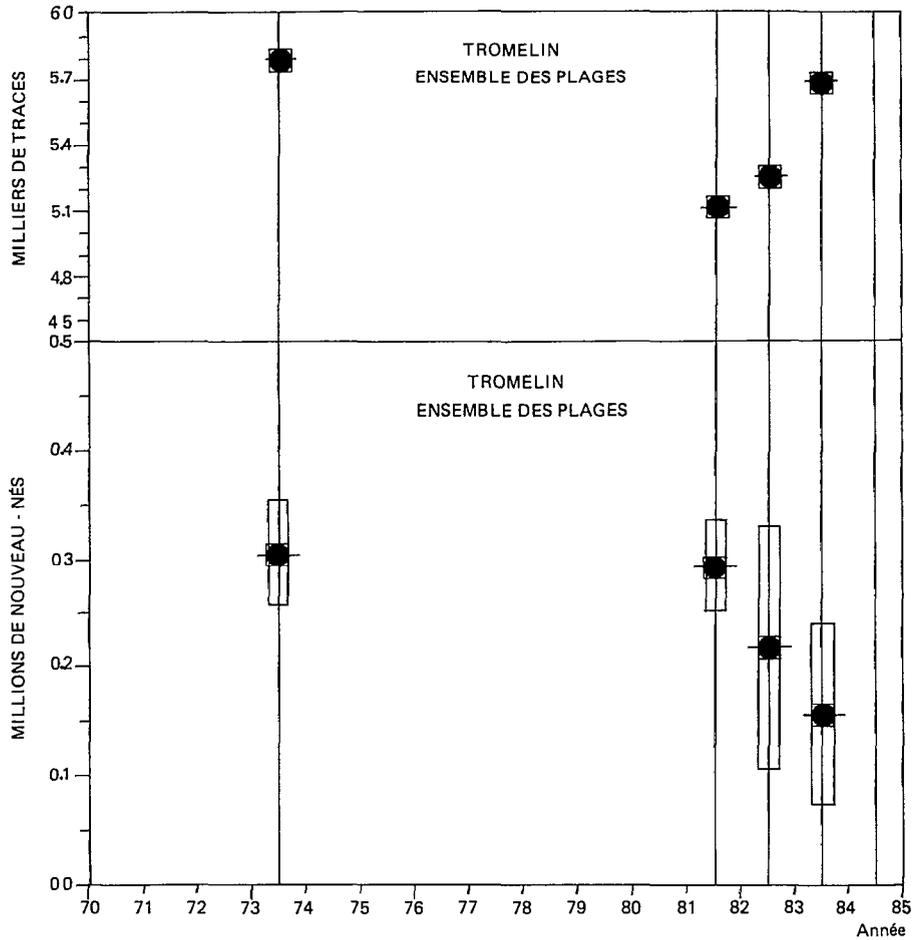


FIG. 2. — *Haut* : Nombre de traces de montées à terre pour trois mois de ponte (novembre, décembre, janvier) à TROMELIN. *Bas* : Estimation de la production de jeunes tortues issues des mêmes trois mois de ponte (novembre, décembre, janvier) à TROMELIN. Chaque valeur est accompagnée d'un intervalle de ± 2 écarts-types

Top : Number of female emergence tracks for the three main nesting months (november, december, january) at TROMELIN. Bottom : estimation of hatchlings production from eggs laid-on during the same three main nesting months (november, december, january) at TROMELIN. Each value is given with ± 2 standard-deviation intervals

3. ESTIMATION DU NOMBRE DE PONTES

3.1. Transformation du nombre de traces en nombre de pontes

Pendant une saison de ponte, la tortue monte plusieurs fois à terre pour pondre. L'intervalle de temps entre deux montées à terre ayant conduit à une ponte varie peu selon les sites, les mois d'observation (début ou fin de saison) et les observateurs. Les résultats sont de 12 à 17 jours selon BATORI (1973-74) sur TROMELIN, 10 et 15 jours selon SERVAN (1976) pour la saison 1973-74 sur EUROPA, 12 jours (LEBEAU *et al.*, 1979) en 1977 sur TROMELIN.

Chaque tortue rencontrée sur la plage étant marquée à la première rencontre et identifiée pour les rencontres suivantes, on peut analyser la distribution des intervalles de temps écoulés entre deux montées successives. On identifie aisément un groupe d'intervalles « de nidification » de 1 à 3 jours, puis un mode marqué à 10-15 jours, et des modes plus atténués à 20-25 jours, etc. (TROMELIN, fig. 4 ; EUROPA, fig. 5).

Si l'on admet que lorsque l'intervalle entre deux montées est inférieur à 8 jours, la première montée n'a pas donné une ponte, pour diverses raisons : échec dans le creusement du nid, perturbation du comportement de nidification par l'observateur..., on dispose d'une méthode de calcul de facteur k_2

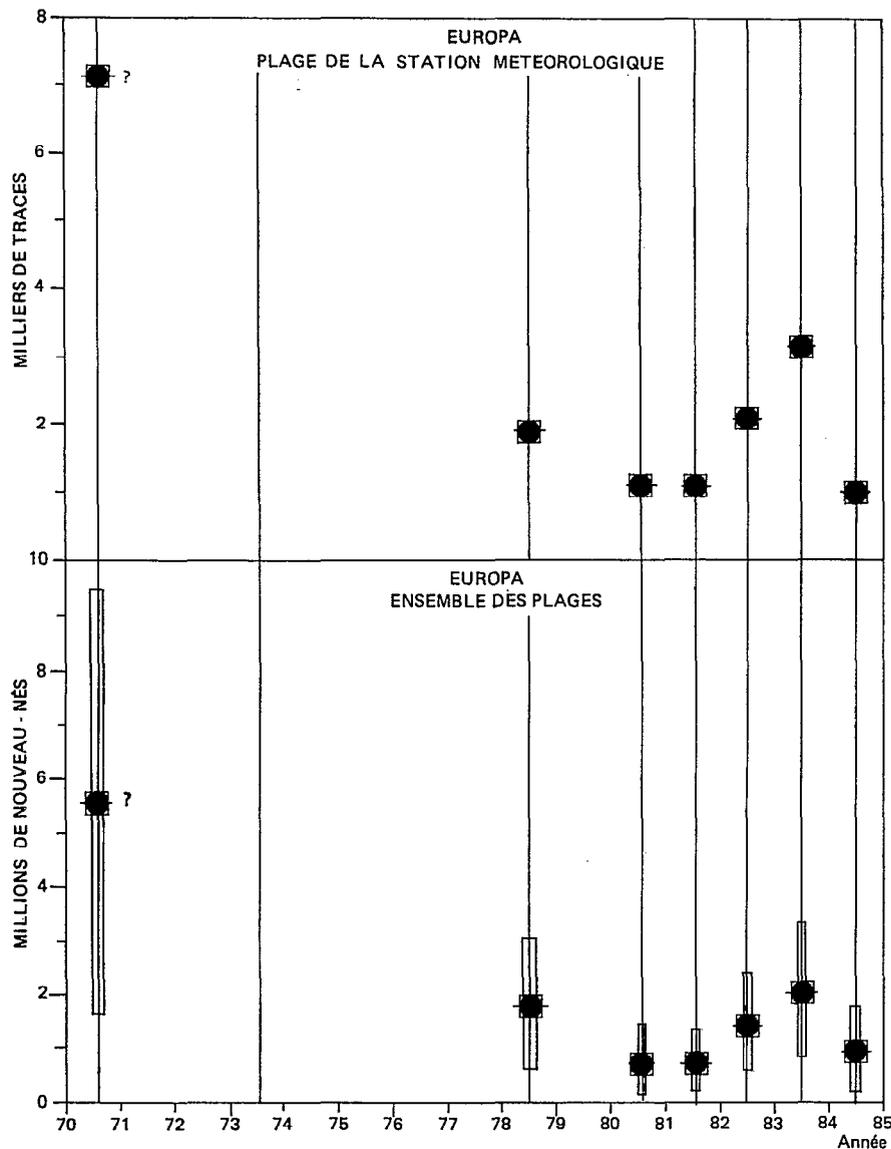


FIG. 3. — *Haut* : Nombre de traces de montées à terre pour trois mois de ponte (novembre, décembre, janvier) sur la plage de la Station météorologique d'EUROPA. *Bas* : Estimation de la production de jeunes tortues issues des trois mois de ponte (novembre, décembre, janvier) sur l'ensemble des plages d'EUROPA. Chaque valeur est accompagnée d'un intervalle de ± 2 écarts-types
 Top : Number of female emergence tracks for the three main nesting months (november, december, january) on the Meteorological Station Beach of EUROPA. Bottom : Estimation of hatchlings production from eggs laid-on during the same three main months (november, december, january) for all beaches of EUROPA

de transformation du nombre de traces en nombre de pontes en éliminant les traces de séquence de ponte avortée. Compte tenu de la variabilité des résultats, ce facteur k_2 est estimé pour chaque site de ponte à partir d'observations pluri-annuelles, comme précédemment par le rapport de deux variables aléatoires (tabl. II : EUROPA $k_2 = 0,66$, var $k_2 = 0,0095$; TROMELIN $k_2 = 0,56$, var $k_2 =$

$0,00384$). Les données de HUGHES (1974, a) ont été utilisées dans ce calcul.

3.2. Nombre de pontes par saison

Disposant d'une estimation du nombre de traces et d'un coefficient de transformation des nombres de traces en nombre de pontes, affecté de sa variance

TABLEAU II

Facteur k_2 de transformation du nombre de traces en nombre de pontes, à partir de l'analyse de la durée des intervalles entre deux montées à TROMELIN (1973/74-1983/84) et EUROPA (1970-1984/85)

Conversion factor k_2 of number of emergence track to number of nests, using intervals duration between two successive emergences at TROMELIN (1973/74-1983/84) and EUROPA (1970-1984/85)

TROMELIN					
	1973/74 BATORI	1977 LEBEAU (1)	1981/82	1982/83 (2)	1983/84 (3)
Nombre d'intervalles total (x_i)	495	576	1 446	1 492	3 029
<8 jours	291	521	709	518	1 330
(y_i) >8 jours	205	55	737	975	1 697
%	41,33		50,97	65,30	56,09
$k_2 = r = \frac{\bar{y}}{\bar{x}} = 0,5592$, var $k_2 = 0,00384$					

- (1) durée de mission courte (21 jours), non utilisé pour le calcul k_2
- (2) calculé pour novembre, décembre 1982
- (3) calculé pour décembre, novembre, janvier, février

EUROPA									
	1970 HUGHES (1)	1973 1974 SERVAN (2)	1978 1979 LEBEAU	1979 1980	1980 1981	1981 1982	1982 1983	1983 1984	1984 1985
Nombre d'intervalles total (x_i)	1005	84	318	87	108	396	604	1259	545
<8 jours	462	28	90	31	34	63	167	344	163
(y_i) >8 jours	543	56	228	56	74	333	437	915	382
%	54,02	66,67	71,70	56,25	68,57	84,09	72,35	72,68	70,09
$k_2 = r = \frac{\bar{y}}{\bar{x}} = 0,66$, var $k_2 = 0,0095$									

- (1) HUGHES (1974, a ; tableau 13) (54,02 % = Successful + Doubtfull emergences)
- (2) SERVAN (1977, Fig. 5)

inter-annuelle, on peut calculer, pour chaque saison de ponte et pour la période d'observation, une estimation du nombre de pontes sur les sites (tabl. V et VI).

3.3. Source d'erreur

Pour l'évaluation, le facteur k_2 de transformation du nombre de traces en nombre de pontes est probablement le plus important et doit faire l'objet d'études plus précises. L'application d'un coefficient affecté d'une variance inter-annuelle est une première approximation. On sait que le nombre de montées sans ponte dépend de plusieurs phénomènes. Le marquage des femelles rencontrées au cours des nuits d'observation provoque des perturbations

du comportement des animaux ; cette perturbation est d'autant plus importante qu'en période d'abondance de femelles sur les plages, le marquage est effectué au moment de la rencontre avec l'animal et pas seulement pendant ou après l'oviposition. A cette perturbation s'ajoutent d'autres facteurs, telle la morphologie de la plage, la nature du sable...

Le pourcentage de montées avec ponte, varie mensuellement au cours de la saison d'observation. Ces observations ont été faites pour les deux saisons 1982-83 et 1983-84. Il conviendrait donc de calculer un coefficient k_2 de transformation du nombre de traces en nombre de pontes sur une base mensuelle ou bi-mensuelle.

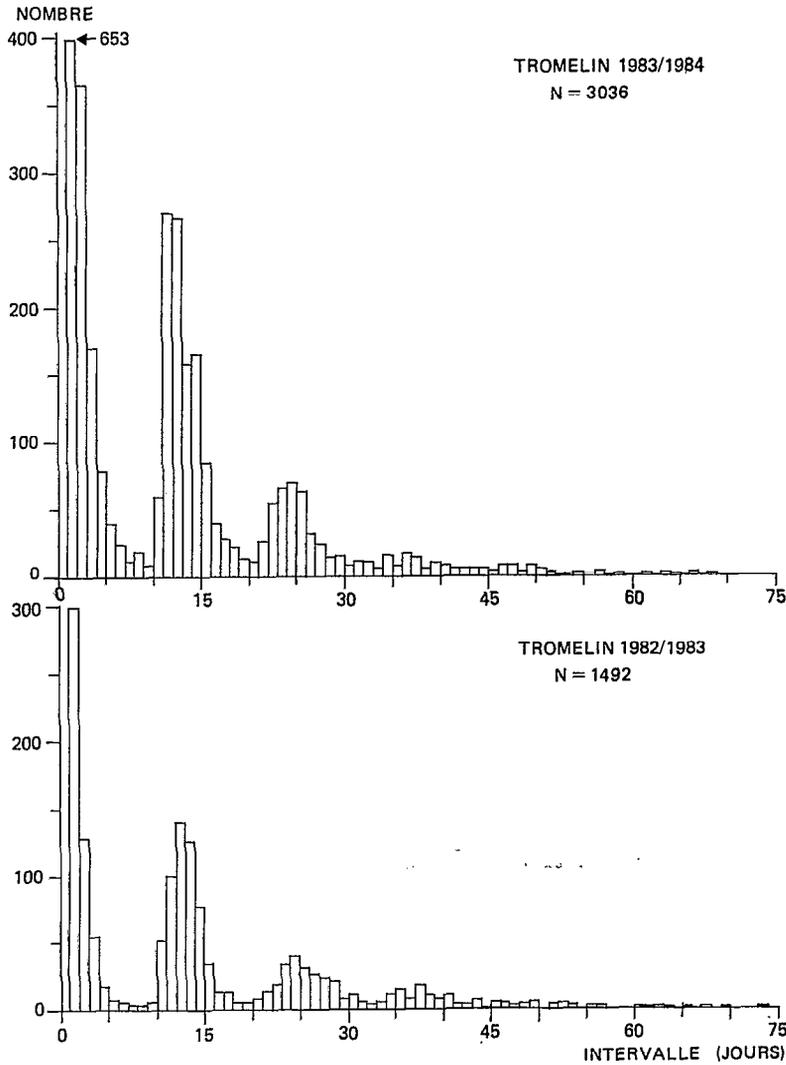
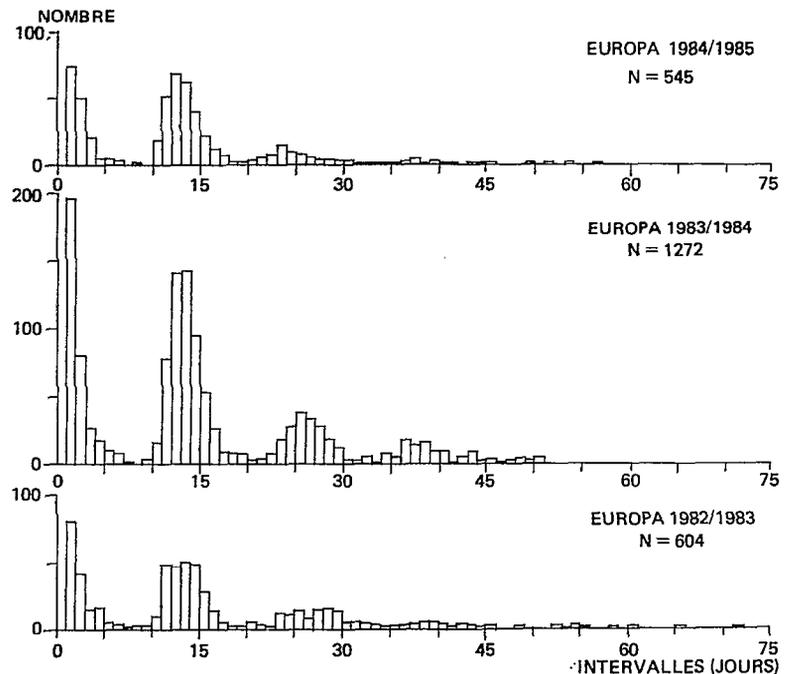


FIG. 4. — Distribution de fréquences des intervalles de nidification (entre deux captures successives) sur l'ensemble de la saison d'observation (4 mois) pour les plages de TROMELIN

Frequency distribution of intervals between observed nesting emergences for the whole nesting season (4 months) on TROMELIN

FIG. 5. — Distribution de fréquences des intervalles de nidification (entre deux captures successives) sur l'ensemble de la saison d'observation (4 mois) pour la plage de la Station météorologique d'EUROPA

Frequency distribution of intervals between observed nesting emergences for the whole nesting season (4 months) on the Meteorological Station Beach on EUROPA



4. ESTIMATION DU NOMBRE D'ŒUFS PONDUS

4.1. Comptage d'œufs par ponte

Quatre techniques ont été utilisées.

a) La technique utilisée en 1978/79 (par *LEBEAU et coll.*) sur 22 pontes consiste à fouiller les nids récemment éclos, afin de reconnaître le nombre total d'œufs pondus, le nombre d'œufs fécondés, infertiles et le nombre de tortues mortes dans le nid.

b) Si l'on repère une tortue débutant sa ponte, la technique consistera à dégager un passage jusqu'au nid pour glisser une main sous le cloaque de la tortue de façon à ajouter une précision tactile au comptage visuel des œufs. Les quelques œufs précédemment pondus seront complétés au préalable, puis remis dans le nid avant la fin de la ponte. Il faut éviter de toucher les parties génitales de la tortue, ces contacts répétés provoquent chez certaines d'entre elles un arrêt prématuré de la ponte.

c) Lorsqu'un nombre important d'œufs a déjà été pondu, on attendra la fin complète de la ponte. Lorsque la tortue commencera à reboucher le nid, elle sera déplacée, le nid sera creusé et les œufs comptés. Après avoir remis les œufs en place et rebouché le nid, la tortue sera remise à proximité du nid de façon à lui permettre de terminer sa séquence. Cette troisième technique est physiquement plus difficile pour l'observateur et plus perturbante pour l'animal.

d) Lors de la saison de ponte 1983-84, une autre procédure a été utilisée, qui permet de réaliser plusieurs comptages par nuit. La méthode consiste à repérer la femelle en cours de ponte et à repérer le nid par un piquet et laisser la femelle réaliser entièrement sa ponte. Le comptage des œufs est réalisé le lendemain matin en fouillant le nid et en enlevant les œufs pour les compter avant de les remettre en place. Cette méthode est proche de celle utilisée lors des transplantements de nid pour incubation et éclosion contrôlée.

4.2. Nombre moyen d'œufs par ponte

Les résultats issus de ces quatre techniques sont proches ou identiques à ceux des observateurs précédents : *HUGHES* (1974, a et b), *SERVAN* (1976), *BATORI* (1974). Le nombre moyen d'œufs par ponte calculé est de 135 (écart-type à la moyenne : 2) pour *TROMELIN* (tabl. III) et 148 (écart-type à la moyenne : 5) pour *EUROPA* (tabl. IV).

4.3. Estimation du nombre d'œufs pondus par saison

Disposant d'une estimation du nombre de pontes (et de sa variance) et du nombre moyen d'œufs par ponte (et de sa variance), le nombre total d'œufs pondus par site par saison pendant la période d'observation est estimé comme le produit de deux variables aléatoires (tabl. V et VI).

4.4. Discussion

Compte tenu des nombreux comptages d'œufs réalisés durant la période de 15 années, on peut considérer que le nombre d'œufs pondus par ponte est bien connu. Il importe d'analyser la signification des écarts entre les observations. Il est probable que les écarts pourraient être expliqués, outre par la relation avec le poids de la femelle, par le numéro d'ordre de la ponte dans la saison (début ou fin). Il importe de raisonner en termes de fécondité individuelle par saison de ponte et de fécondité sur l'ensemble de la vie de la femelle (*MROSOVSKY*, 1983 ; *FRAZER*, 1984).

5. ESTIMATION DE LA PRODUCTION DE NOUVEAU-NÉS

5.1. Taux d'émergence total

Méthode: ce paramètre final essentiel pour le calcul de la production de jeunes a fait l'objet d'observations depuis 1970 sur *EUROPA* et *TROMELIN*. Elles consistent à suivre un nid après dénombrement des œufs, repérage par un piquet individualisé, jusqu'à l'émergence des juvéniles et pendant 8 jours après la première émergence. Un mois et demi après la date de ponte, un collecteur (cylindre de grillage en plastique) est placé autour du piquet. Lors de leur émergence, les petites tortues seront prisonnières du collecteur et ainsi protégées des prédateurs (frégates, rats). Elles seront lâchées en mer après comptage. Le collecteur restera en place quelques jours, puis le nid sera fouillé de façon à dénombrer les œufs infertiles et les juvéniles étouffés, et à calculer la durée d'incubation et les taux de fertilité, d'éclosion et d'émergence totale.

Les résultats obtenus sur chaque nid en 1982/83, 1983/84 et 1984/85 (tabl. III et IV) conduisent à l'estimation de valeurs moyennes de taux d'émergence par saison et par site, soit 60 à 70 % environ pour *EUROPA* et 36 à 60 % pour *TROMELIN*. Ces résultats concordent et complètent ceux obtenus durant les saisons précédentes : *HUGHES* (1974, a et b), *SERVAN* (1976), *BATORI* (1974).

TABLEAU III

Nombre d'œufs par ponte et taux d'émergence sur TROMELIN (1971-1984)

Summary of biological data on number of eggs by nest, hatching rates, incubation time collected on TROMELIN (1973/74-1983/84)

Année Saison	1971 (1)	1974 (2)	1981 1982	1982 1983	1983 1984
Nombre de pontes	30	34		39	43
Nombre d'œufs	79-230		135	132	67-175
. moyenne	124	136		581,9	132
. variance	961	240		39	642,7
. nombre de pontes	30	34			43
Fertilité %					
. moyenne	92,2	95			
. variance	70,22				
. nombre de pontes	30				
Ecllosion %					
. moyenne	76,34				
. variance	426,01				
. nombre de pontes	30				
Emergence totale			92	59,7	36,25
. moyenne %	69,84	77,08		195,45	98,08
. variance	486,20	376,75		13,98	6
. nombre de pontes	30	34			
Emergence diurne					22,62
. moyenne %					119,75
. variance					6
. nombre de pontes					
Proportion émergents diurnes					35,44
nombre de pontes					1627
					22
Incubation (jours)		67		57,8	50,75

(1) HUGHES (1974, b ; tableau 24)

(2) BATORI (1974, tableau 11)

TABLEAU IV

Nombre d'œufs par ponte et taux d'émergence sur EUROPA (1970-1985)

Summary of biological data on number of eggs by nest, hatching rates, incubation time collected on EUROPA (1970-1984/85)

Année Saison	1970 (1)	1974 (2)	1978 1979	1982 1983	1983 1984	1984 1985
Nombre de pontes	27	5		40	69	45
Nombre d'œufs	75-238				78-184	96-184
. moyenne	142	147	154	145	139	153
. variance	1232	1330	306	424	521	529
Fertilité %						
. moyenne	93,9	96,8	95,4			
. variance						
Ecllosion %						
. moyenne	84,9	91,8	90,3			
. variance						
Emergence totale						
. moyenne %	77,6	85,4	83,8	67,4	58,59	68-68
. variance	243,9	71,9		84,89	35,92	10,25
. nombre de pontes	27	5		5	18	
Emergence diurne		25,0			7,91	
. moyenne					1,41	
. variance					19	
. nombre de pontes						
Proportion émergents diurnes					8,09	
nombre de pontes					586,9	
					43	
Incubation (jours)		58-99	50-60	56-72	62-84	50-75

(1) HUGHES (1974, b ; tableau 24)

(2) SERVAN (1976, moyenne p. 453, tableau x a pour variance)

Discussion: Le premier problème posé actuellement est celui de la prédation par les rats, sur TROMELIN, prédation extrêmement importante en 1983-84, qui s'exerce à tous les stades, dès la ponte, pendant l'embryogénèse et pendant les émergences. Une action de dératisation a été menée sur TROMELIN au premier semestre 1984, à la suite des recommandations de la mission CITES en mars 1984.

Les difficultés apparaissent dans le suivi du nid au cours de la période d'incubation. Pendant leur montée nocturne, des tortues peuvent déplacer et enfouir les piquets qui repèrent les nids.

Le suivi quotidien des piquets et des collecteurs permet de limiter les pertes de cette sorte. L'emploi de piquets plus solides et plus longs (fer à béton) s'est révélé très efficace lors de la saison 1984/85.

Compte tenu de la grande variabilité par nid et par saison de ce taux d'émergence, la moyenne inter-annuelle ne signifie pas grand chose. Il est donc nécessaire de réaliser un suivi continu des pontes par saison et d'utiliser les valeurs saisonnières disponibles. On n'utilisera un taux moyen annuel affecté d'une variance inter-annuelle qu'en l'absence de valeur saisonnière.

5.2. Taux d'émergence diurne

Saisons 1978-1982/83

Aucune estimation expérimentale ou valeur de ce point capital n'avait été réalisée (ou publiée) avant la saison 1981-82. Les seules données disponibles pour l'estimation de ce taux étaient les déclarations du nombre de juvéniles récoltés de jour pour les besoins de l'élevage à la Réunion et le nombre de nids sur lesquels ont porté les récoltes à TROMELIN.

A TROMELIN, les nombres de juvéniles émergés de jour et collectés pendant la saison 1978-79 peuvent être corrélés au nombre de traces estimé sur les plages du Nord (plage de la Station, baie aux Congrès et Grande plage) (LEBEAU *et al.*, 1979). Ces auteurs avaient estimé que la récolte moyenne effectuée sur une émergence diurne était de l'ordre de 80 juvéniles. Avec un coefficient moyen de transformation du nombre de traces en nombres de pontes de 0,56 (tabl. II), le nombre de nids collectés en émergence diurne représente approximativement 3 % du nombre estimé de pontes. C'est un ordre de grandeur minimum à EUROPA où l'étendue des plages ne permettait pas dans les conditions de travail de 1978-79 de ramasser la totalité des émergences diurnes observées.

Saison de ponte 1983-84

Compte tenu de l'importance de ce paramètre pour la détermination de l'effectif de tortues juvéniles

émergentes de jour et potentiellement disponibles à la prédation par les frégates ou la collecte pour l'élevage, un effort particulier de recherche a été mené sur les deux sites pendant les deux saisons. Chaque nid repéré, dont le nombre d'œufs a été décompté, est pourvu 50 jours après la ponte d'un collecteur (grillage en plastique) destiné à retenir les juvéniles, à prévenir la prédation par les oiseaux et les rats et à permettre le comptage des émergents de nuit et de jour.

La collecte séparée des émergents diurnes et nocturnes par nid, en sommant pour l'ensemble des séquences d'émergence (du premier au dernier jour d'émersion pour le nid), permet de calculer le *taux d'émergence diurne* p_2 . Ce taux est donc le simple rapport de la somme des émergents diurnes au nombre d'œufs pondus. A TROMELIN en 1983/84, sur 40 nids repérés, 6 seulement ont été exploités. Selon cette technique, à EUROPA, 19 des 70 nids exploités ont servi aux études. On dispose donc pour chaque site de ponte d'un échantillonnage par grappes (6/40, 19/70) à effectifs variables et d'échantillons sur lequel on appliquera la méthode d'estimation des proportions et de la variance des proportions (COCHRAN, 1977) (TROMELIN : tabl. III; EUROPA : tabl. IV).

Les observations ont été réalisées sur EUROPA, uniquement : sur 45 nids repérés, 37 nids ont fourni des éléments pour le calcul du taux d'émergence total, et 5 seulement ont produit des émergences diurnes (tabl. IV).

Le décompte journalier des émergents diurnes et nocturnes par nid permet de calculer pour chaque période de 24 heures et pour chaque nid *la proportion d'émergents diurnes* par rapport aux émergents totaux (diurne et nocturne). Cette autre estimation du phénomène de l'émergence diurne présente deux avantages. Le premier est qu'elle est fondée sur un plus grand nombre d'observations, et, par ailleurs, les données quotidiennes acquises sont exploitables, même si un nid est détruit (par les rats) ou un collecteur déplacé (par une tortue) avant que toutes les émergences aient été réalisées (TROMELIN : tabl. III ; EUROPA : tabl. IV).

Il ne s'agit donc pas de deux estimations du même paramètre : d'une part, on estime le taux global d'émergence diurne par rapport aux œufs pondus, d'autre part, on estime la proportion d'émergence diurne sur une séquence d'émersions. Néanmoins, il est utile de comparer ces deux approches de l'émergence diurne. La distribution des deux séries pour les mêmes nids montre que celles-ci sont discontinues, éclatées en deux classes extrêmes, soit de 90 à 100 % d'éclosion diurne les jours de forte pluie diurne, d'une part, et, d'autre part, la classe regroupant 0 à 10 % d'émergences diurnes les jours de faible ou sans pluie diurne. On constate également

que la technique des proportions d'émergents diurnes calculées par période de 24 heures conduit à des valeurs d'émergence diurne plus fortes affectées d'une variance plus forte (tabl. III et IV).

Conclusion: dans l'état actuel des données issues des saisons 1983/84 et 1984/85, il faut tenir pour mal connu ce paramètre du taux d'émergence diurne et accentuer l'effort de recherche sur ce phénomène.

5.3. Extrapolation de la période d'observation à l'ensemble de l'année

On dispose pour cette estimation des observations de SERVAN (1976) pour l'année 1973/74 sur EUROPA et de BATORI (1974) pour l'année 1973/74 sur TROMELIN. Sur chaque site le nombre de traces de pontes a été estimé ou relevé par mois, ainsi que le pourcentage de fréquentation par saison de ponte de 3 mois, par rapport à l'ensemble de l'année : soit pour l'année 1983/84 50 % à EUROPA, et 62 % à TROMELIN, d'après LEBEAU (1979) (tabl. V et VI).

En 1983/84, un système de comptage quotidien de traces de ponte pour l'ensemble de l'année a été mis en place dès juin 1983 pour chaque site et permet donc de disposer d'un coefficient d'extrapolation de l'activité de ponte de 3 mois à l'ensemble de l'année 1983/84, soit 70 % à EUROPA et 48 % à TROMELIN.

Dans l'état actuel, il apparaît nécessaire de limiter l'application de ce coefficient d'extrapolation aux années d'observation (1973/74 et 1983/84) et de limiter pour les autres années l'estimation de la production de jeunes à la période durant laquelle le comptage de traces, base du système, est réalisé par les observateurs durant leur séjour sur les sites de ponte (tabl. V et VI).

5.4. Synthèse des estimations de production de jeunes tortues (1970-84)

Un tableau récapitulatif, par saison de ponte étudiée de 1970 à 1984/85, des résultats de chaque étape de l'évaluation de la production de tortues nouveau-nées a été dressé pour chaque site de ponte : TROMELIN (tabl. V) et EUROPA (tabl. VI). Ce récapitulatif indique les valeurs annuelles et les moyennes inter-annuelles utilisées (ou les valeurs substituées, faute de données expérimentales annuelles) pour chaque paramètre de la chaîne d'évaluation (exemple : nombre d'œufs par ponte, taux d'émergence, etc.).

A TROMELIN, le nombre estimé de jeunes tortues émergées et issues des trois mois de ponte principaux (novembre, décembre, janvier) a varié très sensiblement pour les trois dernières saisons 1981/82 à 1983/84 de 150 à 300 000 individus (fig. 2). La variance associée à chaque estimation sur

TABLEAU V

Récapitulatif des estimations (et variances) de la production de traces, pontes, œufs et de jeunes pour les trois mois de ponte : novembre, décembre, janvier, à TROMELIN 1973/74-1983/84

Synoptic of estimates (and variances) of number of emergence tracks, nests, eggs and hatchlings production for the three major nesting months : november, december, january at TROMELIN 1973/74-1983/84

	Nombre de traces de montées (1)	Nombre de pontes (2)	Nombre moyen d'œufs par ponte	Nombre d'œufs produits	Taux d'émergence global	Nombre de nouveau-nés total 3 mois	Nombre de nouveau-nés total 12 mois (6) (7)
1973-74 (3)	5 823	3 260	136	443 480 ₉	. 6 984	309 726 ₉	461 491 ₉
Variance	0	130 204	7,06	2,484 10 ⁹	. 0016	1,530 10 ⁹	3,396 10 ⁹
1981-82	5 102	2 857	135	385 711 ₉	. 7 708	297 306 ₉	
Variance	0	99 956	14,95	1,945 10 ⁹	. 0011	1,321 10 ⁹	
1982-83 (4)	5 171	2 895	132	382 240 ₉	. 597	228 197 ₉	
Variance	0	102 679	8,43	1,860 10 ⁹	. 0195	3,548 10 ⁹	
1983-84 (4)	5 703	3 193	132	421 565 ₉	. 362	152 606 ₉	250 173 ₉
Variance	0	124 893	14,95	2,330 10 ⁹	. 0098	2,069 10 ⁹	5,560 10 ⁹

(1) Inventaire sur l'ensemble de l'île

(2) Facteur de transformation traces/pontes ($k_2 = 0,56$, var 0,00384)

(3) BATORI - 1973-74 : 3 mois du 17/10/73 au 10/01/74

(4) 3 mois : novembre + décembre + janvier sur quatre mois d'observation

(5) Variance utilisée = variance de la saison 1983/84 (sur 69 pontes)

(6) Extrapolation à l'ensemble de l'année et d'après BATORI (1974), in LEBEAU (1979) $k = 67 \%$

(7) Extrapolation à l'ensemble de l'année 06/83-06/84 pour 3 mois $k = 61 \%$ et 4 mois $k = 86 \%$

TABLEAU VI

Récapitulatif des estimations (et variances) de la production de traces, pontes, œufs et de jeunes pour les trois mois de ponte : novembre, décembre, janvier à EUROPA 1970 à 1984/85

Synoptic of estimates (and variances) of numbers of emergence tracks, nests, eggs and hatchlings production for the three major nesting months: november, december, january at EUROPA 1970 to 1984/85

Saison	Nombre de traces de montées			Nombre de pontes		Nombre moyen d'œufs par ponte	Nombre total d'œufs pondus	Taux émergence total	Nombre de nouveau-nés par saison 3 mois	Nombre de nouveau-nés par année (9) (10)	
	Plages Station	Plages du Nord	Autres plages	Ensemble de l'île	Station						Ensemble
		(3)	(4)		(5)						
1970 (1) 40 jours Variance	1 494		15 926	17 420 9,03 10 ⁶	986 21 204	11 497 6,90 10 ⁶	142 45,63	1,63 10 ⁶ 1,45 10 ¹¹	0,77 0,0009	1,257 10 ⁶ 8,89 10 ¹⁰	
3 mois (2) Variance	7 096		75 643 203,7 10 ⁶	82 740 203,7 10 ⁶	4 683 478 355	54 607 155,7 10 ⁶	142 45,63	7,754 10 ⁶ 3,283 10 ¹²	0,77 0,0009	5,970 10 ⁶ 2,003 10 ¹²	
1973-74 3 mois Variance	721		7 685	8 406 2,103 10 ⁶	475 4 938	5 548 1,607 10 ⁶	147 266	815 633 4,335 10 ¹⁰	0,85 0,0014	693 288 3,231 10 ¹⁰	1,386 10 ⁶ 1,292 10 ¹¹
1978-79 3 mois Variance	1 945		20 733	22 678 15 306 10 ⁶	1 283 35 958	14 967 11698 10 ⁶	154 7,55 (7)	2,305 10 ⁶ 2,792 10 ¹¹	0,83 0,0039	1,913 10 ⁶ 2,141 10 ¹¹	
1980-81 3 mois Variance	1 107		11 800	12 907 4,958 10 ⁶	730 11 641	8 518 3,789 10 ⁶	139 7,55 (7)	1,184 10 ⁶ 7,378 10 ¹⁰	0,67 0,0016 (8)	793 281 3,548 10 ¹⁰	
1981-82 3 mois Variance	1 059		11 289	12 347 4,537 10 ⁶	698 10 654	8 149 3,467 10 ⁶	139 7,55 (7)	1,132 10 ⁶ 6,753 10 ¹⁰	0,67 0,0016 (8)	758 918 3,247 10 ¹⁰	
1982-83 3 mois Variance	2 044		21 789	28 833 16903 10 ⁶	1 349 39 690	15 729 12 920 10 ⁶	145 10,60	2,280 10 ⁶ 3,580 10 ¹¹	0,67 0,0084	1,528 10 ⁶ 2,075 10 ¹¹	
1983-84 3 mois Variance	3 205	28 284	11 313	39 600 11,9 10 ⁶	2 115 97 584	26 136 20 203 10 ⁶	139 7,55	3,632 10 ⁶ 3,956 10 ¹¹	0,5859 0,0036	2,128 10 ⁶ 1,847 10 ¹¹	
1984-85 3 mois Variance	977			12 836 1,140 10 ⁶	644 9 068	8 471 2,072 10 ⁶	153 11,67	1,296 10 ⁶ 4,938 10 ¹⁰	0,6868 0,0010	890 215 2 506 10 ¹⁰	1,271 10 ⁶ 5,115 10 ¹⁰

- (1) HUGHES (1974 a, tableau 12) : minorant du nombre de femelles rencontrées du 6 au 30/11/70
- (1) (4) Rapport plage Station/autres plages calculé sur 1970/1985 (tableau I) : $k_1 = 10,66$ var $k_1 = 4,046$
- (2) Valeur estimée pour 3 mois à partir de novembre 1970, sur la série 1970/84 : $\bar{r} = 4,75$, var $r = 0,22$ sur données tableaux 2 et 3
- (3) Rapport plages du Nord/ensemble autres plages calculé en 1983/84 : $r = 2,5$, var $r = 0,63$ ou inverse $r = 0,40$, var $r = 0,0149$
- (5) Coefficient transformation nombre de traces en nombre de pontes $k_2 = 0,66$ var $k_2 = 0,0095$ (tableau II)
- (6) Variance calculée comme la moyenne des saisons 1970/71 ; 1982/83 ; 1983/84
- (7) (8) Substitution par moyenne et variance de la saison 1983-84
- (9) Extrapolation à l'année à partir de SERVAN (1976) (tableau 9) pour 3 mois ($k = 50\%$) novembre, décembre, janvier
- (10) Extrapolation à l'année 06/83-06/84 (cf. texte) pour 3 mois ($k = 70\%$) novembre, décembre, janvier.

TROMELIN est plus faible que celle calculée sur EUROPA, en raison de la taille de l'île qui permet un inventaire exhaustif quotidien du nombre de traces. L'apparente diminution du nombre de nouveau-nés produits au cours des trois dernières saisons est exclusivement due aux estimations annuelles des taux d'émergence total (de 92 à 36 % : tabl. III). Le nombre de traces de montées par saison est remarquablement stable (de l'ordre de 5 100 à 5 800) pour la période d'observation 1973/74-1983/84 (tabl. V).

A EUROPA, le nombre estimé de tortues jeunes

émergées et issues des trois mois de ponte équivalents (novembre, décembre, janvier) varie de 0,7 à 2,12 millions d'individus de 1973/74 à 1984/85. A chaque estimation est associée une variance importante en raison de l'incertitude accumulée à chaque étape de l'évaluation, et particulièrement lors de l'estimation du nombre de traces sur l'ensemble de l'île (fig. 3).

CONCLUSION

L'effort soutenu de recherches sur les sites de ponte de la tortue verte *Chelonia mydas* de TROME-

LIN ET EUROPA, dans l'océan Indien Sud-Ouest, a été durant les six dernières années 1979-1985 très motivé par la nécessité de prélever des jeunes tortues sur ces sites en vue de leur « ranching » commercial à la Réunion.

Ces recherches ont permis de chiffrer objectivement, avec un certain niveau de confiance statistique, la production de tortues nouveau-nées par saison de ponte (novembre à janvier inclus) : les estimations varient entre 0,80 million d'individus pour l'ensemble des deux îles, estimation la plus basse, et 2,50 millions pour l'estimation la plus élevée.

Le phénomène essentiel qui domine est la grande variabilité de production de jeunes émergents d'une saison à l'autre due à la variation importante, d'une année à l'autre, du nombre de femelles adultes fréquentant les sites de ponte. Cette variation peut atteindre un ordre de grandeur de 1 à 5 sur deux années successives, phénomène qui avait été bien établi sur les populations de tortue verte d'Australie : variation maximale de 1 à 12 (LIMPUS, 1982), et de Costa Rica : variation de 1 à 6 (MEYLAN, 1982).

Le problème posé était l'estimation de l'impact

du prélèvement de 6 à 15 000 individus par an (tous émergents diurnes) sur l'évolution de la taille de population d'adultes à long terme. Compte tenu des estimations de productions de nouveau-nés (0,8 à 2,5 millions d'individus) et la grande variabilité annuelle de cette production, il apparaît que ce prélèvement annuel ne semble pas en mesure d'influer sur l'évolution numérique des populations de tortue verte de la zone.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier l'ensemble des observateurs qui ont contribué physiquement à la collecte des données sur les sites de ponte depuis 15 années : Dr G. HUGHES, initiateur du programme et centralisateur des données de recaptures jusqu'en 1983, MM. SERVAN et BATORI, continuateurs du programme dans le cadre de la Météorologie Nationale et l'ensemble du personnel ISTPM/IFREMER : MM. BIAIS, BOSCH, CHATEAU, DEGROTE, DURAND, GOBERT, TAQUET et TELMAR.

Manuscrit accepté par le Comité de rédaction le 12 novembre 1985

BIBLIOGRAPHIE

- BALAZS (G. M.), 1980. — Synopsis of biological data on the green turtle in the Hawaiian islands. NOAA-TM-NMFS-SWFC-7.
- BATORI (G.), 1974. — Rapport d'activité. Ile TROMELIN. Note ronéotypée 15 p., Centre de Prévision météorologique, La Réunion.
- COCHRAN (W. G.), 1977. — Sampling techniques, 3rd edition. Wiley and Sons, New York, 413 p.
- FRAZER (N. B.), 1984. — A model for assessing mean age-specific fecundity in sea turtle populations. *Herpetologica*, 40 (3) : 281-290.
- HIRTH (H. F.), 1971. — Synopsis of biological data on the green turtle. *Chelonia mydas* (Linnaeus) 1758. FAO Fisheries synopsis, 85 : pag. var.
- HUGHES (G. R.), 1970. — The status of sea turtles in South East Africa, Madagascar and the Mascarenes (1). Europa Island. Roneo. Rept. Oceanogr. Inst., Durban : 1-47.
- HUGHES (G. R.), 1974, a. — The Sea Turtles of South East Africa. I — Status, morphology and distribution. Oceanographic Research Institute. *Investigational Report*, 35, 144 p., Durban, South Africa.
- HUGHES (G. R.), 1974, b. — The Sea Turtles of South East Africa. II — The biology of the Tongaland Loggerhead Turtle *Caretta caretta* L. with comments on the Leatherback Turtle *Dermochelys coriacea* L. and the Green Turtle *Chelonia mydas* L. in the study region. Oceanographic Research Institute. *Investigational Report*, 36, 96 p., Durban, South Africa.
- HUGHES (G. R.), 1982, a. — Conservation of sea Turtles in the Southern Africa Region, in *Biology and Conservation of Sea Turtles*. Proc. World Conference on Sea Turtle Conservation. Washington, Nov. 1979. BJORN DAL K.A. (Ed.), Smithsonian Institution Press Books, Washington : 397-404.
- HUGHES (G. R.), 1982, b. — Nesting Cycles in Sea Turtles Typical or Atypical, in *Biology and Conservation of Sea Turtles*. Proc. World Conference on Sea Turtle Conservation. Washington, Nov. 1979. BJORN DAL K.A. (Ed.), Smithsonian Institution Press Books, Washington : 81-89.
- LEBEAU (A.), GOBERT (B.) et DURAND (J. L.), 1978. — Rapport sur l'étude de la tortue de mer *Chelonia mydas*. Peuplement, reproduction et biologie des populations des îles TROMELIN et EUROPA. Note ronéotypée, 23 p. ISTPM-Réunion.
- LEBEAU (A.), BIAIS (G.), DURAND (J. L.) et GOBERT (B.), 1979. — La tortue verte, *Chelonia mydas* des îles TROMELIN et EUROPA (océan Indien) : peuplement et reproduction. Note ronéotypée, 89 p. ISTPM-Réunion.
- LE GALL (J.-Y.), LEBEAU (A.) and KOPP (J.), 1984. — Monitoring green turtles at TROMELIN and EUROPA (Indian Ocean) 1970-1984. *Marine Turtles Newsletter*, n° 29 : 2-5.
- LE GALL (J.-Y.), CHATEAU (D.) et BOSCH (P.), 1985. — Rythme de reproduction interannuel des tortues vertes *Chelonia mydas* sur les sites de ponte TROMELIN et EUROPA (océan indien) C.R.Acad.Sc., Paris, 301, série III, 5, 195-200.

- LIMPUS (C. J.), 1982. — The status of Australian Sea Turtles Populations, *in* Biology and Conservation of Sea Turtles Proc. World Conference on Sea Turtle Conservation. Washington, Nov. 1979. BJORNDALE K. A. (Ed.), Smithsonian Institution Press Books, Washington : 297-303.
- MEYLAN (A.), 1982. — Estimation of Population Size, in Sea Turtles *in* Biology and Conservation of Sea Turtles. Proc. World Conference on Sea Turtle Conservation. Washington, Nov. 1979. BJORNDALE K. A. (Ed.), Smithsonian Institution Press Books, Washington : 135-138.
- MROSOVKY (N.), 1983. — Conserving Sea Turtles. Publication of the British Herpetological Society. London, 171 p.
- SERVAN (J.), 1976. — Ecologie de la tortue verte à l'île EUROPA, Canal du Mozambique. *La Terre et la Vie*, 30 (3) : 421-464.