

ARTICLE ORIGINAL

Les recensements des hippopotames

(*Hippopotamus amphibius L.*)

Etude méthodologique en vue du choix d'un système de dénombrement

par

W. DELVINGT *

SUMMARY

COUNTING HIPPOPOTAMUSES (*Hippopotamus amphibius L.*)
ASSESSING A CENSUS METHOD

Hippopotamuses spend most of the day resting in shallow water, sleeping under the surface's level and appearing periodically above the surface in order to breathe. In order to work out an index of density which would allow to evaluate the variations of hippo's densities in Virunga National Park (Zaïre), the author has studied the main factors affecting the counting accuracy.

The main results are as follows :

- The fraction of time spent above the surface (= R) varies during the day. R is maximum early in the morning, minimum at midday and intermediate in the late afternoon. The reasons of this variation are unknown.
- In presence of waves, even small ones, R decreases.
- The impact of disturbance on hippopotamuses censuses is great but varies according to the type of resting place and to the time of day.

Consequently, hippopotamuses censuses in Virunga National Park must be made between 6h30 and 8h30 a.m., in absence of wind and by using a method which disturbs hippopotamuses the least.

Broadly speaking, this study shows the necessity for each manager of National Park of making preliminary study of the factors affecting the accuracy of countings before adopting a new method of census.

* Ministère de la Région Wallonne. Direction générale des Ressources naturelles et de l'Environnement. Service de la Pêche.
48, Chemin de Pottisseau, B-5150 Wépion.

I. INTRODUCTION

L'utilisation de méthodes de recensement aisées, économiques, reproductibles, suffisamment précises et surtout d'une précision chiffrable, est une condition indispensable pour une étude écologique approfondie des grands mammifères africains. De grands progrès ont été accomplis dans ce sens depuis une quinzaine d'années pour les mammifères de savane.

On pourrait s'attendre à ce que le recensement de mammifères volumineux, bruyants, concentrés le jour dans des zones relativement restreintes et souvent accessibles à l'observateur, comme c'est le cas pour l'hippopotame, soit une tâche aisée. C'est le sentiment que l'on retire de la lecture d'articles scientifiques consacrés à l'hippopotame.

Ainsi VERHEYEN (1954) puis BOURLIERE et VERSCHUREN (1960) ont effectué leurs recensements d'hippopotames du Parc Albert à pied, en suivant les rives. ATTWELL (1963) et ANSELL (1965) ont descendu en barque le cours du Luangwa, au Zambèze. FIELD (1969) a utilisé le comptage direct à partir d'avion et a signalé qu'on obtenait des résultats plus élevés avec le Piper Super Cub, plus maniable et plus lent que le Piper Cruiser. FIELD et LAWS (FIELD 1970) ont utilisé une barque pour leurs comptages mensuels de 1962 à 1966 au Ruwenzori National Park. PIENAAR et al. (1966) ont recensé dès 1956 les hippopotames des rivières permanentes du Kruger National Park mais ils ne décrivent pas la méthode de comptage utilisée. La plupart des auteurs cités admettent que leurs chiffres constituent des valeurs minima. Tous considèrent les valeurs obtenues comme raisonnablement satisfaisantes, sans toutefois tenter de chiffrer la précision obtenue.

Dans le cadre d'un travail de doctorat (de 1971 à 1974), puis comme coordinateur scientifique du projet belgo-zaïrois d'études scientifiques en vue de l'aménagement du Parc National des Virunga au Zaïre (de 1976 à 1985), l'auteur a été amené à constater la grande variabilité des résultats obtenus par les méthodes diverses de recensements d'hippopotames.

Dans une première phase, il a dès lors étudié méthodiquement les facteurs influençant la précision des comptages.



Dans une seconde phase, et en fonction des résultats obtenus lors de la première phase, il a tenté de mettre au point une méthode d'indice d'abondance permettant de suivre les évolutions relatives des populations d'hippopotames au Parc National des Virunga.

Seuls les résultats obtenus lors de la première phase seront exposés ci-dessous.

2. ETUDES PRELIMINAIRES

Le Parc National des Virunga, d'une superficie de 8.090 km², est situé dans la fosse tectonique de l'Afrique centrale entre le lac Mobutu (ancien lac Albert) au Nord et le lac Kivu au Sud.

La zone d'étude est la zone de savanes située au Sud du lac Amin (ancien lac Edouard; zone côtière et plaines alluviales des rivières Rwindi, Rutshuru et Ishasha).

L'étude des facteurs influençant la précision des recensements d'hippopotames nécessite la comparaison de recensements sur des secteurs déterminés, appelés par la suite secteurs-types, où l'on admet que le nombre d'hippopotames reste constant durant la période des recensements, soit de 1 à 5 jours. Il est donc important de s'assurer de la stabilité des groupes d'hippopotames dans ces secteurs.

2.1. STABILITE DES GROUPES AU COURS D'UNE JOURNEE.

A maintes reprises on a survolé en avion (Piper Cub J3), à environ 500 pieds d'altitude, les secteurs-types Kihangiro et baie Kihangiro, au Sud du lac Amin. Les survols se faisaient à 6h45, à 12h et à 17h30.

Un observateur qualifié notait la position et l'importance des groupes sur une carte au 1/3.300 établie préalablement à partir de photos aériennes. A titre d'exemple, la figure 1 montre les résultats obtenus le 4 mai 1974 sur les secteurs-types Kihangiro et baie de Kihangiro.

De nombreuses autres observations faites à l'occasion de l'étude du rythme de plongée ou de recensements à pied confirment la stabilité des groupes au cours d'une journée.

2.2. STABILITE DES GROUPES AU COURS DE 2 A 5 JOURS.

La technique utilisée était la même. Les survols se faisaient à 6h45.

A titre d'exemple, la figure 2 montre les résultats obtenus les 7, 12, 13 et 23 octobre 1973 sur le secteur-type Kihangiro.

D'une façon générale l'ensemble des données obtenues, s'il ne prouve pas que la population reste parfaitement stable durant les quelques jours d'observation, montre tout au moins que les changements sont minimes et n'influencent guère l'étude de la précision des recensements.

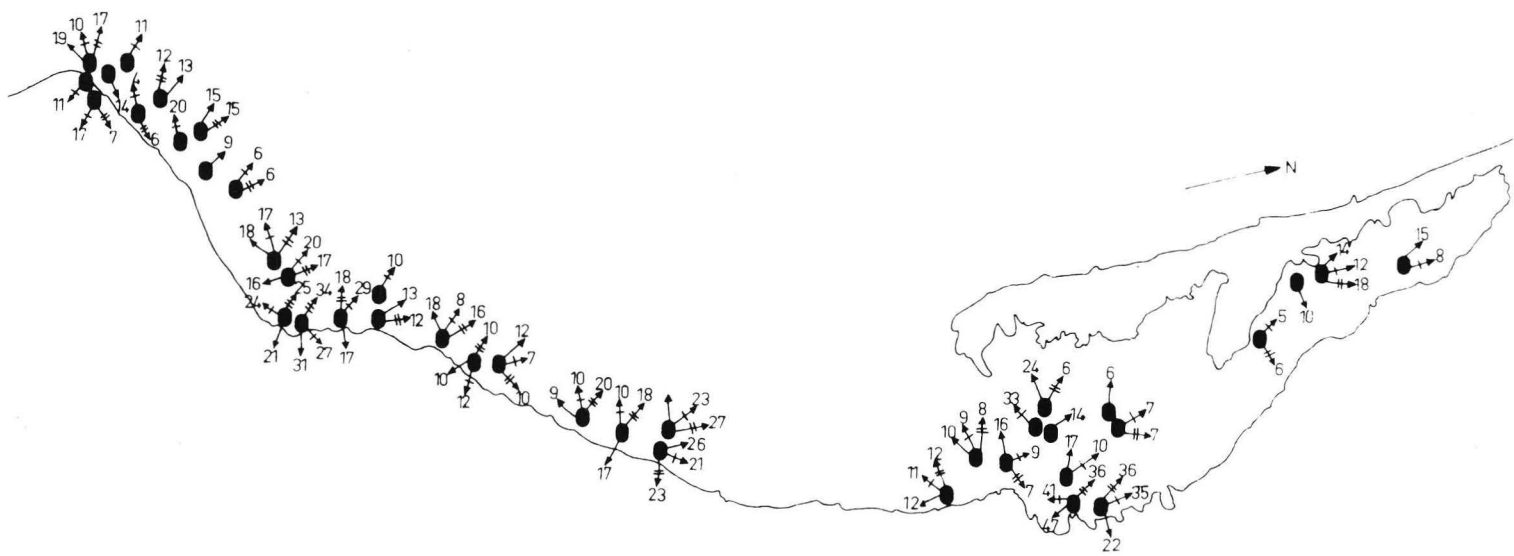

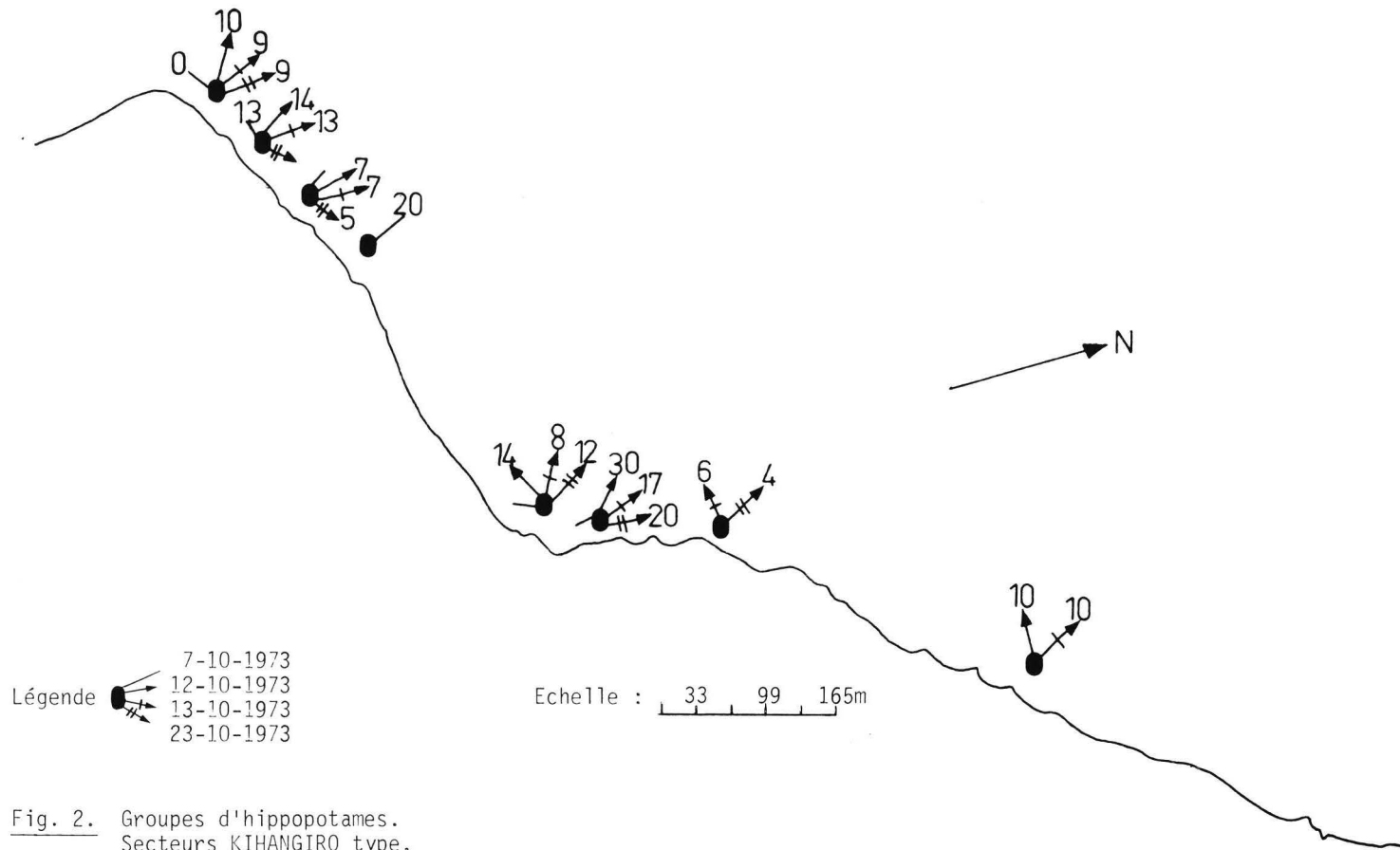


Fig. 1. Groupes d'hippopotames.
Secteurs KIHANGIRO type et baie.

Légende  4-5-1974 (6h45)
4-5-1974 (12h00)
4-5-1974 (17h30)

Echelle :  33 99 165m



2.3. STABILITE DES GROUPES AU COURS DE PERIODES DE PLUSIEURS MOIS.

Elle varie fort d'un endroit à l'autre.

En bordure du lac Amin les variations paraissent relativement faibles.

Néanmoins l'assèchement ou la mise sous eau de mares temporaires entraîne des déplacements de nombreux hippopotames, vraisemblablement des individus dominés (jeunes mâles ou adultes blessés ou malades). Ces migrations locales et temporaires permettent une utilisation poussée de toutes les possibilités du milieu.

3. FACTEURS INFLUENÇANT LA PRECISION DES DENOMBREMENTS

3.1. VARIATIONS JOURNALIERES DU RYTHME DE PLONGEE.

Huit observateurs sélectionnés et spécialement entraînés ont observé, deux par deux, le rythme de plongée d'hippopotames adultes, isolés et situés à la distance la plus courte permettant une observation sans interférence sur le comportement des hippopotames. Quatre séries d'observations ont été faites, totalisant 90 heures 13 minutes 19 secondes en bordure du lac Amin (Kihangiro), 16 heures 4 minutes 57 secondes en bordure de l'Ishasha (Lulimbi) et 12 heures 7 minutes 32 secondes en bordure de la Rutshuru (secteur type n° 6).

Les résultats sont les suivants (exprimés en sec).

15.10.1973 Lac Amin (Kihangiro)

	Plongée ($\sum p$)	Surface ($\sum s$)	(R) $R = \frac{\sum s}{\sum (s + p)}$	Total $\sum (p + s)$
6- 8 h	7.104	8.187	(53,54 %)	15.291
8- 9 h	6.362	4.941	(43,71 %)	11.303
10-12 h	7.297	3.698	(33,63 %)	10.995
13-14 h	1.349	74	(5,20 %)	1.423
14-15 h	12.798	3.555	(21,74 %)	16.353
	34.910	20.455		55.365

16.1.1974 Lac Amin (Kihangiro et Katanda)

6- 7 h	8.185	4.669	(36,32 %)	12.854
11-14 h	9.369	1.936	(17,12 %)	11.305
15-16 h	8.483	2.792	(24,76 %)	11.275
	26.037	9.397		35.434

19 au 22.2.1974 Rivière Ishasha (Lulimbi)

6- 7 h	10.992	7.725	(41,27 %)	18.717
11-13 h	15.728	9.597	(37,90 %)	25.325
17-18 h	10.316	3.539	(25,54 %)	13.855
	37.036	20.861		57.897

La quatrième série d'observations (Rutshuru) sera analysée plus loin.

L'homogénéité de chacune des séries d'observation a été testée par une test χ^2 d'indépendance. Les résultats obtenus sont résumés ci-dessous :

Populations comparées	Degrés de liberté	χ^2 obs = $\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q \frac{n_{ij}^2}{n \hat{p}_{ij}} - n$	Résultat du test
1) L. Amin 15.10.1973 Toutes les populations de mesures.	4	4.320,46	* * *
2) idem 6-8h/ 10-14h	1	1.498,15	* * *
3) idem 10-14h/ 14-15h	1	227,75	* * *
4) idem 6-8h/ 14-15h	1	3.424,42	* * *
5) L. Amin 16.1.1974 Toutes les populations de mesures.	2	1.163,61	* * *
6) idem 6-7h/ 11-14h	1	1.116,45	* * *
7) idem 6-7h/ 15-16h	1	375,41	* * *
8) idem 11-14h/ 15-16h	1	198,78	* * *
9) Rivière Isha- sha 19/22.2. 1974 Toutes les populations de mesures.	2	922,36	* * *
10) idem 6-7h/ 11-13h	1	51,35	* * *
11) idem 6-7h/ 17-18h	1	870,30	* * *
12) idem 11-13h/ 17-18h	1	612,88	* * *

Tous ces résultats sont hautement significatifs. La tendance générale est la suivante : $R = \frac{s}{s+p}$ est maximum tôt le matin, il diminue sensiblement dès 8h30 pour atteindre un minimum vers le milieu de la journée. Il augmente ensuite mais sans atteindre le maximum matinal. Les résultats relatifs à l'Ishasha sont moins nets pour des raisons complexes dont certaines apparaîtront par la suite.

Les variations journalières de R peuvent être dues à des variations du temps moyen de plongée \bar{p} , ou du rythme de plongée ou des deux à la fois. Les tableaux ci-dessous résument les données relatives aux 3 séries d'observations faites :

	N (nb. d'obs.)	\bar{p}	s_p	nb. plongeurs par heure
<u>Lac Amin 15.10.1973</u>	116	51,24	62,69	27,31
	88	72,30	56,87	28,03
	121	60,31	60,41	35,29
	161	79,49	55,81	35,44
<u>Lac Amin 16.1.1974</u>	201	40,72	33,30	23,02
	183	51,20	32,83	37,99
	175	48,47	37,99	23,19
<u>Rivière Ishasha 19/22.2.1974</u>	226	48,64	29,88	44,91
	253	60,19	40,99	36,76
	158	65,29	47,72	41,05

Les variations du temps moyen de plongée \bar{p} ont fait l'objet des analyses suivantes :

1) Lac Amin 15.10.1973

Les variances étant manifestement homogènes, les résultats ont fait l'objet d'une analyse de la variance, résumée ci-dessous.

Source de variations	Somme des carrés	Degrés de liberté	Variances
Totale	1.718.387	485	
Factorielle	34.802	3	Vf = 11.600,67
Résiduelle	1.683.585	482	Vr = 3.492,91

$$F \text{ obs} = \frac{Vf}{Vr} = 3,32$$

Résultat significatif * (F th = 2,62 au niveau $\alpha = 0,05$)

Certaines valeurs de \bar{p} ont été comparées deux par deux, à l'aide du test t de Student - Fisher, en utilisant comme estimateur de la variance commune la variance résiduelle Vr. Les résultats sont les suivants :

Populations comparées	$t = \frac{n_1 + n_2 - 2}{\alpha/2} \sqrt{V_r \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}$	Test
6- 8h/ 8- 9h	16,38	N.S.
6- 8h/14-15h	18,51	*

2) Lac Amin 16.1.1974

Les variances diffèrent peu. Les résultats ont été soumis à l'analyse de la variance.

Source de variations	Somme des carrés	Degrés de liberté	Variances
Totale	684.139	558	
Factorielle	11.428	2	Vf = 5.714
Résiduelle	672.711	556	Vr = 1.209,91

$$F \text{ obs} = \frac{V_f}{V_r} = 4,72$$

Le test est très significatif ** (F th = 4,65 au niveau $\alpha = 0,01$).

Populations comparées	$t = \frac{n_1 + n_2 - 2}{\alpha/2} \sqrt{V_r \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}$	Test
6- 7h/11-14h	9,19	** *
6- 7h/15-16h	7,04	*

3) Rivière Ishasha 19/22.2.1974

Les variances des trois populations de mesures ont été comparées à l'aide du test t :

Populations comparées	F obs	Test
6- 7h/11-13h	1,88	* * *
6- 7h/17-18h	2,55	* * *

Les variances différant très significativement et les effectifs des échantillons étant inégaux, mais élevés, nous avons calculé la variable normale réduite

$$u_{\text{obs}} = \frac{\bar{p}_1 - \bar{p}_2}{\sqrt{\frac{\text{SCE}_1}{n_1(n_1 - 1)} + \frac{\text{SCE}_2}{n_2(n_2 - 2)}}$$

et l'avons comparée à la valeur $u_{1-\alpha/2}$ de la distribution normale réduite. Les résultats sont résumés ci-dessous :

Populations comparées	u_{obs}	Test
6- 7h/11-13h	3,54	* *
6- 7h/17-18h	3,87	* *

D'une manière générale, on constate que les valeurs de \bar{p} sont les plus faibles le matin. Les valeurs de \bar{p} au milieu et à la fin de la journée paraissent plus irrégulières.

Le rythme de plongée (nb plongées/heure) semble osciller autour d'une valeur moyenne, sans qu'on puisse distinguer de variation fort nette. On remarque cependant que le rythme de plongée était plus faible le matin, lors des deux séries d'observations au lac Amin.

Ce schéma n'a cependant rien d'immuable comme le prouvent les résultats des comptages des temps de plongée de 25 hippopotames observés le 7.5.1975 sur le secteur 6 de la Rutshuru par 7 observateurs (dont 5 du groupe d'observateurs précédents) durant un total de 12 heures 7 minutes 32 sec.

Les résultats globaux sont les suivants (en sec) :

	Plongée	Surface	Total
Matin	12.292	3.009 (19,66 %)	15.301
Midi	10.333	2.156 (17,26 %)	12.489
Soir	13.148	2.714 (17,11 %)	15.862
	35.773	7.879	43.652

Les temps passés en surface sont plus courts que ceux trouvés sur le lac Amin et dans l'Ishasha. Les différences entre les temps passés en surface matin, midi et soir sont très atténuées. Néanmoins le schéma général reste valable puisque des tests χ^2 d'indépendance donnent des résultats très significatifs :

Populations comparées	Degrés de liberté	χ^2_{obs}	Résultats
1) Toutes les populations de mesures	2	41,617	* * *
2) Matin/Midi	1	32,155	* * *

Contrairement aux observations précédentes, les valeurs de \bar{p} n'ont pas varié du matin à midi. Le rythme de plongée était légèrement plus faible le matin. Le tableau suivant résume ces résultats :

	N	\bar{p}	nb/heure
Matin	382	32,18	89,89
Midi	320	32,29	92,23
Soir	315	41,74	71,50

Nous ne nous expliquons pas ces différences.

Quoi qu'il en soit, R est donc maximum tôt le matin dans tous les cas observés. Les variations journalières de R se traduisent nettement dans les résultats des dénombrements à pied sur les secteurs types Kihangiro et Rutshuru : maximum matinal, minimum à midi, valeur intermédiaire le soir. Les comptages étaient effectués matin, midi et soir par les mêmes hommes.

A titre d'exemple :

a) Kihangiro 20 au 26.9.1973.

	Matin	Midi	Soir
n	19	17	13
\bar{x}	346,32	187,94	265,54
s^2	1.297,3	1.610,0	1.625,7

L'égalité des variances a préalablement été testée à l'aide du test de Bartlett avec

$$\chi^2_{\text{obs}} = \frac{2,3026 (N - p) \log \frac{\sum_{i=1}^p n_i s_i^2}{N - p} - \sum_{i=1}^p (n_i - 1) \log \frac{n_i s_i^2}{n_i - 1}}{1 + \frac{1}{3(p-1)} \left(\sum_{i=1}^p \frac{1}{n_i - 1} - \frac{1}{N - p} \right)}$$

Les résultats sont les suivants :

χ^2_{obs}	Degrés liberté	Test
0,2322	2	N.S.

Les différences des valeurs des moyennes ont dès lors pu être testées par l'analyse de la variance :

Source de variations	Somme des carrés	Degrés de Liberté	Variances
Totale	298.593	48	
Factorielle	225.389	2	Vf = 112.694,5
Résiduelle	73.204	46	Vr = 1.591,4

$$F_{\text{obs}} = \frac{Vf}{Vr} = 70,81$$

Le test est très significatif * * * ($F_{th} = 8,15$ au niveau $\alpha = 0,001$).

Les moyennes ont été comparées deux par deux en utilisant la variance résiduelle comme estimation de la variance commune.

Populations comparées	$N - p$ t $\alpha/2$	\sqrt{Vr}	$\sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}$	Test
Matin / midi		47,82		* * *
Matin / soir		50,96		* * *
Midi / soir		52,22		* * *

b) Rutshuru (secteur type n° 6) du 13 au 16.11.1974

	Matin	Midi	Soir
n	28	28	28
\bar{x}	421,39	353,82	367,04
s^2	1.201,86	3.158,42	781,9

On note la grande dispersion des résultats lors des dénombrements de midi. Des tests F effectués sur les variances des dénombrements pris deux à deux donnent les résultats suivants :

Populations comparées	F_{obs}	Test
Matin / soir	1,82	N.S.
Matin / midi	5,25	* * *

Une analyse de la variance donnerait des résultats douteux. Comme les mêmes observateurs ont effectué les mesures matin, midi et soir, on a comparé les populations deux à deux en utilisant le test t par paires.

Les résultats sont les suivants :

Populations comparées	différence des moyennes	t _{obs}	Test
Matin / midi	67,57	5,23	* * *
Matin / soir	54,35	7,20	* * *
Soir / midi	13,22	1,58	N.S.

On peut se demander si les résultats inférieurs obtenus lors des comptages à midi par exemple ne peuvent pas s'expliquer par une interférence des observateurs avec les hippopotames observés.

Plusieurs raisons s'opposent à cette hypothèse :

- 1) Les dénombrements du soir donnent des résultats souvent supérieurs à ceux de midi;
- 2) Des dénombrements en avion, par comptage direct, et donc n'impliquant que des dérangements très courts ont donné des résultats comparables à ceux exposés ci-dessus;

A titre d'exemple, voici les résultats de comptages directs par avion (avec le même observateur) des groupes d'hippopotames sur le secteur type Kihangiro (les individus isolés, constituant une part minime de la population, étaient négligés) :

Date	Matin	Midi	Soir
30.4.74	304	256	335
1.5	327	290	297
3.5	306	222	375
4.5	316	326	333

3) Comptages sur la Rutshuru

A ma demande l'Ingénieur Mankoto a bien voulu faire effectuer les recensements pédestres sur les secteurs 5 et 6 de la Rutshuru, selon le schéma suivant :

Dates :	8.5.75	9.5.75	10.5.75	11.5.75
Secteur 5	midi	matin	midi	matin
Secteur 6	matin	midi	matin	midi

Les résultats globaux sont les suivants :

Secteur	Matin	Midi
5	311,00	289,50
6	485,83	448,42

Les mêmes sept observateurs ayant effectué les mesures durant les quatre jours, on a utilisé le test t par paires.

Les résultats sont les suivants :

Secteur	Différence des moyennes	t_{obs}	Test
5	21,50	3,288	* *
6	37,42	2,973	Significatif au niveau = 0,02

On peut aussi se demander si cette variation de R est due à un rythme interne ou si elle résulte de l'action de facteurs externes. On ne possède pas suffisamment d'éléments pour se prononcer définitivement. On peut toutefois avancer l'hypothèse provisoire suivante : il s'agit d'un rythme interne pouvant être masqué ou accentué par certains facteurs externes comme l'agitation de l'eau (chapitre 3.2), la présence d'éléments perturbateurs (chapitre 3.3), la température (les quelques données acquises sont contradictoires; cet aspect du problème nécessiterait des recherches ultérieures).

3.2. L'INFLUENCE DES VAGUES

L'influence des vagues sur le rythme de plongée est bien mise en évidence par les résultats de dénombrements effectués à pied du 8 au 15.1.1974, sur le secteur type Kihangiro (Lac Amin). Les dénombrements ont tous été effectués à midi (durée d'un trajet : 30 minutes) par des observateurs sélectionnés et entraînés :

	Pas de vague	Vagues légères	Vagues
n	12	15	20
\bar{x}	430,58	368,47	280,80
s^2	569,11	623	305,7

La comparaison des variances deux à deux par le test F donne les résultats suivants :

Populations comparées	F _{obs}	Test
Pas de vague / vagues légères	1,07	N.S.
Pas de vague / vagues	1,12	N.S.
Vagues légères / vagues	2,07	N.S.

Les variances n'étant pas significativement différentes, les données sont soumises à l'analyse de la variance. Les résultats obtenus sont résumés comme suit :

Source de variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Variances
Totale	197.679	46	
Factorielle	178.395	2	Vf = 89.197
Résiduelle	19.284	44	Vr = 438,27

$$F_{\text{obs}} = \frac{Vf}{Vr} = 203,52$$

Résultat hautement significatif * * * ($F_{\text{th}} = 9,05$ au niveau $\alpha = 0,001$).

Les moyennes ont ensuite été comparées deux par deux (test t; $\hat{V}_c = Vr$) :

Populations comparées	$\frac{n_1 + n_2}{t} - 2 \sqrt{Vr} \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}$	Test
Pas de vague / vagues légères	21,8	* *
Vagues légères / vagues	19,2	* *

Ces résultats sont confirmés par des dénombrements effectués le matin sur le même trajet-type Kihangiro du 1 au 5.10.1974 :

	Pas de vague	Vagues
n	15	5
\bar{x}	377,67	225
s ²	1.431,67	679,6

Vu la faiblesse de l'échantillon "vagues", il n'a pas été effectué d'analyse statistique.

On peut se demander si les résultats des dénombrements à pied sont faibles lors de la présence des vagues à cause du fait que les hippopotames séjournent plus sous l'eau ou bien parce que les vagues diminuent les chances d'apercevoir un hippopotame (ou les deux à la fois).

Il semble bien que la première hypothèse soit à retenir car :

1) L'analyse des résultats d'observations du 8 au 15.1.1974 (voir ci-dessus) montre que la présence de vagues très légères diminue sensiblement les valeurs trouvées alors qu'apparemment elles diminuent peu la probabilité d'apercevoir un hippopotame en surface.

2) Des relevés photographiques du trajet type Kihangiro effectués à midi à partir d'un avion Cessna 172 ont donné les résultats suivants (entre parenthèses, les valeurs moyennes à l'aller, à pied) :

Date	Etat surface du lac	Nombre
12.12.73	calme	501 (404,7)
13.12.73	vagues	243 (-----)
15.12.73	vagues	284 (286,8)
16.12.73	calme	406 (-----)

Des vols en rase-motte les 13 et 15.12.1973 (vagues) ont montré que de nombreux hippopotames se trouvaient sous l'eau (visibles au travers de l'eau).

3.3. L'INFLUENCE DU DERANGEMENT

Lors des nombreux dénombrements à pied sur les trois secteurs types, chaque observateur procédait au retour à un deuxième comptage. Très généralement les résultats obtenus étaient significativement inférieurs à ceux obtenus à l'aller.

A titre d'exemple, le tableau ci-dessous résume les données de comptages à pied effectués le matin sur le trajet type Kihangiro du 11 au 15.2.1974 :

	Aller	Retour
n	30	30
\bar{x}	409,5	337,9
s	48,86	52,44

Plutôt que d'effectuer un test t classique, on a calculé pour chaque observateur la différence des valeurs aller - retour et vérifié la nullité de la moyenne de ces différences (test t par paires). Ceci permet de contrôler l'effet de la covariance (bon observateur, résultats élevés).

Les résultats sont les suivants :

$\bar{x}_{\text{aller}} - \bar{x}_{\text{retour}}$	t_{obs}	Test
71,6	13,26	* * *

L'influence du dérangement varie selon le moment de la journée, ainsi qu'en témoignent les dénombrements à pied effectués à Kihangiro du 20 au 26.9.1973 :

	Matin		Midi		Soir	
	Aller	Retour	Aller	Retour	Aller	Retour
n	19	19	17	17	13	13
\bar{x}	346,32	260,00	187,94	185,35	265,54	264,62
s^2	1.297,3	3.252,2	1.610,0	2.807,8	1.625,7	955,5

La différence $\bar{x}_{\text{aller}} - \bar{x}_{\text{retour}}$ est significative seulement le matin (test t par paires avec $t_{\text{obs}} = 5,02$ pour $t_{\text{th}} = 3,92$ au niveau $\alpha = 0,001$).

Une autre série d'essais faits à Kihangiro du 8 au 13.10.1973, destinée en ordre principal à comparer les méthodes de dénombrements à pied, en barque et en avion, a donné les résultats suivants pour les dénombrements à pied :

	Matin		Midi	
	Aller	Retour	Aller	Retour
n	28	26	27	28
\bar{x}	300,32	233,46	156,37	140,39
s^2	1.033,62	1.934,26	1.278,42	3.629,34

On remarquera que ces résultats sont inférieurs à ceux obtenus ci-dessus (du 20 au 26.9.1973). Cela est dû aux conditions des essais impliquant un dérangement important des hippopotames par l'utilisation simultanée de barque, d'hommes à pied et d'avion.

Néanmoins ici encore les différences $\bar{x}_{\text{aller}} - \bar{x}_{\text{retour}}$ sont significatives le matin seulement.

Variances

$$F_{\text{obs}} = 1,88$$

Test N.S.

Moyennes

$$\frac{n_1 + n_2 - 2}{\alpha/2} \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right) = 37,31 \quad \text{Test***}$$

Par contre l'influence du dérangement ne semble guère varier selon le moment de la journée dans les conditions de la Rutshuru (essais du 13 au 16.11.1973 ; secteur 6).

	Matin		Midi		Soir	
	Aller	Retour	Aller	Retour	Aller	Retour
n	28	28	28	28	28	28
\bar{x}	421,39	375,07	354,18	308,75	367,03	348,82
s^2	1.201,86	1.781,78	3.158	980,6	781,9	1.618

Vu les fortes différences de variances, les valeurs de \bar{x} ont été comparées en utilisant le test t par paires.

	Matin	Midi	Soir
$\bar{x}_{\text{aller}} - \bar{x}_{\text{retour}}$	46,32	45,07	18,21
t_{obs}	5,36	4,82	2,82
test	* * *	* * *	* *

On peut émettre plusieurs hypothèses pour expliquer les différences entre la Rutshuru et le lac Amin :

a) Le dérangement causé par le comptage matinal amènerait les hippopotames à s'éloigner du rivage du lac Amin; du fait de leur éloignement plus grand, à midi et le soir, ils réagiraient moins à la présence de l'observateur. Ils ne pourraient le faire dans la Rutshuru, vu l'exiguïté relative de la rivière.

On n'a constaté rien de semblable lors des observations aériennes mais il est possible qu'un déplacement minime des groupes, difficile à noter à partir d'avion, entraîne un sentiment de sécurité plus grand chez l'hippopotame.

b) La présence fréquente de vagues à midi et le soir, sur le lac Amin, diminuerait l'interférence de l'observateur car l'hippopotame tend à plonger plus lorsque la surface de l'eau est agitée.

Les résultats des dénombrements effectués à midi, du 8 au 15.1.1974 sur le trajet Kihangiro, sont les suivants :

	Pas de vague	Vagues légères	Vagues fortes
$\bar{x}_{\text{aller}} - \bar{x}_{\text{retour}}$	112,25	83,93	44,60
t_{obs}	4,43	5,57	6,06
Test	* * *	* * *	* * *

On voit donc que la présence de vagues atténue mais n'élimine pas l'influence du dérangement.

c) L'accoutumance plus grande des hippopotames du trajet type Kihangiro, du fait des très nombreux essais effectués sur ce parcours.

Il semble bien n'en être rien car il n'y a pas de différence entre les résultats obtenus en septembre 1973 et ceux obtenus en février 1974.

Les hypothèses a) et b) combinées paraissent les plus plausibles.

4. CONCLUSIONS

On peut résumer comme suit les résultats obtenus :

a) La fraction du temps passée en surface de l'eau varie durant la journée, R étant maximum le matin, minimum à midi et intermédiaire en fin de journée;

b) Les causes de cette variation ne sont pas connues. On suppose qu'il s'agit d'un rythme interne masqué ou accentué par des facteurs externes.

c) La présence de vagues, mêmes légères, entraîne une diminution de R.

d) L'influence du dérangement est grande mais peut varier selon la nature du lieu et le moment de la journée.

Pratiquement il en résulte que les dénombrements doivent être effectués de 6h30 à 8h30, en l'absence de vent et en utilisant une méthode interférant le moins possible avec le comportement de l'hippopotame.

D'une manière plus générale, cette étude illustre bien la nécessité, pour un gestionnaire de parcs nationaux ou de réserves de chasse, de procéder à une étude méthodologique préalablement à l'adoption d'une nouvelle méthode de recensement des mammifères.

Remerciements.

Cette étude a pu être réalisée grâce au soutien matériel de l'Institut zaïrois pour la Conservation de la Nature, de l'Administration Générale belge de Coopération au Développement et de la Fondation pour favoriser les Recherches scientifiques en Afrique.

Je remercie les personnes suivantes qui, à des titres divers, m'ont apporté une aide précieuse : MM. Bagurubumwe Ndera Birihanza, J. Leclercq, Lulengo K'Kul Vihamba, Mankoto ma Mbaelele, J. Verschuren ainsi que les gardes et le personnel scientifique de la Station de Recherches de Lulimbi.

BIBLIOGRAPHIE

- ANSELL, W.F.M., 1965
Feeding habits of Hippopotamus amphibius L., Puku, 3 : 171.
- ATTWELL, R.I.G., 1963
Surveying Luangwa Hippo, Puku, 1 : 29-49.
- BOURLIERE, F. et VERSCHUREN, J., 1960
Introduction à l'écologie des Ongulés du Parc National Albert.
Exploration du Parc National Albert, 158 pp.
- DELVINGT, W., 1978
Ecologie de l'hippopotame (Hippopotamus amphibius L.) au Parc National des Virunga (Zaïre). Thèse de doctorat, Faculté des Sciences agronomiques de l'Etat à Gembloux.
- FIELD, C.R., 1969
A study of the feeding habits of the hippopotamus (Hippopotamus amphibius Linne) in the Queen Elizabeth National Park, Uganda, with some management implications. Zoologica africana, 5 : 71-86
- FIELD, C.R. and LAWS, R.M., 1970
The distribution of the larger herbivores in the Queen Elizabeth National Park, Uganda. J. Appl. Ecol., 7 : 273-294.
- PIENAAR, U. de V., VAN WIJK, P. and FAIRALL, N., 1966
An experimental cropping scheme of hippopotami in the Letata river of the Kruger National Park. KOEDOE, 9 : 1-33.
- VERHEYEN, R., 1954
Monographie éthologique de l'hippopotame. Exploration du Parc National Albert, 91 pp.

