

Zeehonden als duikkampioenen

door Hendrik VAN DEN BERGH

De Weddell-zeehond duikt 600 m diep

De Weddell-rob *Leptonychotes weddelli* (LESSON), bewoont de kusten van het Antarctische vasteland. Hij is bijgevolg de zeehond met het meest zuidelijke verspreidingsgebied. In dierenhuizen is deze soort slechts bij uitzondering tentoongesteld. In het voorjaar verbleef er gedurende enkele weken een Weddell-zeehond in het bassin waarin thans de Baikal-robben zijn ondergebracht. In het meinumner van Zoo werd reeds één en ander over dit dier meegedeeld (GIJZEN, 1966). Van neus tot vinspitsen mat deze Weddell-rob ruim twee meter. Vermoedelijk was hij nog lang niet volgroeid. Volwassen exemplaren zouden een lengte van bijna drie meter bereiken. De dierenliefhebbers, die geregeld de Antwerpse Zoo bezoeken, zijn vertrouwd met de indrukwekkende omvang van de zeeolifanten. Voor hen was de Weddell-rob slechts een zeehond als de andere, ook al was hij nogal bijterig van aard, en ook al had hij dan een grote menigte geelwitte kladden en streepjes op zijn donkere rug.

Amerikaanse onderzoekers hebben zopas aan het licht gebracht, dat de Weddell-zeehond helemaal niet kan gelden als « een zeehond als de andere ». Hij bleek namelijk in staat tot duikprestaties, die zelfs bij duikbootkapiteins respect zullen afdwingen.

Reeds in 1964 hadden DE VRIES en WOHLSCHEG bericht over de resultaten, bereikt met twee Weddell-robben, welke ze dieptemeters op de rug hadden gebonden. Toen de dieren bij de MacMurdo Sound werden teruggevangen, hadden de instrumenten maximum-diepten van resp. 320 en 350 m geregistreerd. Vanzelfsprekend waren ook een groot aantal geringere diepten aangetekend.

Meer indrukwekkend nog zijn de bijzonder volledige gegevens, verzameld door KOOYMAN (1966) tijdens twee poolzomers bij de MacMurdo Sound. Deze onderzoeker maakte gebruik van vier verschillende types van zelfregistrerende dieptemeters. Hij slaagde er in de maximum-diepte te bepalen, welke bereikt werd door 27 Weddell-zeehonden tijdens 381 duiktochten. 959 Duiktijden werden gemeten bij 31 exemplaren. De proeven werden steeds genomen met wilde dieren. KOOYMAN en zijn helpers boorden telkens een gat in het midden van een uitgestrekt, vlak stuk zeeijs, zonder barsten of openingen. Het ijs was ongeveer 1,80 m dik en bevond zich boven water van 600 m diepte. De zeehond werd enkele kilometer verder gevangen en over het ijs naar het gat vervoerd. Uitgerust

met meetinstrumenten werd hij dan in de opening neergelaten. Vermits er in een straal van minstens één mijl rondom de boring geen andere ademgaten waren, bestond er steeds veel kans, dat de zeehond naar het gat zou terugkeren. Daar stonden de biologen op wacht om hun meettoestellen te recupereren. Na enige uren ontdekten sommige dieren andere openingen in het ijs en keerden niet meer terug. Veel zeehonden bleven evenwel gedurende meerdere dagen bij het geboorde gat om er te vissen. Eén oude bul bevond zich nog bij de opening in het ijs, vier weken nadat hij er door de onderzoekers was gebracht.

De meeste duiktijden bedroegen minder dan vijf minuten en werden gemeten toen de dieren rondzwommen in de onmiddellijke nabijheid van het gat. Exemplaren, die 6 à 15 minuten onder water bleven, bereikten gewoonlijk diepten van meer dan 100, niet zelden meer dan 300 m. Dieren, die langer dan 20 minuten onder water vertoefden, schenen op zoek te zijn naar andere openingen in het ijs. De langste duiktijd werd waargenomen voor een volwassen ♀, dat dook gedurende 43 minuten en 20 seconden.

Uit de metingen van KOOYMAN blijkt verder, dat Weddell-zeehonden dikwijls duiken tot op 300 à 400 m diepte. Slechts zelden zwemmen ze dieper dan 400 m. Het record was voor rekening van hogergenoemde oude bul, die 600 m diepte bereikte. KOOYMAN meent dat deze diepte en de duiktijd van 43 minuten de grenzen van het prestatievermogen van de Weddell-zeehond dicht benaderen.



De Weddell-zeehond maakt zich klaar om te duiken. De neusopeningen zijn reeds gedeeltelijk gesloten.

(Foto H.V.d.bergh)



Records van allerlei soort

Wie 's ochtends even de neus dichtknijpt en het aangezicht in de wasbak dompelt, merkt weldra, dat 30 seconden onder water blijven een redelijke prestatie is voor een ongeïfend persoon. Uit de literatuur hebben we duiktijden van enkele zoogdieren verzameld. (Zie tabel.) Het aantal beschikbare gegevens is niet erg groot. Worden er nieuwe waarnemingen gedaan, dan zullen sommige cijfers vermoedelijk moeten worden aangepast. Bij het beoordelen der gegevens dient er wel rekening mee te worden gehouden, dat ze in zeer verschillende situaties werden verzameld: in aquaria en in de vrije natuur, tijdens de jacht en bij proeven. De omstandigheden beïnvloeden sterk de fysieke prestaties van dier en mens. Gewone zeehonden kunnen ongeveer twintig minuten onder water vertoeven. Er is evenwel weinig kans dat ze dit in de Zoo zullen doen, waar er geen aanleiding toe bestaat. In één der diepere bassins doen ze wel eens, op zeehondemanier, een dutje onder water. Daarbij laten ze zich vertikaal in het water zweven, de neus dicht onder het oppervlak. Om de twee à drie minuten worden de neusopeningen boven water geopend.

Indien de dieren tijdens proeven met geweld werden ondergedompeld, bereikten ze meestal langere «duiktijden» dan wanneer ze vrijwillig meewerkten. Dit is echter niet steeds het geval. IRVING e.a. (1941a) stelden vast dat een normale bruinvis, welke ze 2½ minuut hadden onderge-



De kegelrob, *Halichoerus grypus* (FABRICIUS), wordt slechts af en toe aan onze kust waargenomen. Het is een snel en behendig zwemmer, die meer dan 100 m diep kan duiken.

(Foto H.V.d.bergh in Texels Museum)

duwd, ophield met ademen. In vrijheid duiken bruinvissen gedurende 4 à 5 minuten en herhalen dergelijke prestatie meerdere malen na elkaar met slechts korte tussenpozen. De meeste dieren laten zich niet tot recordpogingen aansporen en biologen zijn zelden bereid om hun proefdieren aan verdrinking bloot te stellen.

De uitzonderlijke prestaties van duikende Weddell-zeehonden worden slechts overtroffen door die van enkele tandwalvissen. (Zie tabel.) Ook worden ze geëvenaard of overtroffen door de duiktijden van sommige — veel grotere — baardwalvissen. IRVING (1939) citeert o.m. volgende maxima, afkomstig uit oudere bronnen: voor de Groenlandse walvis, *Balaena mysticetus* LINNAEUS, 60 minuten; voor de blauwe vinvis, *Balaenoptera musculus* (LINNAEUS), 50 minuten. Dit zijn records, vermoedelijk slechts tijdens de walvisjacht te noteren. Normaal zouden vinvissen en echte walvissen slechts 10 à 15 minuten onder water blijven (SLIJPER, 1958). Men mag deze enorme dieren trouwens niet zonder meer met de veel kleinere robben gelijkstellen.

De duiktijden van watervogels, welke door ANDERSEN (1966) in zijn recent overzicht worden geciteerd, zijn alle beduidend korter:

tamme witte eend	max. 15 minuten;
zwarte zeekoet	
<i>Uria grylle</i> (LINNAEUS)	max. 12 minuten;
ezelspinguïn	
<i>Pygoscelis papua</i> (FORSTER)	max. 7 minuten;
papegaaiduiker	
<i>Fratercula artica</i> (LINNAEUS)	max. 4 minuten.
(Gegevens verzameld tijdens proeven!)	

Tenslotte vermelden we nog dat de soepschildpad *Chelonia mydas* LINNAEUS, volgens BERKSON (1966) in het aquarium vrijwillig 15 tot 50 minuten onder water blijft. Tijdens proeven bleef één exemplaar evenwel zes uur ondergedompeld, zonder nadelige gevolgen. Reptielen met hun langzame stofwisseling kan men echter moeilijk vergelijken met warmbloedige zoogdieren en vogels.

Hoe houden robben het zolang uit zonder lucht te scheppen?

Wie ons tot hier is gevolgd en de tabel heeft bekeken, zal zich wellicht volgende vragen stellen: Wat beweegt robben ertoe om zo diep te duiken? Hoe bieden ze weerstand aan de enorme druk, die heerst op honderden meters onder zee? Mens en huisdier verstikken na enige minuten onderdompeling; waarom zeehonden niet?

In het poolgebied werden Weddell-zeehonden reeds enkele malen waargenomen op grote afstand van de rand van de ijskap. Groepjes dieren werden landinwaarts gesignaleerd in barsten van de ijsbank, welke zich bevonden op respectievelijk 58,



Tijdens proeven bleef de gewone zeehond tot 23 minuten onder water.

(Foto H.V.d.bergh)

32 en 22 km van de open zee. Het lijkt nu mogelijk, dat de robben deze openingen bereikten door onder de ijsbank door te zwemmen. DE VRIES en WOHL-SCHLAG (1964) observeerden Weddell-robben in een brede spleet in het ijs op 32 km van de rand der ijsbank. Dit shelfijs was ongeveer 200 m dik. Ze achtten het mogelijk, dat de zeehonden vanuit de open zee naar de barst waren gezwommen onder de dikke ijsbank door. Indien Weddell-zeehonden in staat zijn om een barst in het ijs te vinden én 32 km onder water af te leggen, dan moeten ze — zo menen DE VRIES en WOHL-SCHLAG — ook beschikken over een goed ontwikkeld oriëntatievermogen. Dit is nog niet onderzocht.

(Wel wijzen verschillende gegevens erop dat robben beschikken over een soort *sonar*. Verschillende robben maken geluiden onder water. Deze geluiden worden weerkaatst door vissen in hun nabijheid en de echo zou de zeehonden inlichten over de aanwezigheid van een prooi. Over de eventuele draagwijdte van zulk sonar-systeem is voorlopig nog niets bekend.)

De grijze zeehond zou de grote diepten opzoeken bij de jacht op vissen, welke niet in ondiep water voorkomen. Walrussen voeden zich met verschillende soorten mossels, welke ze slechts op de zeebodem aantreffen.

Wanneer mensen in een caisson of een duikerpak snel naar boven worden gehaald, worden ze duizelig. Ernstige verlammingen en zelfs de dood kunnen volgen. Ze lijden aan de zgn. caissonziekte. In bloedvaten en longen hebben zich kleine gasbellen gevormd, die bestaan uit stikstof, één der bestanddelen van lucht. Bij de hoge druk, die onder water heerst, lost nl. meer stikstof op in het bloed dan aan de oppervlakte. Komt de duiker te snel naar boven, dan komt de opgeloste stikstof vrij in de vorm van bellen, zoals het koolstofdioxide dat

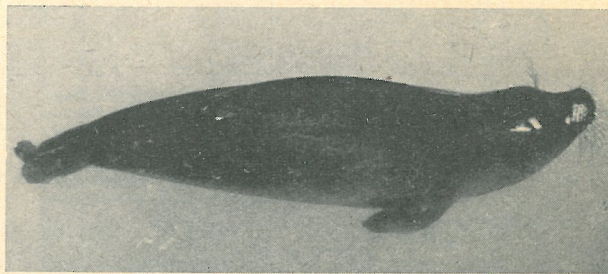
opborrelt bij het openen van een fles spuitwater. Kikvorsmannen moeten na een diepe duik langzaam opstijgen, zodat de druk langzaam vermindert en de stikstof, opgelost in het bloed, de tijd krijgt zich geleidelijk weer bij de lucht in de longen te voegen. Zeehonden (en walvissen) kunnen wel snel vanuit grote diepten opstijgen. Hoe is dit verschil te verklaren? De kikvorsman neemt flessen geperste lucht mee. Tijdens de duik wordt bij elke ademhaling nieuwe stikstof in het bloed opgelost. De zeehond beschikt slechts over de lucht, aanwezig in zijn longen; hij neemt dus relatief weinig stikstof mee naar de diepte. Met zo'n kleine voorraad stikstof schijnt geen gevaar te bestaan voor caissonziekte.

Het is niet uitgesloten, dat zeehonden zouden uitademen vóór de aanvang van een diepe duik. Ze zouden bijgevolg erg weinig lucht — en stikstof — meenemen. Of dit inderdaad gebeurt, is niet geheel zeker (ANDERSEN, 1966), hoewel aldus het soortgelijk gewicht zou toenemen, hetgeen de duik vergemakkelijkt. Hoe de Weddell-zeehond de druk van 600 m water kan weerstaan is vooralsnog een open vraag.

De eigenschappen, die robben en andere zeezoogdieren in staat stellen om lange tijd onder water te vertoeven, zijn de jongste jaren vooral onderzocht door IRVING, SCHOLANDER en hun medewerkers in de Verenigde Staten. Hoewel het probleem verre van « opgelost » is, zijn uit hun omvangrijke chemische en fysiologische onderzoekingen toch enkele duidelijke feiten af te leiden.

De eenvoudigste veronderstelling is, dat de zeehond genoeg zuurstof kan meevoeren voor de duur van zijn verblijf onder water. Is dit juist?

— In- en uitademing geschiedt bij robben veel vollediger dan bij mens en landzoogdieren. De hoeveelheid lucht, die bij iedere ademhaling uit- en ingeademd wordt, is aanzienlijk groter dan bij landdieren met hetzelfde gewicht. Vergeleken bij andere dieren, bezitten robben longen die slechts weinig groter zijn.

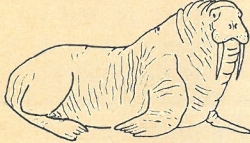


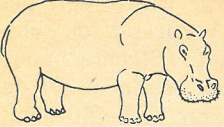
De Baikal-zeehond slaapt in het water. De foto is gemaakt op het ogenblik dat hij de neus boven het oppervlak hield om te ademen. Dit gebeurde om de drie minuten. De ogen bleven gesloten. Tussen de adempauzen in, was slechts een klein stuk van de rug boven water.

(Foto H.V.d.bergh)

Duiktijden van enkele zoogdieren

De aangegeven maxima voor diepte en duiktijd zijn niet afkomstig van dezelfde waarneming, tenzij dit uitdrukkelijk is vermeld.

	DUIKTIJD	BEREIKTE DIEPTE	BEMERKINGEN	BRON
ROBBEN : Weddellrob <i>Leptonychotes weddelli</i> (Lesson) 	10 à 25 min. 43 min. 20 sec.	300 à 400 m 600 m	groot aantal metingen met dieren in vrijheid. maximum voor resp. 959 en 381 waarnemingen met resp. 31 en 27 volwassen en bijna-volwassen exemplaren in de natuur.	KOOYMAN (1966) DEVRIES & WOHLSCHLAG (1964) KOOYMAN (1966)
Gewone Zeehond <i>Phoca vitulina</i> Linnaeus 	5 min. 23 min. 20 min.	7 m 91 m	pup van 1 maand; max. onder experimentele omstandigheden. jong-adult; max. onder experimentele omstandigheden. (De diepte van 91 m kon slechts korte tijd worden doorstaan) vermoedelijk maximum in de natuur.	HARRISON & TOMLINSON (1960) HARRISON & TOMLINSON (1960) SCHEFFER (1958)
Grijze Zeehond of Kegelrob <i>Halichoerus grypus</i> (Fabricius) 	1 min. 15 min. 15 à 20 min.	22 m 128 à 146 m	beide cijfers voor een spontane duik van 4-maand oude pup tijdens 1e zwemtocht. in net gevangen. op grond van proeven mogelijk te achten. jong exempl. in vislijn vastgehaakt.	SCHOLANDER (1940) geciteerd door HARRISON & TOMLINSON (1960) IRVING (1939) IRVING, SCHOLANDER & GRINNELL (1941 b) COLLETT (1881)
Pacifische Walrus <i>Odobenus rosmarus divergens</i> (Illiger) 		55 à 91 m	tijdens voedselverzamelen op zeebodem.	BUCKLEY (1958)
Dwergzeebeer <i>Arctocephalus pusillus</i> (Schreber) 		71 m	vrij-zwemmend waargenomen door duikers	KING (1964)
ANDERE ZOOGDIEREN : Canadese Bever <i>Castor canadensis</i> (Kuhl) 	1 à 2 min. 15 min.	— —	normale duiktijd in natuur. vermoedelijk maximum.	IRVING (1937) IRVING (1937)
Muskusrat <i>Ondatra zibethicus</i> (Linnaeus) 	12 min.	—	max. onder experimentele dwang.	IRVING (1939)

Nijlpaard <i>Hippopotamus amphibius</i> Linnaeus 	1 min. 44 sec. 4 min.	—	gemiddeld voor 280 waarnemingen in de natuur. 3 hoogste waarnemingen van 280 metingen in natuur.	VERHEYEN (1954) VERHEYEN (1954)
Amerikaanse Zeekoe <i>Trichechus manatus latirostris</i> (Harlan) 	75 à 100 sec. 6 min. 8 min. 12 à 15 min. 16 min. 20 sec.		normaal ademhalings tempo in gevangenschap (2 ex.) langste duiktijd van 2 exemplaren in gevangenschap. langste vrijwillige duik 2 exempl. in aquarium zelfde exempl. onder experimentele dwang. langste vrijwillige duik van 3 exempl. in gevangenschap.	SCHOLANDER & IRVING (1941) CRANE (1881) SCHOLANDER & IRVING (1941) SCHOLANDER & IRVING (1941) PARKER (1922) geciteerd door SCHOLANDER & IRVING (1941)
Bruinvis <i>Phocaena phocaena</i> (Linnaeus) 	4 à 5 min.	20 m	vrijwillige duik in fjord. max. waargenomen ?	IRVING, SCHOLANDER & GRINNELL (1941 a) SLIJPER (1958)
Tuimelaar <i>Tursiops truncatus</i> (Montague) 	2 à 3 min. 6 min. 5 min. 14 à 15 min.		duur van verplichte duik tijdens proeven zonder gevaar voor dodelijke afloop. max. onder experimentele dwang bereikt. vermoedelijk max. in vrijheid. Tijdens voedselzoeken.	IRVING, SCHOLANDER & GRINNELL (1941 a) IRVING, SCHOLANDER & GRINNELL (1941 a) IRVING, SCHOLANDER & GRINNELL (1941 a) SLIJPER (1958)
Potvis <i>Physeter macrocephalus</i> (Linnaeus) 	50 min. 90 min.	988 m	daarna 10 min. aan oppervlakte om te recupereren. record. resten van potvis verward in onderzeese telefoonkabel.	SLIJPER (1958) SLIJPER (1958)
Butskop <i>Hyperoodon ampullatus</i> (Forster) 	± 120 min.	500 m	volw. ♂ na harpoeneren. inktvissen die op die diepte voorkomen in maag weergevonden.	GRAY (1882) SLIJPER (1958)
Mens 	1 min. 2 min. 30 sec. 4 min. 45,4 s. 6 min. 29,8 s.	30 m 60 m	normale duiktijd Australische parelvisser (hoogstens twee minuten). maxima voor Japanse parel-duiksters, zonder zuurstof-apparaten (zgn. « ama »). wereldrecord dames. wereldrecord heren (1912). (Waarschijnlijk in warm water zonder beweging !) record van Fransman Jacques Mayol zonder zuurstof-apparaat, maar met behulp van gewicht (duur 2 min. 1 sec.); (1966).	SCHOLANDER (1963) IRVING (1939) ABRAHAM (1956) ABRAHAM (1956)

— In de longen wordt de zuurstof opgenomen door het bloed, en bijzonder door de hemoglobine der rode bloedlichaampjes. Een gewone zeehond bezit een groter volume bloed dan niet-duikers met hetzelfde gewicht. Het bloed van de gewone zeehond kan iets meer zuurstof opnemen dan een zelfde hoeveelheid mensenbloed.

— Ook door het rode pigment van de spieren (myoglobine) wordt zuurstof vastgehouden. De spieren van zeehonden bevatten zeer veel rood pigment en er wordt een veel grotere hoeveelheid zuurstof in opgehoopt dan in de spieren van, bij voorbeeld, een mens. (Theoretisch zou de zeehond er 5 à 10 minuten mee kunnen toekomen, wanneer hij zich rustig houdt.)

De «zuurstofvoorraad» van zeehonden (en andere duikende dieren) is dus wel groter dan die van landdieren. Hij is echter niet voldoende om zolang onder water te blijven als zeehonden dat doen. Er dient dus naar een andere verklaring gezocht. Kan de zeehond bijzonder zuinig met zijn zuurstofvoorraad omgaan?

— Tijdens de duik wordt de bloedvoorziening van spijsverteringsorganen, nieren, huid en spieren praktisch volkomen stilgelegd. In hersenen, hart en longen blijft de bloedstroom en de zuurstofvoorziening onverminderd gehandhaafd. Door dit mechanisme wordt een aanzienlijke hoeveelheid zuurstof bespaard.

SCHOLANDERS zeehonden waarvan *alleen de neus* onder water werd gehouden, bibberden van de kou na de proef. Hun lichaamstemperatuur was gedaald, niet omdat de dieren waren afgekoeld door het koude water, maar omdat hun lichaam minder warmte had voortgebracht.

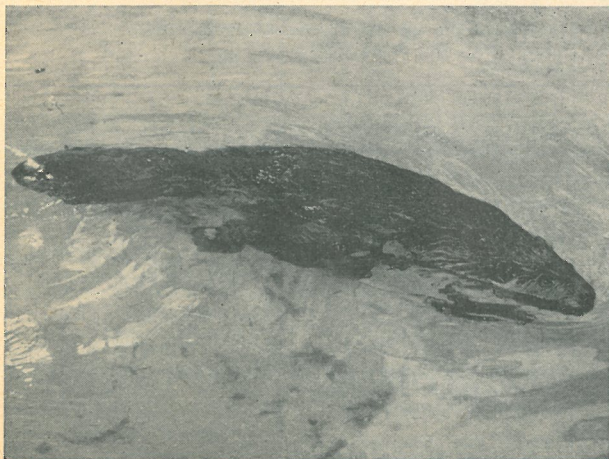
— Een verschijnsel, dat met het vorige nauw samenhangt, is enigszins moeilijker te begrijpen. Spieren, die werk verrichten, hebben daarvoor

energie nodig. Deze energie wordt geleverd door een verbranding, welke in twee fasen verloopt: eerst wordt de brandstof (glycogeen) omgezet in melkzuur; tijdens de tweede fase wordt een gedeelte van dit melkzuur volledig verbrand tot koolstofdioxide, dat wordt uitgeademd. Slechts voor deze tweede fase is zuurstof nodig. Wanneer nu de zeehond 5 à 10 minuten onder water is, begint zich een grote hoeveelheid melkzuur in de spieren op te hopen. Pas wanneer het dier weer aan de oppervlakte is gekomen, wordt de bloedsomloop in de spieren hersteld. Het melkzuur komt dan in grote hoeveelheden in de bloedbaan. De zeehond (en andere duikende dieren) kunnen dus tijdelijk hun zuurstof-verbruik sterk verminderen en deze tijdelijke bezuiniging later weer inhalen. Een man, die achter de tram aanholt, begint pas te hijgen nadat hij is opgestapt. Zijn organisme moet even de zuurstof-schuld weer inwinnen. Duikende dieren kunnen een bijzonder grote zuurstof-schuld oplopen zonder schadelijke gevolgen.

We hebben hoger gezien, dat de bloedsomloop en de stofwisseling tijdens de duik op een laag pitje worden gezet. Er is evenwel een belangrijk verschijnsel, dat hieraan voorafgaat en dat tot nu toe bij alle duikende dieren kon worden aangetoond, zowel bij zeekoeien, zeehonden, tuimelaars als bij bevers, eenden, pinguïns, krokodillen, soep-schildpadden enz. Tijdens de duik gaat het hart veel langzamer slaan, ook al werkt het dier onder water heel intensief. Bij de gewone zeehond valt de hartslag tot een tiende der normale snelheid, zodra hij de neus in het water houdt. Dit gebeurt zo snel, dat het waarschijnlijk een reflex is, en niet het gevolg van zuurstofgebrek, dat zich pas later voordoet. Bij bevers en pinguïns wordt de hartslag geleidelijk trager enige tijd na de aanvang van de duik. Bij geoefende mensen, o.m. bij parelvisser, treedt dit verschijnsel eveneens op.

Ongetwijfeld zijn er nog andere factoren die er toe bijdragen de weerstand van zeehonden tegen verstikking te verhogen, o.m. hun geringe gevoeligheid voor koolstofdioxide. Ze beschikken blijkbaar niet over één of ander wondermiddeltje, dat bij andere dieren ontbreekt. De prestaties van duikende Weddell-robben kunnen hierdoor slechts meer bewondering afdwingen. De eigenschappen, die robben tot duiken in staat stellen, zijn bij alle zoogdieren en ook bij de mens aanwezig (IRVING, 1939). Bij de robben hebben ze echter een hoge graad van perfectie bereikt.

De studie van robben en walvissen werpt nieuw licht op de problemen, waarvoor de mens wordt gesteld wanneer hij de onderzeese diepten tracht te bereiken. Het onderzoek van duikende zeehonden droeg tevens bij tot een beter begrip van wat er gebeurt op dat kritieke levensmoment, waarop ieder aan het gevaar van verstikking is blootgesteld: de geboorte.



De Canadese bever zwemt sierlijk en snel. Hij duikt goed, maar blijft normaal slechts korte tijd onder water.

(Foto H.V.d.bergh)

GECITEERDE WERKEN

ABRAHAM, A. (1956). *The human machine*. p. 175. Harmondsworth: Penguin Books.

ANDERSEN, H.T. (1966). Physiological adaptations in diving vertebrates. *Physiological Reviews*, Vol. 46, Nr. 2, p. 212-243.

BERKSON, H. (1966). Physiological adjustments to prolonged diving in the Pacific green turtle (*Chelonia mydas agassizii*). *Comparative Biochemistry and Physiology*, Vol. 18, Nr. 1, p. 101-119.

BUCKLEY, J.L. (1958). The Pacific walrus, a review of current knowledge and suggested management needs. pp. 29. *US Fish and Wildlife Service, Special Report*, Nr. 41.

CRANE, A. (1881). Notes on the habits of the manatee (*Manatus australis*) in captivity in the Brighton Aquarium. *Proceedings of the Roy. Zoological Society, London*, 1881, p. 456-460.

COLLET, R. (1881). On *Halichoerus grypus* and its breeding on the Fro Islands off Trondhjems-Fjord in Norway. *Proceedings of the Roy. Zoological Society, London*, 1881, p. 380-387.

DE VRIES, A. L. & WOHLISCHLAG, D. E. (1964). Diving depths of the Weddell seal. *Science*, Vol. 145, Nr. 3629, p. 292.

GIJZEN, A. (1956). Robben (Pinnipedia). *Tijdschrift Zoo, Antw.*, Vol. 22, Nr. 1, p. 4-38.

GIJZEN, A. (1966). De 3de Belgisch-Nederlandse Zuid-poolexpeditie zorgde voor een Weddells zeehond voor de Antwerpse Zoo. *Tijdschrift Zoo, Antw.*, Vol. 32. Nr. 1, p. 6-8.

GRAY, D. (1882). Notes on the character and habits of the bottlenose whale (*Hyperoodon rostratus*). *Proceedings of the Roy. Zoological Society, London*, 1882, p. 726-731.

HARRISON, R.J. & TOMLINSON, J.D.W. (1960). Normal and experimental diving in the common seal (*Phoca vitulina*). *Mammalia*, Vol. 24, p. 386-399.

IRVING, L. (1937). The respiration of the beaver. *Journal of Cellular and Comparative Physiology*, Vol. 9, Nr. 3, p. 437-451.

IRVING, L. (1939). Respiration in diving mammals. *Physiological Reviews*, Vol. 19, Nr. 1, p. 112-134.

IRVING, L., SCHOLANDER, P. F. & GRINNELL, S. W. (1941 a). The respiration of the porpoise. *Tursiops truncatus*. *Journal of Cellular and Comparative Physiology*, Vol. 17, Nr. 2, p. 145-168.

IRVING, L., SCHOLANDER, P. F. & GRINNELL, S. W. (1941 b). Significance of the heart rate to the diving ability of seals. *Journal of Cellular and Comparative Physiology*, Vol. 18, Nr. 3, p. 283-297.

KING, J.E. (1964). *Seals of the world*. p. 127. London: Trustees of the British Museum (N.H.).

KOORYMAN, G.L. (1966). Maximum diving capacities of the Weddell seal, *Leptonychotes weddelli*. *Science*, Vol. 151, Nr. 3717, p. 1553-1554.

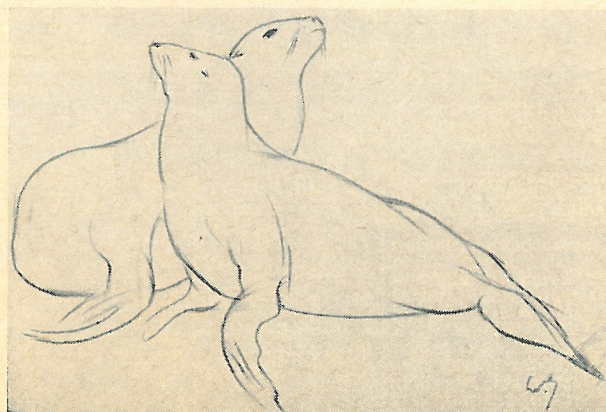
SCHEFFER, V.B. (1958). *Seals, sea lions and walruses, a review of the Pinnipedia*. p. 21. Stanford: Stanford University Press.

SCHOLANDER, P.F. & IRVING, L. (1941). Experimental investigations on the respiration and diving of the Florida manatee. *Journal of Cellular and Comparative Physiology*, Vol. 17, Nr. 2, p. 169-191.

SCHOLANDER, P.F. (1963). The master switch of life. *Scientific American*, Vol. 209, Nr. 6, p. 92-106.

SLIJPER, E. J. (1958). *Walvissen*. pp. 524. Amsterdam: D.B. Centen.

VERHEYEN, R. (1954). *Monographie éthologique de l'hippopotame (Hippopotamus amphibius Linné)*, p. 39. Bruxelles: Institut des Parcs Nationaux du Congo Belge.



Les phoques, champions de plongée

par Hendrik VAN DEN BERGH

Le phoque de Weddell plonge à 600 m de profondeur

Le phoque de Weddell, *Leptonychotes weddelli* (LESSON), habite les côtes du continent Antarctique; il est par conséquent le phoque dont la zone de répartition est la plus méridionale. On ne le rencontre que par exception dans des jardins zoologiques. Ainsi que vous aurez pu le lire dans la précédente revue « Zoo », un phoque de Weddell a séjourné pendant quelques semaines dans le bassin où sont installés actuellement les phoques du lac Baikal. De la pointe du nez aux extrémités des nageoires, cet exemplaire mesurait amplement deux mètres. Il n'avait probablement pas encore atteint la taille adulte, qui se situe aux environs de trois mètres. Les amis des animaux, qui visitent régulièrement le Zoo, sont habitués à voir l'impressionnante ampleur des éléphants de mer. Pour eux le phoque de Weddell n'était qu'un phoque comme les autres, bien qu'il fut de nature plutôt agressive et qu'il ait un grand nombre de taches et de rayures blanchâtres sur son dos foncé.

Des chercheurs américains ont récemment démontré que le phoque de Weddell ne peut nullement être considéré comme « un phoque comme les autres ». En effet, ses prestations de plongeur sont telles que même les capitaines de sous-marins pourraient les envier.

En 1964 déjà, DE VRIES et WOHLISCHLAG communiquèrent les résultats obtenus avec deux phoques de Weddell, sur le dos desquels on avait fixé des bathymètres. Lorsque les animaux furent recapturés près du Détroit de MacMurdo, les instruments avaient enregistré des profondeurs maxima de respectivement 320 et 350 m. Il va de soi qu'un grand nombre de profondeurs moindres avaient également été notées.

Plus impressionnantes encore sont les données particulièrement complètes rassemblées par KOOYMAN (1966) durant deux étés polaires passés près du Détroit de MacMurdo. Ce chercheur fit usage de quatre types différents de bathymètres auto-enregistreurs. Il réussit à déterminer la profondeur maximum atteinte par 27 phoques de Weddell au cours de 381 plongées. En outre, 959 durées de plongées furent mesurées pour 31 exemplaires. Ces expériences furent toujours faites avec des animaux sauvages. KOOYMAN et ses aides forèrent chaque fois un trou au milieu d'un grand champ de glace, sans fissures ni brèches. La glace avait environ 1,80 m d'épaisseur et recouvrait une profondeur de 600 m d'eau. Le phoque était capturé à quel-

ques km de là et transporté sur la glace jusqu'à la trouée. Une fois équipé d'appareils de mesure, on le laissait descendre dans l'ouverture. Etant donné que dans un rayon d'au moins un mile autour de cet orifice il n'y avait pas d'autres sources de respiration, il y avait beaucoup de chances que le phoque revint au trou. Les biologistes demeurèrent à cet endroit pour récupérer leurs appareils de mesure. Après quelques heures, certains animaux découvrirent d'autres percées dans la glace et ne revinrent pas. Beaucoup de phoques restèrent aussi pendant plusieurs jours près du trou qui avait été foré, pour y pêcher. Un vieux mâle se trouvait encore près de l'ouverture quatre semaines après y avoir été placé par les observateurs.

La durée de la plupart des plongées était inférieure à cinq minutes. Les animaux restaient alors aux environs immédiats du trou. Les exemplaires qui restaient 6 à 15 minutes sous l'eau atteignaient généralement des profondeurs de plus de 100 m, bien que des profondeurs de plus de 300 m n'étaient pas rares. Les animaux qui séjournèrent pendant plus de 20 minutes sous l'eau semblaient être à la recherche d'autres orifices dans la glace. Le temps d'immersion le plus long fut observé chez une femelle adulte, qui plongea pendant 43 minutes et 20 secondes.

D'après les mesurages de KOOYMAN, il semble que les phoques de Weddell plongent souvent à des profondeurs de 300 à 400 m. Ils nagent rarement à plus de 400 m. Le record fut atteint par



Le phoque de Weddell s'apprête à plonger. Les ouvertures nasales sont déjà partiellement fermées.

(Photo H.V.d.bergh)



le vieux mâle dont il fut question plus haut; il atteint 600 m de profondeur. KOOYMAN pense que cette profondeur et que la durée de plongée de 43 minutes, frôlent les limites de prestation du phoque de Weddell.

Différents types de records

Quiconque, en fermant le nez, plonge la figure dans le lavabo, s'apercevra rapidement qu'une durée de 30 secondes sous l'eau représente déjà une belle prestation pour une personne inexercée. En consultant la littérature nous avons réuni quelques temps de plongée d'un nombre de mammifères (voir tableau). Le nombre des données disponibles n'est pas très grand. De nouvelles observations viendront probablement modifier certains chiffres. En considérant les données, il faut tenir compte du fait qu'elles ont été rassemblées dans des situations très différentes: en aquarium et en pleine nature, durant la chasse et lors d'expériences. Les circonstances influent fortement les prestations physiques de l'animal et de l'homme. Les phoques ordinaires peuvent séjourner pendant environ 20 minutes sous l'eau. Il y a peu de chances qu'ils le fassent au Zoo, où rien ne les y incite. Dans un des bassins profonds ils somnolent parfois sous l'eau à la manière des phoques: ils se laissent flotter verticalement dans l'eau, le nez fermé sous la surface. Toutes les 2 à 3 minutes les ouvertures nasales s'ouvrent au-dessus de la surface.



Le phoque gris, *Halichoerus grypus* (FABRICIUS), ne se rencontre que de temps en temps sur nos côtes. C'est un rapide et habile nageur, qui plonge à plus de 100 m de profondeur.

(Photo H.V.d.bergh) (Texels' Museum)

Lorsque, durant les expériences, les animaux sont immergés avec force, ils atteignent généralement des temps de plongée plus longs que s'ils collaborent volontairement. Mais ce n'est pas toujours le cas. IRVING e.a. (1941a) constatèrent que la respiration d'un marsouin normal, tenu sous l'eau pendant seulement 2½ minutes, s'arrêta. L'animal fut ramené à la surface mais mourut. Dans la nature, les marsouins plongent pendant 4 à 5 minutes et renouvellent plusieurs fois de suite de telles prestations, sans intervalles de repos. La plupart des animaux ne se laissent pas entraîner à de tels records et les biologistes sont rarement disposés à exposer leurs animaux d'expériences aux noyades.

Les prestations exceptionnelles des phoques de Weddell en matière de plongées ne sont surpassées que par celles de quelques baleines à dents (*Odontoceti*) (voir tableau). Elles sont aussi égalées ou dépassées par les temps de plongées de certaines — bien plus grandes — baleines à fanons. IRVING (1939) cite e.a. les maxima suivants, provenant de sources plus anciennes: pour la baleine franche, *Balaena mysticetus* LINNAEUS, 60 minutes; pour le rorqual bleu, *Balaenoptera musculus* (LINNAEUS), 50 minutes. Ce sont des records qui ne sont probablement notés que pendant les chasses à la baleine. Normalement les rorquals et les véritables baleines (*Mystacoceti*) ne resteraient que 10 à 15 minutes sous l'eau, SLIJPER (1958). On ne peut d'ailleurs pas comparer ces énormes animaux avec des pinnipèdes bien plus petits.

Les durées d'immersion des oiseaux aquatiques, citées par ANDERSEN (1966) dans son récent aperçu, sont toutes moins longues:

canard blanc domestique	max. 15 minutes;
guillemot à miroir	
<i>Uria grylle</i> (LINNAEUS)	max. 12 minutes;
manchot papou	
<i>Pygoscelis papua</i> (FORSTER)	max. 7 minutes;
macareux moine	
<i>Fratrercula artica</i> (LINNAEUS)	max. 4 minutes.
(Données notées lors d'expériences !)	

Notons enfin que, d'après BERKSON (1966), la tortue franche (*Chelonia mydas* LINNAEUS), reste volontairement sous eau en aquarium pendant 15 à 50 minutes. Durant des expériences, un exemplaire est même resté pendant six heures sous eau, sans conséquences néfastes. On peut toutefois difficilement comparer les reptiles, qui ont un métabolisme très lent, avec les mammifères ou les oiseaux à sang chaud.

Comment les pinnipèdes peuvent-ils subsister si longtemps sans respirer ?

Ceux qui nous ont suivis jusqu'ici et qui ont jeté un coup d'œil sur le tableau, se poseront proba-



Au cours des expériences, le phoque ordinaire resta pendant 23 minutes sous l'eau. (Photo H.V.d.bergh)

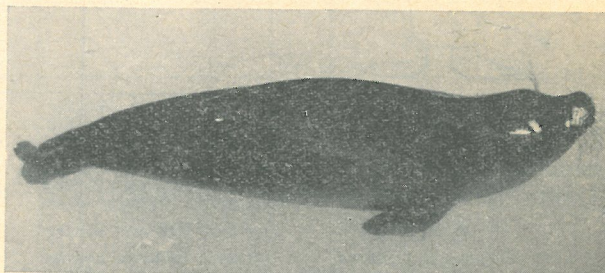
blement les questions suivantes : Qu'est-ce qui incite les pinnipèdes à plonger si profondément ? Comment peuvent-ils supporter l'énorme pression qui règne à des centaines de mètres sous l'eau ? L'homme et les animaux domestiques étouffent après quelques minutes d'immersion; pourquoi pas les phoques ?

Dans la région polaire, des phoques de Weddell ont déjà été aperçus sur la glace à des distances considérables de l'eau libre. Des groupes d'animaux furent signalés en direction de la terre ferme dans des crevasses de la banquise, situées à des distances respectives de 58, 32 et 22 km du bord de la calotte polaire. Il semble possible que les pinnipèdes atteignent ces ouvertures en nageant sous la banquise. DE VRIES et WOHLISCHLAG (1964) ont observé des phoques de Weddell dans une large crevasse de glace à 32 km du bord de la banquise. Ce champ de glace avait une épaisseur d'environ 200 m. Ils estimaient possible que les phoques aient nagé depuis la haute mer vers la crevasse sous l'épaisse banquise. Si les phoques de Weddell sont capables de découvrir une crevasse dans la glace et de parcourir 32 km sous l'eau, ils doivent dans ce cas — d'après DE VRIES et WOHLISCHLAG — disposer d'un sens d'orientation très développé. Ce pouvoir d'orientation n'a pas encore été étudié, bien que plusieurs observations semblent indiquer que les pinnipèdes disposent d'un système de *sonar*, qui leur permettrait de localiser des poissons et des autres objets submergés susceptibles de renvoyer l'écho des bruits émis par les pinnipèdes.

Le phoque gris rechercherait les grandes profondeurs pour y chasser des espèces de poissons qu'il ne trouve pas en eaux moins profondes. Les morses se nourrissent de différentes espèces de mollusques qui ne vivent que sur le fond de la mer.

Lorsque des hommes, placés dans un caisson ou munis d'un scaphandre, sont rapidement remontés à la surface, ils sont pris de malaises et de douleurs musculaires. Parfois des désordres nerveux, des paralysies et même la mort s'ensuivent. Ils souffrent de ce qu'on appelle le mal des caissons ou mal de décompression (bends). De petites bulles de gaz se sont formées dans les vaisseaux sanguins et dans les tissus des poumons; elles se composent d'azote, une des composantes de l'air. Par suite de la forte pression qui règne sous l'eau, une plus grande quantité d'azote se dissout dans le sang, comparativement à la surface. Si le plongeur remonte trop rapidement, cet azote se dégage et forme des bulles sur place, comme dans une bouteille de soda brusquement débouchée. Ces bulles sont la cause des accidents. Après une plongée profonde, les hommes-grenouilles doivent remonter lentement et respecter des paliers de décompression, de telle sorte que l'azote, dissout dans le sang, ait le temps d'être graduellement évacué en se mélangeant à l'air dans les poumons. Les phoques (et les baleines) savent remonter rapidement de grandes profondeurs. Comment expliquer cette différence ? L'homme-grenouille et le scaphandrier disposent d'une réserve d'air et absorbent une nouvelle quantité d'azote avec chaque respiration. Celle-ci se dissout dans le sang. Les tissus, à leur tour, se chargent d'azote. Après un séjour prolongé en profondeur, une quantité considérable de ce gaz s'est accumulée dans l'organisme. Le phoque, par contre, ne dispose que de l'air présent dans ses poumons; il n'emporte donc que peu d'azote vers les profondeurs. Avec une si minime provision d'azote, il n'a rien à craindre du mal des caissons.

Il n'est pas exclu que les phoques expulsent l'air de leurs poumons avant d'entamer une plongée profonde. Ils n'emporteraient donc que très peu d'air et, par conséquent, encore moins d'azote. On n'est pas encore certain que cela se passe ainsi en réalité (ANDERSEN, 1966), bien qu'on ait parfois supposé que cela augmenterait le poids spécifique



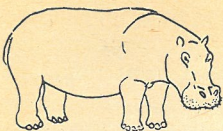
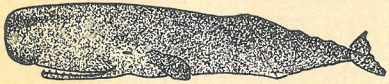
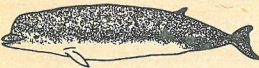
Le phoque du lac Baïkal dort dans l'eau. La photo a été prise au moment où le nez sortait de l'eau pour respirer. Cela avait lieu toutes les trois minutes. Les yeux restaient fermés. Entre les intervalles respiratoires, seule une petite partie du dos émergeait.

(Photo H.V.d.bergh)

Durées de plongées de quelques mammifères

Les maxima indiqués pour la profondeur et la durée de plongée ne proviennent pas de la même observation, sauf lorsque c'est indiqué explicitement.

	DUREE DE PLONGEE	PROFONDEUR	OBSERVATIONS	SOURCE
PINNIPEDES :				
Phoque de Weddell <i>Leptonychotes weddelli</i> (Lesson)	10 à 25 min. 43 min. 20 sec.	300 à 400 m 600 m	nombreux mesurages avec animaux en liberté. maximum pour resp. 959 et 381 observations avec resp. 31 et 27 adultes ou sub-adultes dans la nature	KOOYMAN (1966) DE VRIES & WOHLSCHLAG (1964) KOOYMAN (1966)
Phoque <i>Phoca vitulina Linnaeus</i>	5 min.	7 m	bébé de 1 mois; max. dans conditions expérimentales.	HARRISON & TOMLINSON (1960)
	23 min.	91 m	jeune-adulte; max. dans conditions expérimentales (La prof. de 91 m n'a pu être supportée que peu de temps).	HARRISON & TOMLINSON (1960)
	20 min.		max. prob. dans la nature.	SCHEFFER (1958)
Phoque gris <i>Halichoerus grypus</i> (Fabricius)	1 min.	22 m	chiffres pour plongée spontanée d'un jeune de 4 mois pendant son 1er voyage.	SCHOLANDER (1940) cité par HARRISON & TOMLINSON (1960)
	15 min.		pris dans un filet.	IRVING (1939)
	15 à 20 min.	128 à 146 m	jugé possible sur base d'expériences. jeune exemp. accroché dans une ligne.	IRVING, SCHOLANDER & GRINNELL (1941 b) COLLETT (1881)
Morse du Pacifique <i>Odobenus rosmarus divergens</i> (Illiger)		55 à 91 m	pendant la recherche de mollusques sur le fond de la mer	BUCKLEY (1958)
Ours de mer <i>Arctocephalus pusillus</i> (Schreber)		71 m	observé en mer par des plongeurs humains	KING (1964)
AUTRES MAMMIFERES :				
Castor du Canada <i>Castor canadensis</i> (Kuhl)	1 à 2 min.	—	temps normal dans la nature	IRVING (1937)
	15 min.	—	probablement maximum	IRVING (1937)
Rat musqué <i>Ondatra zibethicus</i> (Linnaeus)	12 min.	—	max. sous contrainte expérimentale	IRVING (1939)

Hippopotame <i>Hippopotamus amphibius</i> Linnaeus 	1 min. 44 sec. 4 min.	—	moyenne pour 280 observations dans la nature. 3 observat. max. sur 280 mesurages dans la nature.	VERHEYEN (1954) VERHEYEN (1954)
Lamantin <i>Trichechus manatus latirostris</i> (Harlan) 	75 à 100 sec. 6 min. 8 min. 12 à 15 min. 16 min. 20 sec.		respiration normale en captivité (2 exempl.). durée max. de plongée de 2 exempl. en captivité. plongée volontaire max. de 2 exempl. en aquarium. mêmes exempl. sous contrainte expérimentale. durée max. de plongée de 3 exempl. en captivité.	SCHOLANDER & IRVING (1941) CRANE (1881) SCHOLANDER & IRVING (1941) SCHOLANDER & IRVING (1941) PARKER (1922) cité par IRVING & SCHOLANDER (1941)
Marsouin <i>Phocaena phocaena</i> (Linnaeus) 	4 à 5 min.	20 m	plongée volontaire dans fjord observation max. ?	IRVING, SCHOLANDER & GRINNELL (1941 a) SLIJPER (1958)
Dauphin à gros nez <i>Tursiops truncatus</i> (Montague) 	2 à 3 min. 6 min. 5 min. 13 à 15 min.		durée de plongée forcée lors d'expériences sans danger d'issue mortelle. max. atteint sous contrainte expérimentale. probablem. max. en liberté. lors recherche nourriture.	IRVING, SCHOLANDER & GRINNELL (1941 a) IRVING, SCHOLANDER & GRINNELL (1941 a) IRVING, SCHOLANDER & GRINNELL (1941 a) SLIJPER (1958)
Cachalot <i>Physeter macrocephalus</i> (Linnaeus) 	50 min. 90 min.	988 m	ensuite 10 min. en surface pour récupérer. record. restes embrouillés dans câble téléphonique sous-marin.	SLIJPER (1958) SLIJPER (1958)
Deugling <i>Hyperoodon ampullatus</i> (Forster) 	± 120 min.	500 m	♂ ♂ adultes après harponnage. calmars vivant à cette profondeur, retrouvés dans estomac.	GRAY (1882) SLIJPER (1958)
Homme 	1 min. 2 min. 30 sec. 4 min. 45,4 sec. 6 min. 29,8 sec.	30 m 60 m	normal pour pêcheurs de perles australiens (max. 2 min.) max. pour pêcheuses de perles japonaises (les «ama») sans appareils à oxygène. record mondial dames. record mondial hommes (1912). (Probablement en eau chaude, sans mouvements !). record du français Jacques Mayol sans appareil à oxygène, mais à l'aide d'un poids (durée 2 min. 1 sec.); 1966.	SCHOLANDER (1963) IRVING (1939) ABRAHAMS (1956) ABRAHAMS (1956)

de l'animal et rendrait ainsi la plongée plus facile. On ne comprend pas encore de quelle façon exactement le phoque de Weddell résiste à une pression de 600 m d'eau.

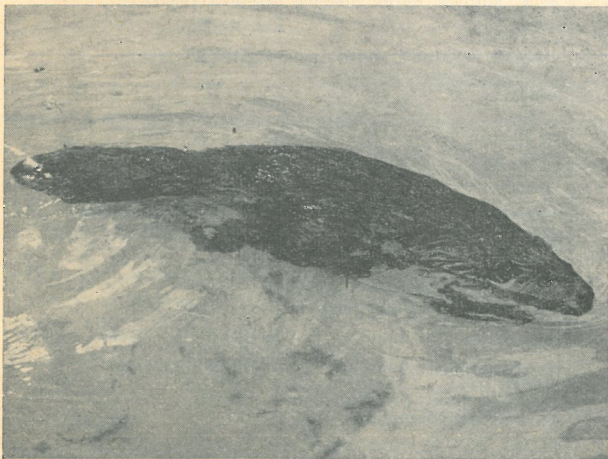
Les propriétés qui permettent aux pinnipèdes et autres mammifères aquatiques de séjourner longtemps sous l'eau, ont surtout été étudiées ces dernières années par IRVING, SCHOLANDER et leurs collaborateurs, aux Etats-Unis. Bien que ce problème est loin d'être résolu, certains faits précis découlent cependant de leurs vastes recherches chimiques et physiologiques.

L'hypothèse la plus simple est que le phoque peut emporter suffisamment d'oxygène pour la durée de son séjour sous l'eau. Est-ce exact ?

— Chez les phoques, l'inspiration et l'expiration ont lieu bien plus complètement que chez l'homme et les mammifères terrestres. La quantité d'air inspirée et expirée lors de chaque respiration aussi est sensiblement plus grande que chez les animaux terrestres du même poids. Comparés aux autres animaux, les phoques possèdent des poumons à peine plus grands.

— Dans les poumons, l'oxygène est recueilli par le sang et principalement par l'hémoglobine des globules rouges. Un phoque possède un plus grand volume de sang que des non-plongeurs du même poids. Le sang du phoque ordinaire peut recueillir un peu plus d'oxygène qu'une même quantité de sang humain.

— L'oxygène est également retenu par le pigment rouge des muscles (myoglobine). Les muscles des phoques contiennent beaucoup de pigment rouge et une bien plus grande quantité d'oxygène s'y accumule, comparativement aux muscles d'un homme par ex. (Théoriquement cette quantité devrait suffire au phoque pendant 5 à 10 minutes, lorsqu'il se tient tranquille.)



Le castor du Canada nage gracieusement et vite. Il plonge bien, mais ne reste que peu de temps sous eau.

(Photo H.V.d.bergh)

La « provision d'oxygène » des phoques (et autres animaux plongeurs) est donc bien plus grande que celle des autres animaux terrestres. Elle n'est cependant pas suffisante pour permettre aux phoques de séjourner sous l'eau pendant des périodes prolongées, telles qu'elles furent pourtant observées. Il faut donc trouver une explication supplémentaire. Le phoque peut-il utiliser sa provision d'oxygène avec grande parcimonie ?

— Durant la plongée, l'apport de sang aux organes digestifs, reins, peau et muscles est presque totalement arrêté. La pression sanguine est maintenue dans le cerveau, le cœur et les poumons et dans ces organes vitaux l'apport d'oxygène se maintient sans diminution. Une quantité appréciable d'oxygène est épargnée, grâce à ce mécanisme.

SCHOLANDER ayant dressé ses phoques à plonger le nez dans une cuvette d'eau, se rendit compte qu'ils tremblaient de froid après l'expérience. La température de leur corps était descendue, non pas parce que les animaux s'étaient refroidis dans l'eau froide, mais parce que leur corps avait produit moins de chaleur.

— Un phénomène, qui est étroitement lié au précédent, est toutefois plus difficile à comprendre. Des muscles qui travaillent ont besoin d'énergie. Cette énergie est fournie par une combustion qui s'opère en deux phases : tout d'abord le combustible (glycogène) est transformé en acide lactique ; durant la seconde phase une partie de cet acide lactique est complètement retransformée par combustion pour produire de l'acide carbonique, qui sera expulsé. Ce n'est que pour cette seconde phase que l'oxygène est nécessaire. Lorsque le phoque est sous eau depuis 5 à 10 minutes, une grande quantité d'acide lactique commence à s'accumuler dans ses muscles. Ce n'est que lorsque l'animal sera revenu à la surface que la circulation sanguine est rétablie dans le corps entier. L'acide lactique arrive alors en grandes quantités dans le circuit sanguin. Temporairement le phoque (et les autres animaux plongeurs) réduit donc sensiblement sa consommation d'oxygène et ensuite rattrape cette économie temporaire. Un homme, qui court après le tram, ne sera hors d'haleine que lorsqu'il sera monté dans le véhicule. Pendant un instant son organisme devra récupérer le manque d'oxygène dû à la course. Les animaux plongeurs savent récupérer un grand manque d'oxygène (oxygen-debt), et cela sans conséquences fâcheuses.

Nous avons vu plus haut que la circulation sanguine et le métabolisme sont fortement réduits lors de la plongée. Il y a toutefois un phénomène important qui précède et qui a été remarqué jusqu'à présent chez tous les animaux plongeurs, aussi bien chez les lamantins, les phoques, les marsouins, que chez les castors, les canards, les manchots, les crocodiles, les tortues franches, etc. Durant la plongée, le cœur bat beaucoup moins vite, même si l'animal

travaille de manière intense sous l'eau. Chez le phoque commun, les battements de cœur descendent à un dixième de la fréquence normale, dès qu'il enfonce son nez sous l'eau. Cela se passe si rapidement qu'il s'agit probablement d'un réflexe et non pas d'un effet du manque d'oxygène, qui ne se fait sentir que beaucoup plus tard. Chez les castors et les manchots les battements de cœur ralentissent progressivement peu après le début de la plongée. Chez les hommes entraînés, par ex. les pêcheurs de perles, ce phénomène apparaît également.

Sans doute y a-t-il encore d'autres facteurs qui influencent la résistance des phoques contre le danger d'asphyxie, entre autres leur résistance à l'acide carbonique. Ils ne semblent apparemment pas disposer de l'un ou l'autre moyen prodigieux, absent chez les autres animaux. Les prestations des phoques de Weddell en plongée n'en inspirent que plus d'admiration. Les facteurs qui permettent aux pinnipèdes de plonger, sont présents chez tous les mammifères et aussi chez l'homme (IRVING, 1939.) Mais chez les pinnipèdes ils ont atteint un plus haut degré de perfection.

L'étude des pinnipèdes et des baleines ouvre de nouveaux horizons sur les problèmes qui se posent à l'homme lorsqu'il essaie d'atteindre les profondeurs sous-marines. L'étude des phoques a aussi contribué à mieux comprendre ce qui se passe au moment critique de la vie, lorsque chacun est exposé au danger d'asphyxie : la naissance.

OUVRAGES CITES

- ABRAHAM, A. (1956). *The human machine*. p. 175. Harmondsworth : Penguin Books.
- ANDERSEN, H.T. (1966). Physiological adaptations in diving vertebrates. *Physiological Reviews*, Vol. 46, Nr. 2, p. 212-243.
- BERKSON, H. (1966). Physiological adjustments to prolonged diving in the Pacific green turtle (*Chelonia mydas agassizii*). *Comparative Biochemistry and Physiology*, Vol. 18, Nr. 1, p. 101-119.
- BUCKLEY J.L. (1958). The Pacific walrus, a review of current knowledge and suggested management needs. pp. 29. *US Fish and Wildlife Service, Special Report*, Nr. 41.
- CRANE, A. (1881). Notes on the habits of the manatee (*Manatus australis*) in captivity in the Brighton

- Aquarium. *Proceedings of the Roy. Zoological Society, London*, 1881, p. 456-460.
- COLLET, R. (1881). On *Halichoerus grypus* and its breeding on the Fro Islands off Trondhjems-Fjord in Norway. *Proceedings of the Roy. Zoological Society, London*, 1881, p. 380-387.
- DE VRIES, A. L. & WOHLSCHLAG, D. E. (1964). Diving depths of the Weddell seal. *Science*, Vol. 145, Nr. 3629, p. 292.
- GIJZEN, A. (1956). Robben (Pinnipedia). *Tijdschrift Zoo, Antw.*, Vol. 22, Nr. 1, p. 4-38.
- GIJZEN, A. (1966). La 3ème Expédition Antarctique Belgo-Néerlandaise amène un phoque de Weddell pour le Zoo d'Anvers. *Revue ZOO, Anvers*. Vol. 32. Nr. 1, p. 6-8.
- GRAY, D. (1882). Notes on the character and habits of the bottlenose whale (*Hyperoodon rostratus*). *Proceedings of the Roy. Zoological Society, London*, 1882, p. 726-731.
- HARRISON, R.J. & TOMLINSON, J.D.W. (1960). Normal and experimental diving in the common seal (*Phoca vitulina*). *Mammalia*, Vol. 24, p. 386-399.
- IRVING, L. (1937). The respiration of the beaver. *Journal of Cellular and Comparative Physiology*, Vol. 9, Nr. 3, p. 437-451.
- IRVING, L. (1939). Respiration in diving mammals. *Physiological Reviews*, Vol. 19, Nr. 1, p. 112-134.
- IRVING, L., SCHOLANDER, P. F. & GRINNELL, S. W. (1941 a). The respiration of the porpoise. *Tursiops truncatus*. *Journal of Cellular and Comparative Physiology*, Vol. 17, Nr. 2, p. 145-168.
- IRVING, L., SCHOLANDER, P. F. & GRINNELL, S. W. (1941 b). Significance of the heart rate to the diving ability of seals. *Journal of Cellular and Comparative Physiology*, Vol. 18, Nr. 3, p. 283-297.
- KING, J.E. (1964). *Seals of the world*. p. 127. London : Trustees of the British Museum (N.H.).
- KOOYMAN, G.L. (1966). Maximum diving capacities of the Weddell seal, *Leptonychotes weddelli*. *Science*, Vol. 151, Nr. 3717, p. 1553-1554.
- SCHEFFER, V.B. (1958). *Seals, sea lions and walruses, a review of the Pinnipedia*. p. 21. Stanford : Stanford University Press.
- SCHOLANDER, P.F. & IRVING, L. (1941). Experimental investigations on the respiration and diving of the Florida manatee. *Journal of Cellular and Comparative Physiology*, Vol. 17, Nr. 2, p. 169-191.
- SCHOLANDER, P.F. (1963). The master switch of life. *Scientific American*, Vol. 209, Nr. 6, p. 92-106.
- SLIJPER, E. J. (1958). *Walvissen*. pp. 524. Amsterdam : D.B. Centen.
- VERHEYEN, R. (1954). *Monographie éthologique de l'hippopotame (Hippopotamus amphibius Linné)*, p. 39. Bruxelles : Institut des Parcs Nationaux du Congo Belge.