

Site miroir du Centre  
d'Etude et de Recherche sur  
la Bipédie Initiale

-- BIPEDIA - BIPEDIA n° 24 --

BIPEDIA

n° 24

Bipedia 24.1

**ALCUNI STRANI  
ADATTAMENTI  
DEGLI ESSERI  
UMANI ALLA VITA  
SOTT'ACQUA**

**Résumé :**

par Sandro D'ALESSANDRO

SUR LES ETRANGES ADAPTATIONS DE L'ETRE HUMAIN A LA VIE SOUS L'EAU

samedi 28 mai 2005

Traduction française de Marinella Crapanzano à la suite de l'article en italien

### ALCUNI STRANI ADATTAMENTI DEGLI ESSERI UMANI ALLA VITA SOTT'ACQUA

par Sandro D'ALESSANDRO

*" Ma i delfini non hanno dimenticato che sono stati uomini e anche nella loro anima incosciente ne serbano il ricordo "*

( Oppiano )

Affermare che l'uomo non sia un mammifero terrestre sarebbe un'asserzione priva di alcun fondamento ; c'è però da rilevare che esistono delle caratteristiche, nell'anatomia e nella fisiologia degli esseri umani, che ne fanno un mammifero terrestre davvero "sui generis".

Non sfuggono infatti, ad un'osservazione attenta, alcune incongruenze che mal si accordano con un'esistenza supposta sempre "terricola" dello stesso uomo, in quanto esiste tutta una serie di correlazioni che legano in maniera abbastanza evidente l'uomo all'ambiente sommerso, correlazioni che non è dato riscontrare in alcun altro mammifero non schiettamente acquatico.

La più appariscente di tali caratteristiche è probabilmente l'assenza di una folta peluria, assenza che si rileva fra i Mammiferi che hanno legato strettamente la loro esistenza all'ambiente acquatico : tale è il caso dei Cetacei, dei Sirenidi, nonché degli elefanti ( strettamente imparentati con i precedenti ) e degli ippopotami ; si tratta, negli ultimi due casi, di pachidermi prettamente terrestri che non possono sopravvivere che per poco tempo se non nei pressi di bacini idrici, nelle cui acque potersi immergere molto frequentemente.

C'è da dire peraltro che Mammiferi molto grandi necessitano meno degli altri di una pelliccia, in quanto le loro stesse dimensioni li riparano adeguatamente dal freddo. Una legge dell'ecologia, nota come "regola di Bergman", asserisce infatti che, poiché il volume di un corpo ( e quindi anche di un animale ) è una funzione cubica, mentre la sua superficie è una funzione quadratica, in relazione alla propria massa corporea un animale di grandi dimensioni ha una superficie esterna minore di quella di un animale di piccole dimensioni. Poiché la zona di contatto con l'ambiente esterno è proprio la superficie esterna, un Mammifero di grandi dimensioni può quindi tollerare meglio le basse temperature. Per questo motivo animali grandi non hanno la stessa necessità degli animali più piccoli di proteggersi dalle temperature esterne ; ciò spiega fra l'altro il raggiungimento di maggiori dimensioni da parte di quegli animali che vivono in climi più freddi. Se però questa argomentazione potrebbe essere invocata per spiegare l'assenza di pelliccia nei pachidermi e nei grandi Cetacei, è evidente che essa non spiegherebbe come mai anche i Cetacei più piccoli ( Delfini, Stenelle, Inie, ecc ) ed i Sirenidi ne siano sprovvisti.

La spiegazione dell'assenza della pelliccia è, almeno per Cetacei e Sirenidi, di tutt'altro tipo. Tanto più che la forma del loro corpo non è assimilabile in alcun modo ad una sfera, presupposto essenziale per l'applicazione della regola di Bergman : la loro forma allungata tende piuttosto, infatti, ad aumentarne la superficie di contatto con l'ambiente esterno. Nel corso dei loro adattamenti morfologici esteriori, tali animali hanno infatti privilegiato una maggiore idrodinamicità a scapito di una ottimale coibentazione termica, che viene invece assicurata dalla presenza di uno spesso strato

di grasso sottocutaneo.

Nel caso dell'uomo, l'assenza di fitta peluria parrebbe un fattore negativo, tale da creare problemi alla sua stessa sopravvivenza : essa si rivela infatti svantaggiosa da un punto di vista della termoregolazione, se si considera che l'uomo deve ricorrere ad indumenti di vario tipo, non esclusa la stessa pelliccia degli animali, al fine di ripararsi dal freddo. Sembra infatti proprio un'incongruenza, il fatto che l'evoluzione del genere umano abbia determinato la perdita di una caratteristica che ha rivelato la sua utilità e la sua funzionalità finanche nei mammiferi viventi in ambienti caratterizzati da limitate escursioni termiche ! In effetti, se non si considera la possibilità che il genere umano abbia assunto, in un determinato stadio della sua evoluzione, degli adattamenti sensibilmente diversi da quelli che gli si attribuiscono comunemente, risulta difficile trovare una valida spiegazione a questo strano processo evolutivo.

Accanto agli innegabili ed ovvii vantaggi che apporta, una pelliccia folta determina, in virtù del maggiore attrito, una certa difficoltà di avanzamento dell'animale al nuoto. Per questo motivo la riduzione della peluria è, nei Mammiferi, tanto maggiore quanto maggiore è l'adattamento all'elemento acquatico.

La pelliccia della lontra - considerata, neanche a dirlo, molto pregiata -, pur essendo abbondante ed assai funzionale per la protezione dell'animale dal freddo, è molto compatta, il che permette di ridurre la resistenza al nuoto subacqueo : accanto ad altre specie di Mustelidi che non hanno alcuna affinità per l'ambiente acquatico ( ad es. la martora o la faina ), passando per altre via via più adattate, come ad es. la puzzola, essa manifesta i migliori adattamenti della sua Famiglia, e non solo ( la lontra è in Europa il mammifero terrestre che meglio degli altri si è adattato a vivere in ambiente acquatico ). Tali adattamenti che permangono tuttavia ad un livello inferiore rispetto a quelli di altri gruppi di Mammiferi.

Non si nota ad es., neanche nei Mustelidi più "acquatici", quella tendenza all'eliminazione della peluria che si verifica invece in Mammiferi maggiormente adattati alla vita nell'acqua.

Ciò potrebbe essere spiegato con l'habitat in cui questi animali vivono. Una prima osservazione è relativa alle profondità operative, relativamente modeste anche nel caso della lontra marina : mentre Focidi ed Odobenidi sono in grado di raggiungere profondità di diverse centinaia di metri, le cui notevoli pressioni ostacolano non poco il movimento di qualsiasi corpo immerso, per le lontre è sufficiente sapersi immergere a pochi metri di profondità, in quanto nel loro habitat gli abissi non esistono. Un'altra osservazione è relativa allo stesso habitat, che non può prevedere un'eccessiva specializzazione all'ambiente sommerso, in quanto, se troppo spinta, essa potrebbe limitare la capacità dell'animale di sfuggire ai predatori in ambiente terrestre. D'altra parte, per la regola di Bergman, le piccole dimensioni della specie ne scongiurerebbero da sole la perdita o la riduzione della peluria.

Nelle foche e nelle otarie, indubbiamente più adattate delle lontre a vivere in ambiente acquatico, la pelliccia, sebbene ancora presente, è ridotta e coadiuvata da uno spesso strato di grasso sottocutaneo avente la funzione di riparare l'animale dai freddi intensi. Nei trichechi, in cui la pelliccia è meno folta che nelle specie viste in precedenza, la funzione di coibente termico sembra assegnata quasi esclusivamente al solo pannicolo di grasso.

Gli unici mammiferi completamente sprovvisti di pelliccia si riducono pertanto, oltre che ai già

ricordati pachidermi, Cetacei e Sirenidi, al solo uomo. Forse degno di nota è che anche l'uomo presenta, al pari di queste categorie di animali, una certa tendenza all'accumulo di grasso sottocutaneo.

Un'altra caratteristica fisiologica che lega l'uomo all'acqua è la possibilità di compensare, attraverso una semplice pressione del pollice e dell'indice, la pressione idrostatica esterna con quella interna. Le due dita, opponibili, sono infatti in grado di serrare il naso, permettendo, in seguito ad un processo espiratorio forzato, il pareggiamento a livello del timpano della pressione idrostatica esterna con la pressione interna dell'aria. A ben vedere, non esiste nessun altro mammifero che sia provvisto tanto di dita opponibili quanto di narici esterne che, come nell'uomo, permettano tale processo.

Ora, la possibilità di compensare è una condizione indispensabile per qualsiasi animale che viva nell'acqua, in quanto la pressione dell'acqua, che aumenta in misura lineare con l'aumentare della profondità, graverebbe altrimenti sulla membrana timpanica, determinando una sua introflessione prima e la sua rottura poi.

Possedere questa caratteristica è fondamentale per un animale acquatico, ma non ha evidentemente alcun senso per un animale che non si immerga a profondità tali da costituire, a causa della pressione idrostatica, un pericolo per la membrana timpanica.

- 
- 

È opportuno rilevare che i mammiferi maggiormente adattati alla vita nell'acqua, i quali non possono compensare allo stesso modo dell'uomo a causa della perdita progressiva dell'arto superiore ( nel quale, trasformato in pinna, le cinque dita sono ridotte a delle semplici vestigia ), sono in grado di compensare con una semplice pressione della lingua sul palato. I mammiferi che non vivono in acqua non sono in grado di compensare, anche perché dovrebbero risolvere insormontabili problemi di carattere anatomico.

L'uomo è, in una via di mezzo, in grado di compensare grazie ad un metodo come quello prima accennato, detto "metodo del Valsalva", sebbene alcuni individui particolarmente dotati siano in grado di farlo allo stesso modo dei mammiferi marini, esercitando una semplice pressione della lingua sul palato molle ( "metodo di Marcante-Odaglia" ).

Se, come è assodato, lo sviluppo individuale ripercorre quelle che sono state le tappe nel cammino evolutivo della propria specie, la straordinaria attitudine all'acqua che hanno i neonati nelle fasi iniziali del loro sviluppo non può che essere un segno dell'analogia attitudine che in passato doveva caratterizzare l'intero genere umano.

E' sorprendente che i neonati nati nei parti "acquatici", praticati per primo dal medico sovietico Igor Tijarkovskij e divenuti in seguito di ordinaria amministrazione in vari centri di tutto il mondo, siano immediatamente in grado di nuotare ed addirittura di trattenere il respiro ed andare sott'acqua. Tali familiarità con l'elemento liquido permangono poi acquisite in tali bambini, mentre i piccoli nati nei tradizionali parti "asciutti" diventeranno uomini che dovranno imparare a nuotare, con tutte le difficoltà del caso.

Qualsiasi mammifero terrestre si avvicina all'acqua, non fosse altro che per abbeverarsi ; molti si bagnano per pulizia o per motivi legati alla termoregolazione ; pochi sono quelli che dimostrano con l'elemento liquido una familiarità tale da permettere loro delle vere e proprie immersioni al fine di procacciarsi il cibo o di utilizzare l'acqua per qualche funzione della loro vita ( ad es. la già ricordata lontra o il macaco del Giappone, che ha imparato a sostare nell'acqua calda delle sorgenti termali per riscaldarsi durante la stagione fredda ) ; probabilmente uno solo è in grado di immergersi fino a profondità tali da rendere possibile un particolarissimo fenomeno conosciuto come "blood-shift". Quel mammifero è l'uomo il quale, in comune con i mammiferi acquatici, sfrutta il singolare privilegio costituito dall'azione della pressione idrostatica delle alte profondità, che, richiamando il sangue arterioso dagli organi periferici in favore degli organi interni, permette una loro maggiore ossigenazione, determinando inoltre una parziale incomprimibilità della cassa toracica. Prima della

scoperta dello straordinario meccanismo noto come blood-shift, non furono pochi i medici che nel passato misero in guardia gli apneisti che si contendevano il primato delle profondità, esortandoli a non superare la profondità di 50 metri, oltre la quale avrebbero visto irrimediabilmente la propria cassa toracica collassare, schiacciando i polmoni e determinando la morte. Nessuno poteva prevedere, all'epoca, questa caratteristica così particolare, questa peculiarità che accomuna i soli mammiferi capaci di immersioni alle grandi profondità, questo singolare privilegio concesso esclusivamente ai Cetacei, ai Pinnipedi e ... all'Uomo.

Nel secolo scorso il pescatore greco di spugne Haggi Statti, visitato da équipes mediche prima di dare inizio al suo tentativo di immergersi a 77 metri di profondità per recuperare l'ancora incagliata della "Regina Margherita", in superficie si rivelò incapace di trattenere il respiro per un tempo superiore ai 40 secondi, oltre che affetto da una perforazione timpanica e da un enfisema. Quasi a voler contrastare i deludenti risultati di queste verifiche, disse che sott'acqua era diverso, che sott'acqua si sentiva meglio e che all'aumentare della profondità vedeva aumentare di molto i suoi tempi di apnea.

Fu così che diede inizio ai suoi tentativi di recuperare l'ancora e, alla fine di una serie di immersioni protrattesi a profondità vertiginose, riuscì ad assicurare ad una fune l'anello dell'ancora, che poté così essere recuperata dalla nave-appoggio.

Alla base delle conoscenze oggi acquisite, l'incredibile impresa di Haggi Statti è spiegabile con due fenomeni fisici (oltre che, ovviamente, con le indubbie doti apneistiche del pescatore greco, almeno in profondità). Il primo è quello già ricordato del blood-shift, mentre il secondo è quello legato all'effetto della pressione idrostatica sulle pressioni parziali dei gas polmonari.

Scontato nella sua formulazione fisica, il fenomeno dell'aumento delle pressioni parziali dei gas polmonari comporta imprevisti risvolti a livello della funzionalità dell'organismo immerso.

Un essere vivente che respira in superficie immette nei polmoni un gas composto approssimativamente per 1/5 di ossigeno; i restanti 4/5 sono composti in massima parte da azoto, inerte ai fini vitali, ed in misura molto piccola da gas presenti in ridottissime quantità, fra i quali l'anidride carbonica. Il gas necessario alla respirazione è l'ossigeno, che al livello del mare (alla pressione di 1 atmosfera) è presente con una pressione parziale di 1/5 di atmosfera (0.20 atm). Scendendo in profondità, malgrado il progressivo ed inevitabile impoverimento di ossigeno dovuto all'attività metabolica, sopraggiunge l'effetto della pressione idrostatica che, comprimendo la cassa toracica, determina un aumento di pressione del gas polmonare. Così

supponendo per semplicità che non vi sia stato alcun consumo di ossigeno - a 10 metri di profondità, alla pressione assoluta di 2 atmosfere (1 dovuta alla pressione atmosferica ed 1 dovuta alla pressione della sovrastante colonna d'acqua di 10 metri), la pressione parziale dell'ossigeno sarà eguale a 0.4 atmosfere; a 20 metri sarà di 0.6 atmosfere, a 30 sarà di 0.8, ecc. In poche parole, l'effetto della pressione totale sull'organismo determina un aumento della pressione parziale di ognuno dei gas contenuti nei polmoni, e spiega il maggior benessere all'aumentare della profondità, descritto da Haggi Statti ai medici increduli in un'epoca in cui non si aveva la minima idea di tutto ciò.

Ovviamente, il consumo di ossigeno da parte dell'organismo determina una costante diminuzione della sua pressione parziale, ma questa rimane, in profondità, molto a lungo al di sopra della soglia critica di circa 0.07 atm. Tale valore potrebbe essere raggiunto in fase di riemersione da un'apnea

prolungata, quando, attraversando strati d'acqua a pressione inferiore, il rischio di sincope da ipossia - con conseguente svenimento e morte per annegamento - aumenta considerevolmente, ma, trovandosi a profondità modeste, un aiuto da un proprio simile può essere risolutivo, oltre che poco impegnativo.

Quello dell'aumento delle pressioni parziali dei gas polmonari è un fenomeno esclusivamente fisico e non, a differenza del blood-shift, fisiologico, per cui si verifica indifferentemente in qualsiasi volume di gas portato in un modo qualunque ad una determinata pressione ; ciò di cui è bene tener però conto è che tale fenomeno si verifica con risultati apprezzabili, a livello metabolico, solamente a profondità che sono appannaggio esclusivo dei mammiferi acquatici più adattati. E, unica strana eccezione, dell'uomo.

Un'altra caratteristica che permette di massimizzare l'impiego dell'ossigeno contenuto nei polmoni è costituita dalle contrazioni diaframmatiche, cui è soggetto ogni essere umano nel corso di un'apnea prolungata. Quando l'ossigeno che perviene alle cellule scende al di sotto di un certo limite, il diaframma si contrae ritmicamente, rimescolando l'aria nei polmoni e facendo pervenire a livello dei loro alveoli nuovo gas non ancora completamente utilizzato. Si tratta di un riflesso involontario - per quanto, entro certi limiti, controllabile - che funge, oltre che come mezzo per accedere alla "riserva" residua di ossigeno contenuta nei nostri polmoni, anche come campanello d'allarme, in quanto indica il pericoloso avvicinamento della soglia limite di ossigeno al disotto della quale il rischio di sincope diventa considerevole.

Che dire poi dello strano riflesso da immersione, un riflesso fisiologico che stimola l'organismo umano ad aumentare i tempi di apnea, non appena il corpo viene immerso nell'acqua ? Al pari delle Balene e dei Capodogli, anche noi tendiamo spontaneamente, da immersi, a ridurre il ritmo cardiaco, il che permette di massimizzare il risparmio di ossigeno.

E' passata davvero tanta acqua sotto i ponti, dai tempi di Haggi Statti, ed oggi vediamo apneisti in possesso di idonea preparazione e di mezzi idonei immergersi e strappare il cartellino dei 150 metri di profondità come se niente fosse, quasi che l'uomo fosse programmato per scendere negli abissi, più ancora che per correre, saltare...

In qualsiasi ambito, fuorché in quello subacqueo, le prestazioni dell'organismo umano risultano deludenti, se paragonate a quelle di qualsiasi animale ; in ambiente sommerso, invece, l'uomo prevale su tutte le altre specie di mammiferi, collocandosi a pieno titolo al fianco di quelli che hanno fatto dell'esistenza in ambiente acquatico la loro caratteristica esclusiva.

Questa straordinaria particolarità permetterebbe di formulare l'ipotesi che la vita in ambiente acquatico abbia contrassegnato la storia del genere umano per un periodo molto lungo, al punto da restare retaggio comune di ogni essere umano dei nostri giorni, dall'aborigeno australiano all'abitante delle favelas brasiliane, dal berbero nordafricano al civilizzato cittadino di Tokio....

Di tale fase, di cui non resta alcuna testimonianza nei reperti paleontologici, sono in realtà piene le mitologie di moltissimi popoli del mondo, che narrano di esseri acquatici molto simili agli esseri umani o persino di "uomini" a tutti gli effetti che, in possesso di straordinarie attitudini alla vita in ambiente sommerso, sono entrati nella leggenda. Così, la leggenda greca di Glauco parla di un mitico pescatore che, dopo aver mangiato un'alga dalle proprietà miracolose, divenne immortale e, divenuto

un essere acquatico, fu venerato come un dio marino.

- 

- 



Proviene invece dall'Italia meridionale la leggenda di "Colapesce", che si può riassumere come segue :



Cola o Nicola era un ragazzo siciliano ( pugliese per 4 autori su 25 ) che si diletta continuamente a sguazzare nel mare, e capace di resistere un tempo inusitato sott'acqua. La sua figura, non sempre descritta, sembra essere anfibia, anche se non di vero e proprio uomo-pesce, perché a volte sono citati piedi e mani palmate. Un re ( in genere Federico II ) lo vuole mettere alla prova, e lo incita ad immergersi nei gorgi per la descrizione del mondo sottomarino. La tentazione di un gioiello in premio ( per lo più un anello ), gettato in mare, vince le resistenze di Cola, che si immerge, e torna, raccontando le meraviglie viste. Il re tenta di nuovo, gettando altri ori, ma questa volta Cola non torna più. >>

( da Massimo Izzi, op. cit., vol. 3° )

Al pari di altre, la leggenda di Cola potrebbe aver enfatizzato un fenomeno di atavismo eventualmente verificatosi prima del XII secolo ( la tradizione scritta, iniziata probabilmente ad opera del trovatore Raimon Jordan, risale infatti a non oltre il XII secolo ).

Sicuramente degno di nota è il fatto che, stando a cronache anche recenti, in alcune zone gli avvistamenti di esseri acquatici antropomorfi si sarebbero protratti fino a tempi poco meno che contemporanei.

E' stata formulata l'ipotesi che il mito delle sirene sia derivato dal semplice avvistamento, da parte dei marinai delle navi impegnate nei viaggi di esplorazione, di esseri viventi all'epoca sconosciuti, come Dugonghi e Lamantini, che sarebbero riemersi dalle acque con una "capigliatura", costituita da alghe galleggianti, che li avrebbe resi vagamente simili agli esseri umani. E' ovvio che il mito delle sirene di Ulisse rimane escluso da questa ipotesi, visto che i suoi viaggi non si svolsero nell'areale di detti Sirenidi ; la Foca del Mediterraneo, la Foca monaca, sicuramente ben conosciuta dai suoi marinai, difficilmente potrebbe essere stata la causa di una svista così grossolana ( mancando inoltre, nel Mare Nostrum, alghe che formano delle comunità galleggianti ). Se l'esistenza in epoche passate, lungo le coste sovietiche orientali, della Ritina di Steller, un gigantesco Sirenide estinto in tempi recenti, potrebbe essere invocata a giustificare un'analogia leggenda lungo le coste del mar di Bering, cosa dire delle popolazioni stanziata nelle sconfinite vastità della Siberia, le quali pure riportano di esseri acquatici antropomorfi che avrebbero abitato le acque dei gelidi fiumi della regione ? I popoli slavi hanno infatti lasciato una molteplicità di resoconti in tal senso.

La tabella che segue, necessariamente incompleta, riporta i nomi con cui erano conosciute presso i vari popoli le diverse entità descritte come simili agli esseri umani ma viventi in ambiente acquatico. Come si vede, si tratta di una tradizione che ha caratterizzato località diversissime ed anche molto lontane le une dalle altre, come non mancano zone in cui la caratteristica della vita in ambiente acquatico è attribuita ad una molteplicità di esseri anche diversi fra loro ( è il caso, ad es. della Grecia, del Marocco, del Brasile e del Madagascar ), fatto questo che indurrebbe a spezzare una lancia a favore dell'autenticità della tradizione.

---

## ALCUNI STRANI ADATTAMENTI DEGLI ESSERI UMANI ALLA VITA SOTT'ACQUA

---

Nome dell'individuo della popolazione "acquatica"	Località o popolo depositario della tradizione
Acheloos	Grecia
Aicha kandicha	Marocco
Angalapona	Madagascar
Apkallus	Mesopotamia
Bachue	Colombia
Bunyip	Aborigeni australiani
Catao	Filippine
Glaucos	Grecia
Haqwe	Boscimani
Harun	Marocco
Iemanjà	Brasile
Ipupiara	Brasile
Kalanoro	Madagascar
Kalopaling	Eschimesi
Likanaja e marrajka	Aborigeni australiani
Mokorea	Polinesia
Mounou	Senegal
Nereus	Grecia
Ndriambarivano	Madagascar
Njai blorong	Giava
Oannes	Mesopotamia
Oiarà	Brasile
Olokun	Nigeria
Orehu	Guiana
Qaluneq	Eschimesi
Qandisa	Marocco
Roussalka	Popoli slavi
Sansandryi	Senegal
Sedna	Eschimesi
Sirene	Regioni mediterranee
Tangaroo	Polinesia
Tikoloshe	Africa meridionale
Tinirau	Polinesia
Tritoni	Grecia
Uissuit	Eschimesi
Vodianoi	Popoli slavi
Woadd el-uma	Sudan
Yemaja	Alto Volta

Moi, j'évolue de façon régressive >> ( René Laurenceau )

---

Se le ipotesi fatte fossero verificate, si rileverebbe nell'evoluzione dell'uomo un carattere peculiare, in quanto, mentre tutti i mammiferi marini hanno effettuato un riavvicinamento all'ambiente acquatico, l'uomo, unica specie, sarebbe passato attraverso questa fase per poi tornare nuovamente in ambiente terrestre. Senza per questo rinunciare ad una "eredità" costituita da innumerevoli adattamenti alla vita nell'acqua, una reliquia pressoché inalterata che ci portiamo dietro, inconsapevoli, in qualsiasi momento della nostra giornata.

### BIBLIOGRAFIA

M.Barberini, O.Martinelli, C.Menotti, E.Milan - Manuale Federale per i Corsi di Immersione - FIAS, Milano 1999.

P. Casanova, A.Capaccioli, L.Cellini - Appunti di zoologia venatoria e gestione della selvaggina - Edizioni Polistampa, Firenze 1993.

Bernard Heuvelmans, Boris Porchnev - L'homme de Neanderthal est toujours vivant - Ed. Plon, Paris, 1974.

Massimo Izzi - Dizionario dei mostri - L'Airone editrice, Roma 1997.

René Laurenceau - [Nègres blancs](#) - Bipedie n° 22, Gennaio 2004.

Jacques Mayol - Homo delphinus - Ed. Martello, Milano 1979.

Erik Sidenbladh - Nascere nell'acqua - Ed. red, Como 1988.

Alberto Simonetta - Ecologia - Universale Scientifica Boringhieri, Torino 1975.

---

### SUR LES ETRANGES ADAPTATIONS DE L'ETRE HUMAIN A LA VIE SOUS L'EAU

par Sandro D'ALESSANDRO

traduction : Marinella Crapanzano

" Mais les dauphins n'ont pas oublié qu'ils ont été des hommes et même dans leur esprit inconscient, ils en gardent le souvenir "

(OPPIAN)

Ce serait une assertion sans fondement d'affirmer que l'homme n'est pas un mammifère terrestre : mais il faut remarquer que dans l'anatomie et dans la physiologie des êtres humains, des caractéristiques existent qui font de lui un mammifère terrestre vraiment " sui generis ".

A une observation attentive, en effet, n'échappent pas des incohérences qui s'accordent mal avec une existence supposée avoir toujours été " terricole " de l'être humain, car il y a toute une série de

corrélations qui relient de façon très évidente l'homme au milieu aquatique, des corrélations qu'il n'est pas possible de retrouver chez d'autres mammifères, quand ils ne sont pas nettement aquatiques.

La plus remarquable de ces caractéristiques est probablement l'absence d'un pelage touffu, absence qu'on relève parmi les Mammifères qui ont lié leur existence à l'habitat aquatique : telle est le cas des Cétacés, des Sirénidés ainsi que des éléphants ( étroitement apparentés aux deux premiers groupes cités ), et des hippopotames ; dans les deux derniers cas il s'agit de pachydermes typiquement terrestres, mais qui ne peuvent survivre que peu de temps, s'il n'y a pas aux alentours des bassins, dans les eaux desquels ils doivent se plonger fréquemment.

D'autre part il faut dire que les Mammifères très grands ont moins besoin que les autres d'une fourrure parce que leurs dimensions les protègent du froid.

Une loi de l'écologie, connue comme "règle de Bergman", en effet soutient que, du moment que le volume d'un corps ( donc même celui d'un animal ) est une fonction cubique, sa surface, quant à elle, est une fonction carrée. En rapport avec sa masse corporelle, un animal de grandes dimensions a une surface extérieure moins importante qu'un animal de petites dimensions.

Comme la zone de contact avec l'habitat extérieur, c'est justement sa surface externe, un Mammifère de grandes dimensions peut donc mieux supporter les basses températures. Pour cette raison, de grands animaux n'ont pas la même nécessité que les animaux plus petits de se protéger des températures extérieures cela explique encore les plus grandes dimensions des animaux qui vivent dans des climats plus froids. Mais, même si cette argumentation pourrait être invoquée pour expliquer l'absence de fourrure chez les pachydermes et chez les grands Cétacés, il est évident qu'elle n'explique pas pourquoi même les Cétacés plus petits ( dauphins, sténelles, inies, etc ) et les Sirénidés en sont également dépourvus.

L'explication de l'absence de la fourrure est de tout autre type, du moins pour les Cétacés et les Sirénidés. D'autant plus que la forme de leur corps n'est en aucune façon assimilable à une sphère, fondement essentiel pour l'application de la règle de Bergman : leur forme allongée tend, plutôt, à augmenter la surface de contact avec l'habitat extérieur.

Au cours de leurs adaptations morphologiques extérieures, ces animaux ont privilégié, en effet, une plus grande hydrodynamique, au détriment d'un calorifugeage optimal qui est assuré, par contre, par la présence d'une épaisse couche de graisse sous-cutanée.

Au sujet de l'homme, l'absence de duvet touffu, semble être un fait négatif de nature à créer des problèmes à sa survivance même : elle se révèle, en réalité, désavantageuse au point de vue de la thermorégulation, si l'on considère que l'homme doit recourir à des vêtements de types différents, incluant la fourrure des animaux, pour se protéger du froid. En effet il paraît vraiment incohérent que l'évolution de l'espèce humaine ait provoqué la perte d'une caractéristique qui a révélé son utilité et sa fonctionnalité, même chez les mammifères vivant dans des milieux caractérisés par des amplitudes limitées de température !

Effectivement, si l'on n'envisage pas la possibilité que, dans un stade déterminé de son évolution, l'espèce humaine ait subi des adaptations sensiblement différentes de celles qu'on lui attribue communément, il semble difficile de trouver une explication valable à cet étrange processus évolutif.

A côté des avantages incontestables et évidents qu'elle apporte, une fourrure touffue provoque chez l'animal une certaine difficulté d'avancement dans la nage, à cause d'un plus grand frottement. Pour cela, la réduction du duvet chez les Mammifères est d'autant plus grande que meilleure est l'adaptation à l'élément aquatique.

Estimée, sans doute, de grande valeur, tout en étant bien fournie et très fonctionnelle pour protéger l'animal du froid, la fourrure de la loutre est très compacte ; ce qui permet de réduire la résistance à la nage sous l'eau, à côté d'autres espèces de Mustélinés qui n'ont aucune affinité avec le milieu aquatique ( par exemple la martre ou la fouine ), en passant par d'autres espèces de mieux en mieux adaptées, ( comme par exemple le putois ) la loutre révèle les meilleures adaptations de son genre et, encore, elle est en Europe le mammifère terrestre qui mieux que les autres s'est adapté à vivre dans un milieu aquatique. Des adaptations qui restent pourtant à un niveau inférieur par rapport à celles d'autres groupes de Mammifères.

Même chez les Mustélinés les plus "aquatiques", par exemple, on ne remarque pas la tendance à l'élimination du duvet, élimination qui a lieu au contraire chez les Mammifères mieux adaptés à vivre dans l'eau. Cela pourrait être expliqué par l'habitat où ces animaux vivent. Une première observation concerne les profondeurs opérationnelles relativement modestes aussi dans le cas de la loutre de mer : tandis que Phocidés et Odobénidés peuvent atteindre des centaines de mètres de profondeur, là où les pressions considérables gênent beaucoup le mouvement de n'importe quel corps immergé, aux loutres de mer il suffit de savoir plonger à quelques mètres de profondeur, les abysses n'existant pas dans leur habitat. Une autre observation concerne soit le même habitat qui ne peut prévoir une spécialisation excessive, soit le milieu aquatique, du moment que, si trop poussée, la spécialisation pourrait limiter la capacité de l'animal à échapper aux prédateurs dans le milieu terrestre.

D'autre part, selon la règle de Bergman, les petites dimensions de l'espèce, toutes seules, déconseilleraient la perte ou la réduction du duvet.

Chez les phoques et chez les otaries, sans doute plus adaptées que les loutres à vivre dans un milieu aquatique, la fourrure, encore présente, est réduite et aidée par une épaisse couche de graisse sous-cutanée, ayant la fonction de protéger l'animal des froids intenses. Chez les morses, dont la fourrure est moins fournie que chez les espèces envisagées précédemment, la fonction d'isolant thermique semble assignée presque exclusivement au seul pannicule adipeux. Pourtant, à part les animaux suivants : pachydermes, Cétacés et Sirénidés, les seuls mammifères complètement dépourvus de fourrure se réduisent... à l'homme.

Peut-être cela réside-t-il dans le fait, digne d'intérêt, que, comme ces catégories d'animaux, l'homme aussi présente une certaine tendance à accumuler de la graisse sous-cutanée ?

Autre caractéristique physiologique qui lie l'homme à l'eau, c'est la possibilité de compenser la pression hydrostatique extérieure avec la pression intérieure par une simple pression du pouce et de l'index. Les deux doigts, opposables, peuvent boucher le nez, permettant, après un procédé d'expiration forcée, l'égalisation au niveau du tympan de la pression hydrostatique intérieure de l'air. A bien examiner, il n'existe pas d'autre mammifère pourvu de tant de doigts opposables que de narines extérieures qui, comme l'homme, puisse se permettre un tel procédé.

Or, la possibilité de compenser, c'est une condition indispensable pour tout animal qui vit dans l'eau parce que la pression de l'eau, qui augmente de façon linéaire avec la profondeur, chargerait la membrane du tympan et provoquerait d'abord son repliement vers l'intérieur, puis sa rupture.

Il est absolument nécessaire à un animal aquatique de posséder cette caractéristique, mais évidemment elle n'a pas de sens pour un animal qui ne plonge pas à de telles profondeurs, si dangereuses pour la membrane du tympan, à cause de la pression hydrostatique. Il est opportun de remarquer que les mammifères les mieux adaptés à la vie dans l'eau ne peuvent compenser de la même façon que l'homme, à cause de la perte progressive du membre supérieur ( transformé en nageoire en même temps que les cinq doigts sont réduits à de simples vestiges ) ; néanmoins ils sont en état de compenser par une simple pression de la langue sur le palais.

Les mammifères qui ne vivent pas dans l'eau ne peuvent compenser car ils devraient en outre résoudre des problèmes anatomiques insurmontables.

L'homme est presque en mesure de compenser, grâce à une méthode semblable à celle déjà esquissée, appelée "méthode du Valsalva", bien que des individus particulièrement doués soient capables de le faire de la même manière que les mammifères marins, en faisant une simple pression de la langue sur le palais mou ( méthode Marcante-Odaglia ).

Si, comme il est démontré, le développement individuel repasse par les étapes de la marche évolutive de sa propre espèce, la disposition extraordinaire pour l'eau qu'ont les nouveau-nés dans les phases initiales de leur croissance, ne peut qu'être un signe de la même disposition qui devait caractériser, dans le passé, tout le genre humain.

Il est étonnant que les bébés, nés avec l'accouchement sous l'eau, ( pratiqué pour la première fois par le médecin soviétique Igor Tijarkovskij et devenu par la suite habituel dans plusieurs villes dans le monde entier ) soient immédiatement capables de nager, et aussi de retenir leur souffle, et d'aller et venir sous l'eau. Ces familiarités avec l'élément liquide restent acquises chez ces enfants, tandis que les enfants nés d'accouchements "secs" traditionnels, deviendront des adultes qui devront apprendre à nager, avec toutes les difficultés qui s'y rattachent.

Tout mammifère terrestre s'approche de l'eau au moins pour s'abreuver ; plusieurs se baignent pour se laver, ou pour des raisons liées à la thermorégulation ; mais peu sont les mammifères qui montrent avec l'élément liquide une familiarité qui leur permette de véritables plongées pour se procurer la nourriture, ou d'utiliser l'eau pour des fonctions vitales ( par exemple la loutre, dont on a parlé, ou le macaque du Japon qui a appris à rester dans l'eau chaude des sources thermales pour se réchauffer pendant la saison froide ) : Il n'y en a probablement qu'un en état de plonger jusqu'à de telles profondeurs qui peuvent rendre possible un phénomène très particulier : le " blood-shift ". Ce mammifère, c'est l'homme qui, avec les mammifères aquatiques bénéficie du privilège singulier de la pression hydrostatique des grandes profondeurs, laquelle, en attirant le sang artériel des organes périphériques vers les organes internes, permet une meilleure oxygénation de ceux-ci, et provoque, en outre, une incompressibilité partielle de la cage thoracique. Avant la découverte de l'extraordinaire mécanisme du " blood-shift ", dans le passé, plusieurs médecins mirent en garde les plongeurs qui se disputaient le record des profondeurs, les exhortant à ne pas dépasser 50 mètres de profondeur, au-delà desquels leur cage thoracique subirait un collapsus, ce qui écraserait les poumons et causerait la mort.

Personne ne pouvait prévoir, à l'époque, cette caractéristique si particulière qu'ont seulement en commun les mammifères capables de plonger jusqu'aux grandes profondeurs ; personne ne savait prévoir ce privilège unique accordé exclusivement aux Cétacés, aux Pinnipèdes et à ... l'homme. Au siècle passé, le pêcheur d'éponges grec Haggi Statti, a été examiné par des équipes de médecins avant de commencer sa tentative pour plonger à 77 mètres de profondeur, et récupérer l'ancre coincée de la " Regina Margherita ". A la surface, il se révéla incapable de retenir son souffle pendant plus de 40 secondes, et fut également victime d'une perforation du tympan et d'un emphysème. Comme s'il voulait contester les résultats décevants de ces contrôles, il affirma que sous l'eau tout était différent ; que sous l'eau il se sentait mieux et que, au fur et à mesure que la profondeur augmentait, il voyait s'accroître de beaucoup son temps d'apnée. C'est ainsi qu'il commença ses tentatives pour récupérer l'ancre et, à la fin d'une série de plongées à des profondeurs vertigineuses, il parvint à assurer au moyen d'une corde la cigale de l'ancre, qui put ainsi être récupérée par le ravitailleur.

Sur la base des connaissances acquises, la performance incroyable de Haggi Statti peut être expliquée par deux phénomènes physiques ( outre les qualités indubitables du pêcheur grec, dans ces profondeurs ).

Le premier est celui du blood-shift, dont on a parlé plus haut, tandis que l'autre est lié à l'effet de la pression hydrostatique sur les pressions partielles des gaz pulmonaires. Clair et prévisible dans sa formulation physique, le phénomène de l'accroissement des pressions partielles des gaz pulmonaires entraîne des aspects imprévus au niveau de la fonctionnalité de l'organisme immergé.

Un être qui respire à la surface insuffle dans ses poumons un gaz composé approximativement d'1/5 d'oxygène ; les 4/5 restants sont composés en majorité d'azote inerte, et en quantités très petites de gaz présents en proportions très réduites, parmi lesquels l'anhydride carbonique. Le gaz nécessaire à la respiration est l'oxygène, qui au niveau de la mer ( à la pression d'une atmosphère ) est présent avec une pression partielle de 1/5 d'atmosphère ( 0,20 atmosphères ). Malgré l'appauvrissement progressif et inévitable en oxygène dû à l'activité métabolique, quand on descend en profondeur, survient l'effet de la pression hydrostatique qui, en comprimant la cage thoracique, provoque l'augmentation de la pression du gaz pulmonaire. Supposant ainsi pour simplifier qu'il n'y a eu aucune dépense d'oxygène à 10 mètres de profondeur, à la pression absolue de 2 atmosphères ( 1 due à la pression atmosphérique et 1 à la pression de la colonne de 10 mètres d'eau située au-dessus ) la pression partielle de l'oxygène sera de 0.4 atmosphères ; à 20 mètres. elle sera de 0.6 atmosphères, à 30 mètres de 0.8 atmosphères, etc. En quelques mots, l'effet de la pression totale sur l'organisme provoque une augmentation de la pression partielle de chacun des gaz contenus dans les poumons, et explique le plus grand bien-être, quand la profondeur augmente, comme Haggi Statti disait aux médecins incrédules, à une époque où l'on n'avait pas la moindre idée de tout cela.

Evidemment l'utilisation d'oxygène par l'organisme provoque une diminution constante de sa pression partielle, mais elle reste, en profondeur, pendant longtemps au-dessus du seuil critique de 0.07 atmosphères environ. Une telle valeur pourrait être atteinte en phase de remontée à la surface d'une apnée prolongée quand le risque d'une syncope par hypoxie, suivie d'évanouissement et de mort par noyade, s'accroît considérablement, si l'on traverse des couches d'eau à une pression inférieure ; mais si l'on est à des profondeurs modestes, un secours prêté par quelqu'un peut être décisif et peu contraignant.

L'augmentation des pressions partielles des gaz pulmonaires est un phénomène exclusivement physique, non physiologique, contrairement au blood-shift. Donc il se produit indifféremment dans n'importe quel volume de gaz apporté, quelle que soit la manière, pour une pression donnée ; mais il faut néanmoins tenir compte qu'un tel phénomène se vérifie avec des résultats remarquables, au niveau métabolique, seulement à des profondeurs qui sont l' "apanage" exclusif des mammifères aquatiques les mieux adaptés. Avec l'étrange et unique exception ... de l'homme !

Une autre caractéristique qui permet de maximaliser l'utilisation de l'oxygène contenu dans les poumons, c'est celle qui est représentée par les contractions diaphragmatiques, auxquelles est sujet chaque être humain au cours d'une apnée prolongée. Quand l'oxygène, parvenant aux cellules descend au-delà d'une certaine limite, le diaphragme se contracte rythmiquement remuant l'air dans les poumons, et faisant arriver au niveau de leurs alvéoles du gaz nouveau, pas encore complètement utilisé. Il s'agit d'un réflexe involontaire - mais contrôlable dans une certaine mesure - qui sert de voie pour accéder à la "réserve" résiduelle d'oxygène contenue dans les poumons, et même comme sonnette d'alarme parce qu'il révèle l'approche dangereuse du seuil limite d'oxygène au-dessous duquel le risque d'une syncope devient considérable.

Que dire d'autre part de l'étrange réflexe de plongée, un réflexe physiologique qui stimule l'organisme humain à prolonger les temps d'apnée dès que le corps est immergé dans l'eau ? Comme les Baleines et les Cachalots nous aussi tendons spontanément à réduire le rythme cardiaque, et cela permet de maximaliser l'économie sur la consommation d'oxygène, quand nous sommes immergés.

Désormais l'époque de Haggi Statti, c'est de l'histoire ancienne. Aujourd'hui on voit des apnéistes ayant une formation et des moyens appropriés, plonger et arracher l'étiquette des 150 mètres de profondeur sans trop forcer, comme si l'homme était plus programmé pour descendre dans les abysses, que pour courir, sauter...

Dans tous les domaines, sauf dans le sous-marin, les performances de l'organisme humain sont décevantes, si on les compare à celles de n'importe quel autre animal ; dans un milieu submergé au contraire, l'homme l'emporte sur toutes les autres espèces de mammifères, s'installant à juste titre aux côtés de ceux qui ont fait de leur existence dans le milieu aquatique leur caractéristique exclusive.

Cette particularité extraordinaire nous permet de formuler l'hypothèse que la vie en milieu aquatique aurait caractérisé l'histoire du genre humain pendant une période très longue, au point qu'elle est restée l'héritage commun à chaque être humain de nos jours, de l'aborigène australien à l'habitant des "favelas" du Brésil, du Berbère nord-africain au citoyen civilisé de Tokyo...

Aucun témoin fossile de cette phase n'est resté dans les pièces paléontologiques ; Mais les mythologies de plusieurs peuples sont remplies de ces témoignages ; elles parlent d'êtres aquatiques très semblables aux êtres humains, ou même d' "hommes" possédant des dispositions extraordinaires pour vivre dans un milieu sous-marin, qui sont entrés dans la légende. Ainsi la légende grecque de Glaucos parle d'un pêcheur mythique qui ayant mangé une algue aux propriétés miraculeuses, devint immortel et, transformé en être aquatique, fut vénéré comme l'un des dieux de la mer. Tandis qu'il y a, dans l'Italie du Sud, la légende de "Colapesce". On peut la résumer ainsi : " Cola ou Nicolas était un garçon sicilien ( originaire des Pouilles pour 4 écrivains sur 25 ) qui se



délectait à patauger continuellement dans la mer, et capable de rester pendant un temps extraordinaire sous l'eau. Sa silhouette, pas toujours décrite, semble être amphibie, mais pas celle d'un véritable " homme-poisson " mêmesi, parfois, l'on cite des pieds et des mains palmés.

Un roi ( généralement Frédéric II ) veut le mettre à l'épreuve et l'incite à plonger dans les gouffres pour décrire le milieu sous-marin. La tentation d'un bijou en récompense ( en général une bague jetée à la mer ), vainc les résistances de Cola, qui plonge et revient, racontant les merveilles vues. Le roi le tente encore en jetant d'autres bijoux, mais cette fois-ci Cola ne remontera plus. "

(Tiré de Massimo Izzi œuvre cit. tome III )

Comme les autres, la légende de Cola pourrait avoir exagéré un phénomène d'atavisme qui a pu se manifester juste avant le XII siècle ( la tradition écrite, initiée probablement par le Troubadour Raimond Jordan, ne remonte en effet pas au delà du XII siècle ).

S'en tenant aussi à des chroniques récentes, dignes d'intérêt, c'est sûrement le fait que dans quelques zones, les observations d'êtres aquatiques se seraient produits jusqu'à des temps presque contemporains.

On a formulé l'hypothèse que le mythe des Sirènes dérivait du simple témoignage par des marins, engagés dans des voyages d'exploration ; c'étaient peut-être des êtres vivants méconnus à cette époque-là : tels les Dugongs et les Lamantins, lesquels seraient montés à la surface des eaux avec une "chevelure" d'algues flottantes qui les rendait vaguement semblables à des êtres humains. Il est évident que le mythe des Sirènes d'Ulysse est exclu de cette hypothèse, du moment que ces voyages ne s'effectuèrent pas dans les zones d'habitat des Sirénidés que nous venons de citer ; le phoque de la Méditerranée, le phoque-moine bien connu sûrement de ces marins, aurait été difficilement la cause d'une méprise aussi grossière. Par ailleurs, en mer Méditerranée, il n'y a pas d'algues formant des colonies flottantes. Si aux époques passées, l'existence de la "Rhytine de Steller" ( un Sirénidé gigantesque disparu en des temps récents ) pouvait venir justifier une légende analogue le long des côtes de la mer de Béring, que dire des peuples établis dans les immenses étendues de la Sibérie, qui parlent d'êtres aquatiques anthropomorphes qui auraient habité les eaux glaciales des fleuves de la région ? Les peuples slaves ont laissé une multitude de comptes-rendus allant dans ce sens. Le tableau suivant, nécessairement incomplet, présente les noms sous lesquels étaient connus, chez diverses populations, les entités semblables aux êtres humains, mais vivant dans le milieu aquatique. Comme on le voit, il s'agit d'une tradition qui a marqué des lieux très différents, et aussi très éloignés les uns les autres. Et il y a aussi des endroits où le caractère d'une vie aquatique est attribué à plusieurs êtres différents ( par exemple, en Grèce, au Maroc, au Brésil ou à Madagascar ), ce qui plaide tout à fait en faveur de l'authenticité des traditions.

---

Nom de l'individu ou de la population "aquatique"	Localité ou peuple dépositaire de la
---	--------------------------------------

## ALCUNI STRANI ADATTAMENTI DEGLI ESSERI UMANI ALLA VITA SOTT'ACQUA

---

Acheloos	Grèce
Aicha kandicha	Maroc
Angalapona	Madagascar
Apkallus	Mésopotamie
Bachue	Colombie
Bunyip	Aborigènes australiens
Catao	Philippines
Glaucos	Grèce
Haqwe	Bushmen
Harun	Maroc
Iemanjà	Brésil
Ipupiara	Brésil
Kalanoro	Madagascar
Kalopaling	Esquimaux
Likanaja e marrajka	Aborigènes australiens
Mokorea	Polynésie
Mounou	Sénégal
Nereus	Grèce
Ndriambarivano	Madagascar
Njai blorong	Java
Oannes	Mésopotamie
Oiarà	Brésil
Olokun	Nigeria
Orehu	Guyana
Qaluneq	Esquimaux
Qandisa	Maroc
Roussalka	Peuples slaves
Sansandryi	Sénégal
Sedna	Esquimaux
Sirene	Régions méditerranéennes
Tangaroa	Polynésie
Tikoloshe	Afrique méridionale
Tinirau	Polynésie
Tritoni	Grèce
Uissuit	Esquimaux
Vodianoi	Peuples slaves
Woadd el-uma	Soudan
Yemaja	Burkina Faso

Moi, j'évolue de façon régressive >> ( René Laurenceau )

---

---

Si ces hypothèses sont vérifiables, l'évolution de l'homme relèverait d'un caractère particulier, parce que, alors que tous les mammifères marins sont devenus aquatiques et le sont restés, l'homme, unique cas de ce genre, serait passé par cette même phase pour revenir, après, vers le milieu terrestre.

Sans pour autant renoncer à cet " héritage ", fait de nombreuses adaptations à la vie sous l'eau : un vestige presque inaltéré qu'inconsciemment nous gardons au fond de nous-mêmes, à chaque moment de notre existence.

*Post-scriptum :*

### **BIBLIOGRAPHIE**

M.Barberini, O.Martinelli, C.Menotti, E.Milan - Manuale Federale per i Corsi di Immersione - FIAS, Milan 1999.

P. Casanova, A.Capaccioli, L.Cellini - Appunti di zoologia venatoria e gestione della selvaggina - Edizioni Polistampa, Florence 1993.

Bernard Heuvelmans, Boris Porchnev - L'homme de Néanderthal est toujours vivant - Ed. Plon, Paris, 1974.

Massimo Izzi - Dizionario dei mostri - L'Airone editrice, Rome 1997.

René Laurenceau - [Nègres blancs](#) - Bimedia n° 22, janvier 2004.

Jacques Mayol - Homo delphinus - Ed. Martello, Milan 1979.

Erik Sidenblad - Nascere nell'acqua - Ed. red, Como 1988.

Alberto Simonetta - Ecologia - Universale Scientifica Boringhieri, Turin 1975.