



DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE ALIMENTARI E AMBIENTALI

CORSO DI LAUREA IN: SCIENZE FORESTALI E AMBIENTALI

**LE TORBIERE DELLA CUVETTE  
CENTRALE, UN ECOSISTEMA DA  
SALVAGUARDARE**

PROBLEMATICHE DERIVANTI DA CAMBIAMENTI CLIMATICI E ATTIVITÀ UMANE

**PEATLANDS OF THE CUVETTE  
CENTRALE, AN ECOSYSTEM TO  
SAFEGUARD**

ISSUES ARISING FROM CLIMATE CHANGES AND HUMAN ACTIVITIES

TIPO TESI: compilativa

Studente:  
MATTEO DI PIETRO

Relatore:  
PROF. CRISTIANO CASUCCI

ANNO ACCADEMICO 2019-2020

# SOMMARIO

PRESENTAZIONE .....	3
ABSTRACT .....	4
CAPITOLO 1 LE TORBIERE .....	5
1.1 Definizione .....	5
1.2 L'acqua .....	6
1.3 Il tappeto di muschi e sfagni .....	7
1.4 Condizioni geomorfologiche del terreno .....	8
1.5 Formazione delle torbiere .....	8
1.6 Evoluzione .....	10
1.7 Distribuzione .....	11
CAPITOLO 2 CLASSIFICAZIONI DEI DIVERSI TIPI DI TORBIERE .....	13
2.1 Classificazione generale .....	13
2.2 Classificazione riguardante l'alimentazione idrica .....	15
2.3 Altre classificazioni .....	16
CAPITOLO 3 LA TORBA .....	17
3.1 Definizione .....	17
3.2 Caratteristiche chimiche .....	18
3.3 Caratteristiche fisiche .....	20
CAPITOLO 4 LA FLORA DELLE TORBIERE .....	21
4.1 Gli sfagni .....	21
4.2 Le carici .....	23
4.3 Gli eriofori .....	23
4.4 Altre piante erbacee caratteristiche .....	24
4.5 Piante carnivore .....	25
4.6 Piante legnose .....	26
CAPITOLO 5 LA FAUNA .....	28
5.1 Gli invertebrati .....	28
5.2 I vertebrati .....	29
CAPITOLO 6 FUNZIONI ECOLOGICHE .....	31
6.1 Funzione idrologica e di depurazione dell'acqua .....	31
6.2 Stoccaggio di carbonio .....	32

6.3 Archivi naturali.....	33
6.4 Archivi archeologici.....	33
CAPITOLO 7 UTILIZZI DELLE COMPONENTI DELLE TORBIERE.....	35
7.1 Utilizzi della torba nel passato .....	35
7.2 Utilizzi attuali.....	37
7.3 Utilizzi della vegetazione .....	39
CAPITOLO 8 LE TORBIERE DELLA CUVETTE CENTRALE.....	41
8.1 La Repubblica Democratica del Congo.....	42
8.2 Inquadramento territoriale delle torbiere.....	43
8.3 Formazione geologica del bacino del Congo .....	44
8.4 La scoperta del complesso di torbiere e le analisi effettuate .....	45
8.5 La fauna.....	46
8.6 La flora .....	48
8.7 Le popolazioni locali.....	49
CAPITOLO 9 IL CARBONIO E LE SUE POTENZIALI MINACCE.....	51
9.1 Il cambiamento climatico .....	51
9.2 L'agricoltura.....	53
9.3 Gli idrocarburi .....	54
9.4 Le infrastrutture.....	54
9.5 L'idroelettricità.....	55
CONCLUSIONI .....	57
BIBLIOGRAFIA .....	59
SITOGRAFIA.....	65

## PRESENTAZIONE

L'educazione al rispetto dell'ambiente naturale che ci circonda, la conoscenza della vasta tipologia di ecosistemi presenti sulla Terra e il tema della loro salvaguardia, sono parte integrante del nostro patrimonio culturale e in quanto tale, deve essere trasmesso alle generazioni future.

Sono ancora troppo poche le realizzazioni di iniziative, progetti e interventi di promozione dello sviluppo sostenibile dell'ambiente, soprattutto riguardanti specifici ecosistemi ancora poco conosciuti, studiati e trattati. Un esempio lampante sono le zone umide ed in particolare le torbiere, una categoria di ambienti naturali che per svariate ragioni (cambiamenti climatici, disboscamenti, estrazioni petrolifere, ecc..) sono decisamente a rischio, soprattutto in quei paesi in cui l'industrializzazione è stata avviata solo negli ultimi decenni (*Lanciotti e Demattio, 2017*).

Nel 2017, grazie ad uno studio effettuato da un team di ricercatori inglesi e congolesi, è stata scoperta la più grande torbiera tropicale del pianeta, situata nella Cuvette Centrale, una regione della Repubblica Democratica del Congo, ex Zaire. Questa enorme foresta, che ricopre una delle aree più remote del mondo, potrà avere un grande impatto sulle politiche climatiche e di conservazione del Congo, ma anche dell'intero globo. È il più grande pozzo di assorbimento di carbonio del pianeta, superando di gran lunga l'Amazzonia, apporta un prezioso beneficio all'ambiente ed è un rifugio essenziale per alcune specie in via di estinzione, come i gorilla di pianura e gli elefanti di foresta. Nonostante si trovi in una zona relativamente indisturbata, i ricercatori britannici avvertono che nei prossimi anni affronterà le minacce provenienti dal drenaggio per realizzare piantagioni agricole, in particolare per l'olio di palma e dai piani di estrazione petrolifera che interesseranno la zona. Le torbiere possono anche essere vulnerabili ai cambiamenti climatici e quella della Cuvette Centrale, essendo stata scoperta di recente, non è dotata di piani di salvaguardia per assicurarne l'integrità (*greenreport.it, 2017*).

La manutenzione e la protezione di questo ecosistema potrebbe dare un grande contributo all'Africa centrale e al problema globale dei cambiamenti climatici. I governi mondiali e le comunità scientifiche di conservazione dovranno lavorare in modo sinergico con gli abitanti della Repubblica Democratica del Congo per migliorare i mezzi di sussistenza locali, senza compromettere il benessere di questa regione della Terra (*The Guardian, 2017*).



*Fig. 1- ricercatori britannici e congolesi nella Cuvette Centrale (mediacongo.net)*

## ABSTRACT

The education to respect the environment that surrounds us, the knowledge of the wide range of ecosystems on Earth and the theme of their preservation, are a significant area of our cultural heritage and because of this need to be transmitted to the next generation.

There are still few implementation of initiatives, projects and majors for the sustainable development of the environment, especially about particular ecosystems still little-known, studied and treated. A substantial example are the wetlands and in particular the peatlands, a category of environments which for many reasons (climate changes, deforestation, oil extraction, etc..) are definitely at risk, mostly in those countries where industrialisation has just started in the last few decades (*Lancietti and Demattio, 2017*).

In 2017, thanks to the study carried out by a team of English and Congolese researchers, has been discovered the biggest tropical peatland of the planet, based in Cuvette Centrale, a county of the Democratic Republic of Congo, ex Zaire. This big forest, which covers one of the remote areas of the world, could have a wide impact on climate and conservation politics of the DRC, but also on the entire world. Far beyond the Amazon, is the biggest carbon adsorption area of the world, indeed it brings a prestigious benefit to the environment and it is an essential shelter for many species on the verge of extinction, such as western lowland gorilla and African forest elephants. Although it is an undisturbed area, british researcher warn that in the next years, the Cuvette Centrale peatlands will face threats from the drainage used to create agricultural plantations, in particular for palm oil and for oil extraction which are typical in the area. The peatlands can be very vulnerable to climate change and the one of Cuvette Centrale, since it has been discovered recently, it hasn't any preservation plan to ensure the integrity (*greenreport.it, 2017*).

The maintenance and safeguard of this ecosystem can give a big contribute to Central Africa and at the global problem of climate changing. The world's government and scientific communities of conservation will have to work in synergy with the Democratic Republic of Congo inhabitants in order to improve the local means of subsistence, without compromising the welfare of this county of the Earth (*The Guardian, 2017*).

# CAPITOLO 1

## LE TORBIERE

### 1.1 Definizione

Le torbiere sono ambienti tipici di zone, dove, a causa del clima temperato e di particolari condizioni idriche e edafiche, la sostanza organica prodotta dalle piante non viene decomposta e si accumula andando a formare la torba, che secondo i pedologi deve avere uno spessore di almeno 30-40 cm. In tale ambiente è presente una vegetazione prevalentemente erbacea, tipica di luoghi umidi, come briofite (muschi), Poaceae (graminacee), Cyperaceae (appartenenti soprattutto al genere *Carex*) ed altre. Le piante arboree sono presenti principalmente nelle torbiere tropicali, andando a formare foreste e mangrovie, insieme alla vegetazione arbustiva ed erbacea.

Le torbiere sono ecosistemi dove regna l'umidità e pur con delle variazioni legate all'andamento climatico, il substrato è sempre saturo d'acqua, che generalmente si trova a basse temperature e può essere ferma o in lento movimento. Questo è il fattore principale che determina la formazione della torba, materiale organico di origine vegetale, derivante dall'accumulo di sostanze indecomposte (*Lancietti e Demattio, 2017*).



Fig. 2- Torbiera in Scozia (*amp.dw.com*)

Normalmente i batteri, i funghi e gli altri microrganismi presenti in abbondanza nel terreno, sono responsabili della decomposizione dei resti degli esseri viventi e consentono il riciclo del materiale organico, rendendolo disponibile sotto forma di nutrienti per altri organismi. L'acqua, al contrario, impedisce la sufficiente presenza di ossigeno, indispensabile per il metabolismo dei decompositori; questo fattore, unito alla presenza di consistenti quantità di composti tannici e di sostanze acide, inibisce fortemente l'attività dei microrganismi. In queste condizioni anossiche (assenza di ossigeno) la materia vegetale, che cade al suolo con la morte delle piante, si decompone molto lentamente e solo parzialmente, accumulandosi in grandi quantità e generando appunto la torba (un materiale poco mineralizzato e molto ricco di carbonio) unita a resti di animali come gli insetti.

## 1.2 L'acqua

L'acqua non consente solo la formazione della torba, ma determina anche un ambiente adatto solamente ad alcune, esclusive, specie vegetali. Infatti, la maggior parte delle piante ha bisogno di un suolo ben areato, che permetta gli scambi gassosi attraverso le cellule delle radici; un suolo imbibito d'acqua invece, limita la circolazione dell'aria risultando in genere inadatto per molti organismi. Le specie presenti in torbiera sono dunque prevalentemente igrofile, amanti di suoli altamente umidi, come sfagni, muschi, Cyperaceae (vedi Fig. 3) e Poaceae, o idrofile, viventi completamente in acqua, come ad esempio le specie del genere *Chara*, una tipologia di alga verde (vedi Fig. 4) (Lanciotti e Demattio, 2017).



Fig. 3- *Cyperus esculentus*, una specie della famiglia delle Cyperaceae (researchgate.com)



Fig. 4- *Chara hispida* (Wikipedia)

Nelle torbiere l'acqua non si trova mai allo stesso livello, la superficie della falda (l'acqua presente nel suolo e nel sottosuolo) può essere:

- Molto alta: favorendo in questo modo le specie che prediligono un ambiente molto umido (specie igrofile);
- Bassa: consentendo l'insediamento di specie non specificamente amanti dell'acqua;
- Di media altezza: consentendo la vita di specie che hanno bisogno di una buona percentuale di umidità.

Per questo motivo le torbiere sono un ecosistema, dove le piante sono molto caratteristiche e spesso esclusive, adatte a vivere solo in determinati tipi di ambiente, aspetto che rende questi luoghi importanti siti di biodiversità.



*Fig. 5 Ristagno d'acqua in una torbiera (parks.it)*

### **1.3 Il tappeto di muschi e sfagni**

Una delle caratteristiche peculiari delle torbiere è il tappeto verde o rosso-bruno di muschi e di sfagni in particolare (detti anche “*muschi della torba*”, unico genere della famiglia delle Sphagnaceae), che insieme alle carici (presenti soprattutto nelle torbiere basse, denominate cariceti) sono le entità ecologicamente più importanti di questi ambienti. La coltre si presenta soffice e cedevole, imbibito d'acqua, dall'aspetto simile ad una spugna, il suo spessore può variare da pochi centimetri fino ad alcuni decimetri (*Da Giau et al., 2007*).

Sono tappeti a crescita continua e verticale: mentre in superficie le piante possono svilupparsi velocemente, in profondità muoiono, consentendo l'accumulo di materia organica, che non potendo decomporsi e compattandosi per effetto del suo stesso peso, forma con il tempo la torba, che alla base può avere un'età considerevole, da centinaia a migliaia di anni (*Minelli, 2004*).



## 1.4 Condizioni geomorfologiche del terreno

La tipologia del substrato e soprattutto la sua impermeabilità determina la formazione delle torbiere. Siccome esse si possono rinvenire soltanto su terreni che assicurano una buona quantità d'acqua tutto l'anno, ad esempio un substrato poroso, fratturato e permeabile non è idoneo perché l'acqua tenderà a infiltrarsi e non ristagnerà in superficie. Se invece il terreno è reso impermeabile grazie agli agenti atmosferici ed è stato trasportato e depositato come materiale molto fine, si creeranno le condizioni idonee per la formazione di una torbiera.

Inoltre, l'acqua che arriva alla torbiera grazie al ruscellamento o all'infiltrazione, influenzerà la quantità di sali disciolti, determinando la tipologia di vegetazione presente, l'attività dei microrganismi e l'evoluzione della torbiera stessa (*Dazzi, 2013*).

Oltre alle caratteristiche del terreno, anche le condizioni topografiche risultano importanti. Le zone naturali in cui si potrebbe verificare la necessaria presenza d'acqua, affinché si formi la torba, possono essere diverse:

- Fondovalle alluvionali;
- Spianate sommitali;
- Spianate di altopiano;
- Versanti interessati da flussi d'acqua;
- In prossimità di sorgenti.

Le torbiere di maggiori dimensioni sono generalmente localizzate nei fondivalle e sulle sponde di bacini lacustri. In corrispondenza di quest'ultimi, se l'interramento della vegetazione torbicola delle sponde non è completo, si crea un lago residuale in posizione centrale, denominato "occhio della torbiera" (*Minelli, 2004*).

Soprattutto in ambito montano in corrispondenza di depressioni, sorgenti e ruscelli, si possono osservare delle piccole radure con presenza di sfagni che formano tappeti o piccoli cumuli entro cui si concentrano le specie tipiche della flora di questi ecosistemi.

## 1.5 Formazione delle torbiere

Le torbiere possono formarsi solo in ambienti con presenza costante d'acqua tutto l'anno dove, quindi, il bilancio idrico, ossia l'apporto d'acqua tramite brina, pioggia, neve, infiltrazione e ruscellamento deve essere uguale o superiore alle perdite per evaporazione, assorbimento della vegetazione e ruscellamento in uscita, è sempre positivo.

Anche il clima ha un ruolo molto importante nel processo di generazione: le piogge apportano l'indispensabile quantità idrica e la temperatura influenza:

- La produzione di materia organica;
- Il tasso di evaporazione;
- L'assorbimento e la traspirazione delle piante.

Il clima ottimale è il temperato con abbondanti precipitazioni e basse temperature. Nei climi molto freddi e secchi non avviene la formazione delle torbiere perché la produzione di materia organica è troppo scarsa e a causa di apporti idrici insufficienti, mentre nei climi caldi esse possono formarsi a patto che le precipitazioni siano in quantità maggiori rispetto alle perdite (Oliosì, 2010).

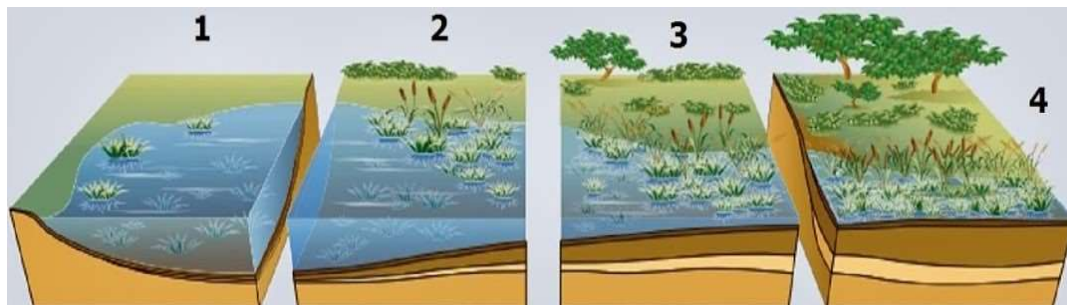


Fig. 6- Schema di formazione di una torbiera (modificazione da anastasis.it)

La nascita di una torbiera può avvenire attraverso l'interramento di uno specchio d'acqua o con l'impaludamento di una superficie asciutta. In entrambi i processi, nella prima fase c'è la presenza di acqua libera e sostanza organica depositata, proveniente soprattutto dal ciclo biologico delle alghe e dagli organismi presenti sul fondo del terreno.

Successivamente si nota la comparsa di piante radicate in acque profonde e i loro depositi si innalzano lentamente, raggiungendo la superficie. La torbiera vera e propria inizia a svilupparsi con la diffusione di specie vegetali che radicano al di sopra del pelo dell'acqua. Si innesca poi un'alternanza tra stagione di secca-ossigenazione e una successiva fase di alluvione-anossia. Con il passare del tempo la massa torbosa, parzialmente decomposta, si innalza per effetto del successivo deposito di nuova sostanza organica dando origine a delle particolari strutture, simili a dei cumuli, all'interno delle quali la torba presente negli strati più bassi viene pressata dal peso del nuovo materiale accumulato. La struttura igroscopica della torba costituisce una sorta di spugna che da un lato trattiene l'acqua meteorica e dall'altro, grazie alla capillarità, consente la risalita della falda.

Gli strati antichi sono spinti verso il basso, ritrovandosi in un ambiente caratterizzato da concentrazione di ossigeno praticamente nulle e molto acido, con conseguente interruzione dei processi di decomposizione; allo stesso tempo gli strati più giovani, presenti

superficialmente grazie all'azione dei batteri, si arricchiscono di sostanze minerali, si assiste ad un aumento della fertilità del substrato e si assiste alla colonizzazione della torbiera da parte di forme vegetali (generalmente cespugli di Ericaceae) più esigenti rispetto alle specie tipiche di queste zone (Oliosì, 2010).

Le torbiere, grazie a processi che durano migliaia di anni assumono profondità di diversi metri, al ritmo di 1 mm all'anno, quindi, alla profondità di 1 m corrisponderanno torbe di 1000 anni, a 10 m di profondità troveremo torbe di 10000 anni di età e così via; Ovviamente queste osservazioni possono variare in base alle condizioni geologiche e morfologiche del terreno e in base al clima. Le torbiere si definiscono attive fino a che prosegue il deposito di nuova sostanza organica.



Fig. 7- Una torbiera ai primordi del suo sviluppo (IUCN, 2014)

## 1.6 Evoluzione

Le torbiere nel tempo possono evolvere dal tipo originario verso uno stadio ombrotrofo, cioè con alimentazione idrica proveniente soprattutto dalle piogge e dunque con acque poco mineralizzate.

Con la continua produzione e il successivo accumulo della torba la superficie della torbiera si innalza lentamente, ottenendo nel tempo una forma bombata. La vegetazione inizierà a staccarsi dalla falda idrica originale, la cui composizione minerale era dipendente dalle rocce sottostanti e da questo momento in poi, l'alimentazione idrica sarà essenzialmente meteorica. Questo processo prende il nome di “*Ombrotrofizzazione*”.

Se le precipitazioni saranno abbondanti, la torbiera rimarrà attiva e nella parte sommitale saranno presenti prevalentemente sfagni, Cyperaceae e arbusti di piccole dimensioni, che con il loro metabolismo causeranno un'acidificazione dell'acqua e del terreno.

Al contrario, se le condizioni climatiche non sono ottimali, la torbiera si asciugherà progressivamente divenendo inattiva, evolvendosi verso un ultimo stadio mineralizzato e lasciando posto alle specie vegetali delle zone limitrofe (*Lancietti e Demattio, 2017*).

La torbiera potrà anche regredire, ad esempio, nel caso limite in cui le condizioni climatiche varino eccessivamente nel tempo, influenzando negativamente l'equilibrio idrico, ma anche a causa di significativi impatti antropici (drenaggi, calpestio, eutrofizzazione, ecc...).

## 1.7 Distribuzione

La parziale decomposizione della sostanza organica (principalmente vegetale) causata dalla presenza d'acqua è possibile solo in un clima temperato. La temperatura deve essere abbastanza alta da permettere lo sviluppo della vegetazione, ma non troppo da causare eccessiva evaporazione, l'acqua deve essere a scorrimento lento e costantemente presente e garantita da un'adeguata piovosità. L'altitudine è un fattore importante per la temperatura e le torbiere possono formarsi sia in pianura che in montagna e sono presenti in tutti i continenti, dalle zone tropicali a quelle boreali e artiche.

Una recente stima basata su una meta-analisi delle informazioni geospaziali a livello globale, regionale e nazionale pone la copertura mondiale delle torbiere a 4.23 milioni di km<sup>2</sup>, circa il 2,84% della superficie terrestre. In Europa le torbiere si estendono per 515.000 km<sup>2</sup> e sono particolarmente abbondanti nei paesi settentrionali. In Italia sono distribuite soprattutto sulle Alpi e solo in parte sull'Appennino (in prevalenza nel settentrionale), diminuendo drasticamente man a mano che si scende verso sud, riducendosi a piccoli popolamenti di sfagni nelle regioni mediterranee. L'interesse geobotanico in queste zone è particolarmente elevato perché ospitano specie vegetali artico-alpino al limite meridionale della loro distribuzione. Nel nostro paese questi ecosistemi sono distribuiti prevalentemente tra gli 800 e i 1.700 m, hanno un'estensione molto ridotta e si sono formati dopo l'ultima glaciazione a partire da 12.000 anni fa, quando i ghiacciai si sono ritirati (*Minelli, 2004*).

Nel nord America sono presenti principalmente in Canada e negli Stati Uniti settentrionali, mentre nel sud America sono distribuite nella Patagonia meridionale e nella Terra del Fuoco. Le torbiere si possono trovare anche in Nuova Zelanda, Isole Falkland, Borneo, Sumatra, Papua Nuova Guinea, Indonesia (ricca di torbiere tropicali e foreste di mangrovie) e nelle

regioni equatoriali dell’Africa (dov’è presente la più grande torbiera del mondo: la Cuvette Centrale) (Melton et al., 2013; Tiner, 2009).

### Global distribution of peatlands

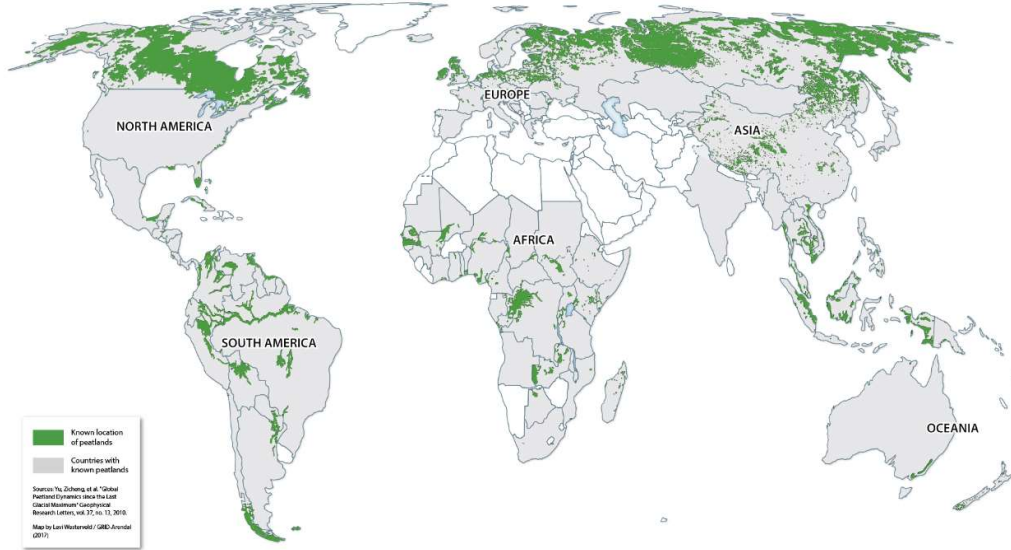


Fig. 8- Distribuzione delle torbiere sulla superficie terrestre (GRID-Arendal, 2017)

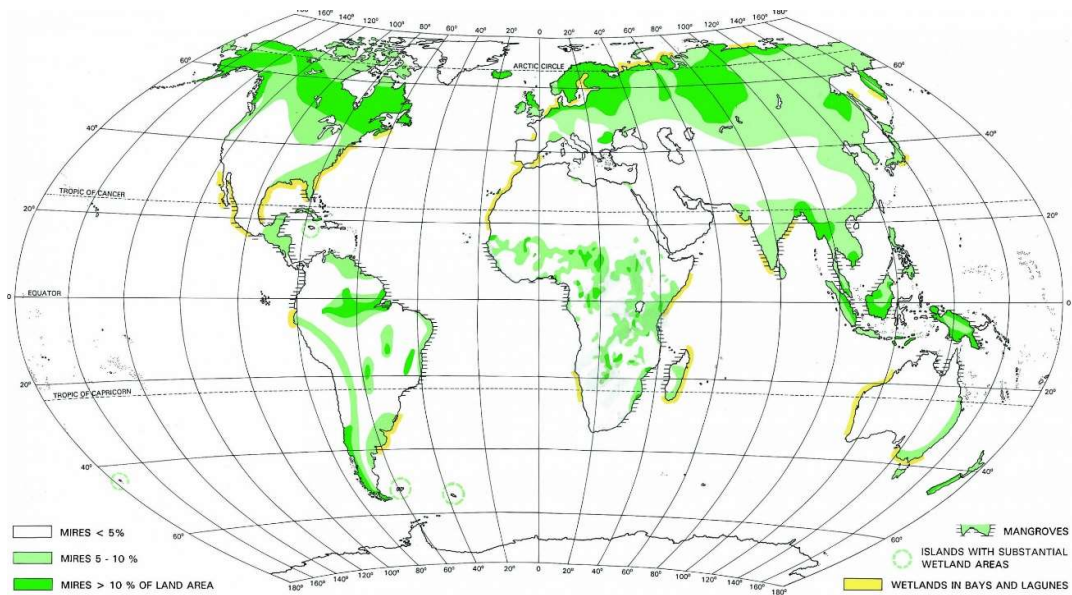


Fig. 9- Distribuzione delle torbiere all’interno del reticolo geografico (International Peatland Society)

## CAPITOLO 2

### CLASSIFICAZIONI DEI DIVERSI TIPI DI TORBIERE

Sulla superficie terrestre esistono innumerevoli varietà di torbiere che si distinguono secondo numerosi fattori:

- Condizioni climatiche;
- Struttura geomorfologica dell'ambiente;
- Composizione mineralogica delle sostanze disciolte in acqua;
- Profondità e varietà delle specie vegetali presenti;
- Caratteristiche biogeografiche;
- Il PH;
- Contenuto di sostanze nutritive;
- Forma.

Botanici, pedologi, geologi e climatologi hanno creato svariate classificazioni e la più utilizzata è quella generale, all'interno della quale le torbiere vengono introdotte in una determinata categoria prendendo in considerazione un insieme di fattori. Oltre a questa, esistono altre classificazioni più specifiche, che prendono cioè in esame un'unica caratteristica.

#### 2.1 Classificazione generale

La classificazione più utilizzata attualmente somma vari fattori e divide le torbiere in:

- Alte: definite anche "*hochmoor*", si formano a causa di un accumulo di acqua piovana che dilava la sostanza organica, causando l'asportazione dei sali. L'acqua delle torbiere alte ha una salinità bassissima (inferiore ai 100 ms/cm).

Si generano principalmente nelle zone fredde e piovose del nord Europa e del nord America e rispetto alle torbiere basse, presentano un'alta convessità e poggiano su suoli ricchi di minerali.

La torbiera viene alimentata esclusivamente dalla pioggia ed ospita al suo interno solo piante acidofile, con ph compreso tra 3 e 3.5 (molto acido). In questo ambiente

vivono briofite, soprattutto sfagni (con ritmo di crescita di circa 20 cm l'anno), alghe, pteridofite e conifere di bassa altezza come il Pinus mugo (appartenente alla famiglia delle Pinaceae) (Oliosì, 2010).

Questa tipologia di torbiera può originarsi anche da una torbiera bassa preesistente, nella quale, nel corso dei millenni, c'è stato un consistente accumulo di materia organica (principalmente radici e piante morte) su un substrato duro e impermeabile. Presenta due diverse tipologie di torba:

- Bionda: presenta una struttura grossolana e spugnosa e contiene residui vegetali parzialmente decomposti. Proviene dagli strati più superficiali e per questo è la meno degradata, è acida ed ha una bassissima salinità grazie a secoli di dilavamenti causati dalle piogge;
- Nera: presente negli strati più profondi, è completamente destrutturata e oltre i 10000 anni di età si trasforma in melma organica.

Grazie all'analisi della profondità e quindi anche dell'età, si possono classificare le varie torbe presenti all'interno delle torbiere alte: fino ad 1 m abbiamo la torba bionda, da 1 a 1.25 m (dal medioevo all'età del ferro) la torba bruna giovane, fino a 5 m (età del bronzo) la torba bruna matura, da 6 a 7.5 m (dal neolitico al mesolitico) la torba nera giovane, 8 m (6000 a.C.) la torba nera molto decomposta, da 9 a 12 m (10.000 a.C.) la torba nera melmosa, da 12 a 13 m (oltre 10.000 a.C.) la melma organica e infine oltre i 13 m (paleolitico, oltre 10.000 a.C.) il suolo minerale (Travaglione et al., 2020).



Fig. 11- Torbiera alta in Trentino (parks.it)



Fig. 12- Torbiera alta in Belgio (cclimatt.eu)

- Basse: dette anche “niedermoor”, si formano grazie alla presenza di acque freatiche (ricche di ossigeno, quindi, la torba verrà decomposta rapidamente) derivanti dall'impaludamento di laghi o fiumi, sono ricche di sali come il carbonato di calcio



e i sali di potassio e sodio e si generano prevalentemente in ambienti temperato-freddi e con piovosità media.

Il PH varia molto in base al luogo di formazione, ad esempio, in nord Europa è 5 e in sud Europa è intorno a 8, mentre in Italia varia da 5 a 7.5.

La vegetazione caratteristica è costituita da monocotiledoni igrofile, come giunchi e canne e da piante igro-acidofile, come le felci e la torba che si forma è più fine rispetto a quella generatasi nelle torbiere alte, venendo classificata come torba bruna di bassa qualità (Puglisi *et al.*, 2012; IUCN UK, 2018).



Fig. 12- Torbiera bassa nella Val di Lares (meteonetwork, 2007)

- **Di transizione:** all'interno di questa categoria sono introdotte tutte quelle torbiere che presentano caratteristiche relative sia alle alte che alle basse, con predominanza delle une o delle altre a seconda della natura degli apporti idrici, della geomorfologia del suolo, del contenuto di nutrienti e di altri fattori minori (Ospina e Moor, 2017; Wikipedia).

## 2.2 Classificazione riguardante l'alimentazione idrica

Un'altra classificazione, molto utilizzata negli ultimi anni, considera l'origine dell'alimentazione idrica delle torbiere, dividendole in:

- **Limnogene:** vi è un lento interrimento del bacino lacustre a partire da zattere vegetali galleggianti, denominate "aggallati";
- **Fluviogene:** la torbiera si trova su una piana alluvionale invasa periodicamente dalle acque provenienti da un corso d'acqua adiacente o da una falda alluvionale;



- Soligene: la torbiera si è formata su un debole pendio grazie allo scorrimento lento e continuo di acqua proveniente da una sorgente o da uno stillicidio (caduta o gocciolamento di acqua per effetto della forza gravitazionale) (Luoni et al. 2013).
- Topogene: accumulo di acqua proveniente da un ruscellamento o da una falda affiorante all'interno di una depressione;
- Ombrogene: alimentate soltanto da piogge abbondanti e frequenti distribuite equamente durante l'anno.

### 2.3 Altre classificazioni

Oltre alle due classificazioni più utilizzate, spiegate nel dettaglio in precedenza, ne esistono altre meno note, basate su fattori specifici che analizzano una particolare caratteristica;

- Condizioni climatiche e biogeografiche: torbiere *boreali* (presenti nell'emisfero nord) e *australi* (presenti nell'emisfero sud);
- Vegetazione dominante: *sfagnete* (presenza di sfagni, particolari muschi distribuiti in ambienti umidi e paludosi) e *cariceti* (presenza di carici, piante erbacee con lunghe foglie lineari e fiori di color bruno raccolti in spighe);
- Il ph dell'acqua: torbiere *acide* (con ph tra 3 e 5.5) e *basiche* (con ph tra 6 e 8);
- Quantità di sostanze nutritive presenti nel terreno: in particolare, viene analizzato il contenuto di azoto e fosforo, suddividendo le torbiere in *oligotrofiche* (costituiti da pochi elementi nutritivi), *mesotrofiche* (contenuto medio di nutrienti) ed *eutrofiche* (alto contenuto di sostanze nutritive);
- Tipi di acque: torbiere *minerotrofe* (le acque ruscellano o si infiltrano negli strati delle rocce, arricchendosi di minerali disciolti in proporzioni variabili a seconda della litologia e successivamente sgorgano) e *ombrotrofe* (torbiere alimentate da acqua meteorica, pioggia, neve o rugiada praticamente priva di ioni minerali (Puglisi et al. 2012).

## CAPITOLO 3

### LA TORBA

#### 3.1 Definizione

La torba viene definita in modo diverso dai geologi e dai pedologi, mentre per i primi è una roccia, per i secondi è una tipologia di suolo con contenuto di carbonio di circa il 30-35% della massa totale e deriva da un'incompleta decomposizione del materiale vegetale in un ambiente saturo d'acqua e acido. Si viene così a creare una sostanza solida ad alto contenuto di carbonio (non a caso, la torba rappresenta uno dei primissimi stadi della formazione del carbone) e ricca di elementi organici, dovuti alla decomposizione di altri organismi, come piccoli insetti, nematodi, ecc..

La mancata decomposizione fa sì che i detriti vegetali si accumulino con un lento ritmo, tra 0.2 e 1 mm all'anno. Gli spessori analizzati sono tra i 50 cm e i 10 m e raramente fino a circa 20 m.

Quando la torba non è essiccata ha un contenuto d'acqua tra il 75 e il 90% della massa totale ed è quindi in grado di trattenerne una quantità 20 volte maggiore alla sua massa secca (una torba secca di 1 kg da bagnata può pesare tra i 2 e i 20 kg). Le torbiere sono delle preziose riserve idriche grazie alla porosità intrinseca della torba (*Lancietti e Demattio, 2017*).

La torba può essere molto ricca di sfagni e quindi molto porosa, chiara e ricca di fibre oppure ricca di altre piante igrofile e quindi più scura e compatta. I diversi tipi di torba possono essere distinti tenendo conto di altre importanti caratteristiche come la permeabilità, che in genere è maggiore in superficie, la densità, il ph, il contenuto organico e la quantità di gas presenti.

Grazie all'alto contenuto di carbonio, la torba presenta un elevato potere calorifero e può essere utilizzata come combustibile. Questo materiale ha anche delle applicazioni in altri ambiti, tra cui la coltivazione nella quale viene impiegata per arricchire il terreno di destinazione delle piante e per ottenere un effetto fertilizzante duraturo nel tempo, nonostante abbia un potere concimante minore rispetto ai più classici derivati organici, come compost e letame. Inoltre, consente di regolare il ph del terreno essendo una sostanza altamente acida e

viene mescolata con altri materiali per ottenere il valore ottimale per la specie che si andrà a coltivare (Rossi, 2018).

La torba è presente in commercio anche sottoforma di dischetti per un uso immediato in vaso.



*Fig. 13- Torba bionda (eBay)*



*Fig. 14- Torba bruna (casapratca.net)*



*Fig. 15- Un deposito di torba (giardinaggio.net)*

### **3.2 Caratteristiche chimiche**

La caratteristica chimica più importante della torba è il grado di umificazione, che indirettamente consente anche di misurare l'età, per far ciò si utilizza l'*indice di Van Post*: una scala che va da 1 a 10 ed è espresso in gradi °H. Le torbe bionde (con minor grado di decomposizione) vanno da °H1 a °H3, quelle mediamente scure hanno un indice di Van Post da °H4 a °H6 e infine le scure o nere da °H7 a °H10.

Un altro importante fattore per determinare la qualità della torba è l'acidità, indicata con il ph, che si esprime con una scala da 1 a 14. Le torbe bionde hanno un ph compreso tra 3 e 4

(altamente acido), quelle mediamente scure tra 3.5 e 5.5 (acido) e le nere tra 4 e 8 (acido o leggermente basico) (Travaglione et al., 2020).

Tra le proprietà chimiche dobbiamo considerare anche la salinità, che consente di determinare la quantità di sali minerali presenti; una torba, per essere di alta qualità, deve avere una bassa salinità. La salinità si misura in mS/cm e risulta bassa nelle torbe bionde (tra 50 e 150 mS/cm), media nelle torbe leggermente nere (tra 100 e 500 mS/cm) e alta nelle torbe nere (tra 400 e 2500 mS/cm). L'analisi della salinità consente inoltre di misurare la conducibilità elettrica del substrato che sarà tanto più elevata quanti più sali vi sono disciolti. Grazie ad un particolare procedimento, denominato “metodo Sonneveld”, possiamo determinare l'acidità e la salinità. Passaggi del processo:

1. Si prende una quantità di torba pari a 100cc in volume;
2. La si pressa leggermente;
3. Si aggiungono 150cc di acqua priva di sali;
4. Si lascia in soluzione per 24 ore;
5. Si filtra senza pressare l'acqua che ne fuoriesce, detta “thè di torba”;
6. Si effettuano le misurazioni sul thè di torba utilizzando il phmetro (vedi Fig. 16) e il conduttivimetro (vedi Fig. 17) (Sonneveld et al., 1990).



Fig. 16- phmetro da laboratorio (BioScientifica)



Fig. 17- Conduttivimetro (Meteo.Logica)

### 3.3 Caratteristiche fisiche

Le proprietà fisiche della torba da analizzare sono la fibrosità e la capacità di trattenere l'acqua e l'aria.

La fibrosità è indicata dal grado di decomposizione della torba, una torba giovane sarà meno decomposta e quindi più fibrosa e al contrario le torbe antiche sono molto decomposte e assumono la consistenza del fango a causa delle piccolissime particelle che le compongono. La fibrosità dipende dal materiale organico di partenza (le torbiere con alta presenza di sfagni hanno una fibrosità ridotta e quelle con alta presenza di carici e giunchi decomponendosi, si sfibrano longitudinalmente).

La capacità di trattenere l'aria viene denominata porosità libera, mentre per quanto riguarda l'acqua viene denominata capacità per l'acqua. Entrambe dipendono da molteplici fattori chimici e fisici e sono inversamente proporzionali tra loro, cioè all'aumento di uno si osserva una diminuzione dell'altro (*Travaglione et al., 2020*).

Ogni singolo tipo di torba ha un valore specifico di porosità libera e capacità per l'acqua e queste condizioni cambiano anche da torbiera a torbiera. Le torbe possono essere quindi distinte secondo classi idrologiche:

- Classe idrologica 1: contenente torbe pesanti, cioè con poca aria e molta acqua;
- Classe idrologica 2: contenente torbe medie;
- Classe idrologica 3: contenente torbe leggere, cioè con molta aria e poca acqua (*Oliosì, 2013*).

## CAPITOLO 4

### LA FLORA DELLE TORBIERE

Le torbiere sono ambienti ricchi di particolari specie, che grazie all'evoluzione si sono adattati a vivere in ambienti specializzati e quindi possono prosperare in terreni imbibiti d'acqua, poveri di nutrienti, anossici, acidi e con variabile contenuto di sale. Queste specie sono talmente esclusive da poter vivere soltanto nelle torbiere, in altri ambienti infatti non riescono a svilupparsi in modo ottimale e per questo motivo sono molto tutelati (*Lanciotti e Demattio, 2017*).

Le torbiere sono ambienti unici e partecipano all'aumento di biodiversità degli ecosistemi rendendo il territorio più diversificato.

La vegetazione presente nelle torbiere va a costituire un mosaico di microambienti, ciascuno dei quali contenente specie vegetali esclusive. Tra le più comuni ricordiamo: i muschi, gli sfagni, le carici e gli eriofori.



*Fig. 18- Una torbiera tropicale vista dall'alto (La Stampa, 2019)*

#### 4.1 Gli sfagni

Gli sfagni (*Sphagnum*) fanno parte delle biofite, sono quindi accostabili ai comuni muschi per il loro livello di organizzazione e di complessità. Rivestono un ruolo importante



all'interno delle torbiere, infatti, corrispondono alla massa di materiale organico costruita nel tempo e in profondità si trasformano in torba.

All'interno dei muschi gli sfagni costituiscono un gruppo isolato, uniforme e con caratteristiche anatomiche e morfologiche specifiche e comprende solamente il genere *Sphagnum*, ricco di specie (oltre 200).

L'aspetto tipico è quello di un tappeto piano oppure di un insieme di pulvini, rilievi a cupola con un contorno denso, di forma rotonda e uniforme. Il singolo sfagno è costituito da un fusto sottile ed eretto, che presenta rami laterali perpendicolari ad esso o rivolti verso la sua base, portanti foglioline con disposizione uniforme e da rizoidi presenti solo nelle prime fasi di sviluppo. La colorazione è generalmente verde ma alcuni sfagni possono avere colorazioni diverse che vanno dal bruno al rosso vivo, a causa della presenza di pigmenti nella parete cellulare (Conti et al., 2006).

Il fusto non possiede vasi conduttori e al centro è presente un cordone di cellule parenchimatiche circondato da un cilindro lignificato; alla periferia invece si trova lo *ialoderma*, formato da vari strati di cellule (le *ialocisti*) morte, svuotate e costituite da pori.

Queste particolari cellule si trovano anche nelle foglioline e consentono agli sfagni di assorbire ed immagazzinare una quantità d'acqua 20 volte superiore al proprio peso secco.

Gli sfagni prediligono acque con ph acido e in tali condizioni possono comportarsi da organismi idrofili (fissati al fondo, sommersi e formanti tappeti galleggianti) o igrofili (quando sono mantenuti bagnati o umidi). In presenza di acque con un alto contenuto di minerali, gli sfagni muoiono consentendo la colonizzazione da parte di altre specie (Minelli, 2004).



Fig. 19- *Sphagnum palustre* (INPN)

## 4.2 Le carici

Tra le Cyperaceae presenti nelle torbiere, le più abbondanti sono le carici, appartenenti al genere *Carex* e una trentina di specie vivono esclusivamente in questi luoghi. Vivono prevalentemente nelle torbiere basse, dove le acque hanno un alto contenuto di sali ed è presente una buona mineralizzazione. Grazie a queste piante erbacee si osserva un accumulo di sostanza organica proveniente dalle radici e dai rizomi (Bazzani, 2014).

Le carici hanno una robusta e profonda radice rizomatosa che crescendo tende a diventare stolonifera, propagandosi anche sulla superficie del terreno e dando vita a nuove piante. La parte aerea è costituita da folti cespugli erbacei e le foglie, di forma lanceolata, sono di colore verde brillante e crescendo assumono un portamento arcuato. Si adattano a qualsiasi tipo di terreno, prediligendo i substrati sciolti, ricchi di sostanza organica e con pH acido, richiedono un'esposizione luminosa per almeno 5 ore al giorno, tollerano bene il caldo eccessivo e non temono il freddo invernale (Lasen, 2017).



Fig. 20- *Carex pendula* (Arborea Farm)



Fig. 21- *Carex morrowii* (Garden Zanet)

## 4.3 Gli eriofori

Gli eriofori (genere *Eriophorum*) sono meno numerosi ma comunque molto importanti; con la maturità del frutto producono all'estremità del fusto dei fiocchi dalla consistenza cotonosa, che costituiscono un segnale della presenza di una zona umida. Anch'essi, come le carici, sono presenti principalmente nelle torbiere basse e in questo caso, soprattutto nell'emisfero boreale.

Sono piante perenni, geofite rizomatose, possiedono cioè un rizoma che ogni anno emette sia le radici che i fusti, le foglie sono lineari e slanciate e quelle posizionate più in alto sono costituite da una guaina a forma di imbuto.



Gli eriofori crescono molto bene nelle paludi e soprattutto nelle torbiere, che costituiscono il loro habitat tipico, vicino agli stagni e sulle sponde dei corsi d'acqua, sono piante acidofile e in tali ambienti le troviamo esclusivamente oltre gli 800 m di altezza (Valentina, 2016).



Fig. 22- *Eriophorum scheuchzeri* (Specie Info)



Fig. 23- *Eriophorum latifolium* (Specie Info)

#### 4.4 Altre piante erbacee caratteristiche

Oltre ai diversi generi visti in precedenza, si possono trovare anche altri gruppi di piante caratteristiche di queste zone, ma che non hanno un ruolo ecologico importante, come ad esempio:

- *Molinia caerulea*: appartenente alla famiglia delle Poaceae, è una specie perenne, con radici fascicolate contorte e biancastre, fusto (denominato culmo) eretto, e foglie di forma lanceolata. È diffusa in ambienti umidi, soprattutto in torbiere basse o di transizione e sottoboschi torbosi;
- *Viola palustris* (vedi Fig. 24): appartenente alla famiglia delle Violaceae, è una pianta perenne con rizoma sottile formante stoloni ipogei filiformi e foglie color verde chiaro con lamina reniforme. Vive in paludi, torbiere, prati e brughiere umidi;
- *Potentilla palustris*: appartenente alla famiglia delle Rosaceae, è una specie a portamento strisciante, a volte anche eretto, molto apprezzata per la colorazione rossastra che assumono le foglie soprattutto nei mesi autunnali. Il fusto è anch'esso rossastro ed ha una base legnosa (Landolt et al., 2010);
- *Lycopodiella inundata* (vedi Fig. 25): appartenente alla famiglia delle Lycopodiaceae, è una specie perenne, sempreverde, a portamento strisciante. Ha steli fertili recanti le spore e steli sterili che portano solo le foglie. L'habitat classico è la torbiera acida, ma anche luoghi sabbiosi e zone acquitrinose;
- *Menyanthes trifoliata*: appartenente alla famiglia delle Menyanthaceae, è una specie acquatica perenne, dotata di stoloni, foglie alterne con un lungo picciolo e fiori

bianchi con 5 petali. Le piante, rimanendo radicate sulla riva, si spingono verso l'acqua formando gli aggallati, strati galleggianti di vegetazione costituiti dall'intreccio di rizomi, sui quali in seguito potranno crescere sfagni e Cyperaceae;

- Chara: è un genere di alga verde pluricellulare ed è simile alle piante solo superficialmente, grazie alla presenza di strutture che ricordano un vero e proprio fusticino con vere foglie, ma mancano reali tessuti differenziati. Vive in acque dolci, generalmente calcaree e scarsamente ossigenate, rimanendo ancorata al fondale.



Fig. 24- *Viola palustris* (Alchetron)



Fig. 25- *Lycopodiella inundata* (Wikipedia)

#### 4.5 Piante carnivore

Una pianta carnivora è capace di assorbire nutrienti provenienti da animali morti a contatto con la sua superficie esterna, ottenendone un vantaggio in termini di aumento della crescita, delle probabilità di sopravvivenza e dell'efficienza riproduttiva. Presenta inoltre adattamenti finalizzati primariamente all'attrazione, alla cattura e alla seguente digestione delle prede, richiedendo un sostanziale impiego delle risorse di cui dispone.

Le specie di piante carnivore che vivono in substrati torbosi con limitata disponibilità di nutrienti, hanno sviluppato delle strategie per assimilare l'azoto e talvolta anche fosforo e zolfo, direttamente da piccoli animali che vengono demoliti lentamente grazie all'utilizzo di particolari enzimi digestivi (Minelli, 2004).

Le specie carnivore più diffuse nelle torbiere appartengono ai seguenti generi:

- Pinguicula (vedi Fig. 26): è una piccola pianta diffusa in ambienti umidi, ha una rosetta di foglie basali compatte, viscoso e lucenti, la cui superficie superiore consente di intrappolare piccoli insetti;
- Drosera (vedi Fig. 27): è una specie di piccole dimensioni tipica delle torbiere. Il meccanismo di cattura della preda è costituito dalle foglie, formate da strutture a

tentacolo con una goccia di secreto adesivo posizionata all'apice. Le foglie sono dotate di movimento e uno stimolo meccanico ne causa la chiusura;

- Utricularia (vedi Fig. 28): è una pianta carnivora che generalmente colonizza le pozze d'acqua, dove vive quasi completamente sommersa. Le sue foglie sono modificate e creano delle vescicole cave riempite di ossigeno, che agiscono da galleggianti. Al loro interno possono essere inglobati attivamente alcuni piccoli animali utilizzando un meccanismo che ne consente l'apertura a scatto se vengono stimolati i peli sensibili presenti sulla superficie delle foglie (Blondeau, 2006).



Fig. 26- *Pinguicula vulgaris* (Wikimedia)



Fig. 27- *Drosera capensis* (Carnivorous Plant Research)



Fig. 28- *Utricularia australis* (INPN)

#### 4.6 Piante legnose

Le piante a portamento legnoso si trovano principalmente nelle zone tropicali, andando a formare le cosiddette “foreste torbiere” o i mangrovieti. Questi ecosistemi molto particolari

sono presenti soprattutto nel sud-est asiatico, nella parte centrale dell’Africa e nella regione amazzonica del sud America. Le specie legnose più diffuse sono:

- Symphonia globulifera: è una pianta legnosa appartenente alla famiglia delle Clusiaceae che può arrivare fino ad un massimo di 30 m di altezza. Il fusto è lungo e cilindrico e le radici sono fittonanti. È una specie originaria dell’America (Messico e Caraibi) e dell’Africa (Uganda e Angola);
- Prioria copaifera: è una specie di pianta da fiore appartenente alla famiglia delle Fabaceae, originaria delle regioni tropicali del centro America e del sud America, dove abita gli estuari di mare, dietro la linea delle Mangrovie. Può crescere fino a 50 m di altezza, ha un fusto molto lungo e una chioma densa;
- Rhizophora mangle (vedi Fig. 29): detta anche mangrovia rossa, è una pianta appartenente alla famiglia delle Rhizophoraceae, è distribuita lungo gli estuari delle coste tropicali e subtropicali dei versanti atlantici di America e Africa. Ha un tronco eretto e cilindrico che in alcune situazioni può superare i 25 m di altezza e le foglie sono opposte e di forma ellittica;
- Laguncularia racemosa (vedi Fig. 30): detta anche mangrovia bianca, è una pianta appartenente alla famiglia delle Combretaceae, diffusa sulle coste dell’Africa occidentale (dal Senegal al Camerun), sulle coste atlantiche dell’America (dalle Bermuda al Brasile) e sul versante pacifico (dal Messico al Perù). Cresce fino a circa 18 m, la corteccia è grigiasta e fessurata e le foglie sono larghe ed ellittiche (FAO, 2008).



Fig. 29- *Rhizophora mangle* (Arizona Aquatic Gardens)



Fig. 30- *Laguncularia racemosa* (123RF)

## CAPITOLO 5

### LA FAUNA

Per quanto riguarda la fauna, le torbiere sono costituite da poche specie e generalmente anche poco appariscenti, ma nonostante questo, ci sono peculiarità di alcuni animali, soprattutto invertebrati, che possono essere notate da un occhio attento. Gli studi italiani sono ancora pochi e insufficienti per avere una panoramica delle specie tipiche che vivono in questi ambienti, mentre abbondano quelli pubblicati in altri paesi, come Inghilterra, Stati Uniti, Belgio e Paesi Bassi, grazie soprattutto al progetto TELMA, finanziato dall'UNESCO negli anni '60 del '900.

Le condizioni ambientali di una torbiera sono, come detto, particolari: la luce riesce a penetrare solo per pochi centimetri al di sotto della sfagneta (che agisce da isolante termico mantenendo una temperatura costante al di sotto della superficie) e la temperatura, nelle giornate estive, varia considerevolmente causando un'escursione termica consistente (*Luoni, 2013*).

#### 5.1 Gli invertebrati

Gli invertebrati acquatici possono essere presenti nel sottile velo d'acqua che ricopre il tappeto di sfagni e muschi oppure direttamente nelle pozze. Gli insetti sono il gruppo più rappresentativo per quanto riguarda questo genere di fauna e tra essi ricordiamo: i coleotteri ditiscidi, acquatici per tutto il loro ciclo vitale, le larve di odonati (libellule e damigelle, vedi *Fig. 31*), sono temibili predatori di altri insetti e inoltre anche importanti bioindicatori per questi ambienti, gli efemeroteri, presenti nelle acque anossiche della sfagneta, le cimici d'acqua (eteroteri), i tricoteri, segnalati ai margini delle torbiere, sotto la superficie dei rivoli d'acqua e i ditteri, molto abbondanti ma paradossalmente sono stati studiati solamente i chironomidi e i culicidi ([www.areeprotette.provincia.tn.it](http://www.areeprotette.provincia.tn.it)).





Fig. 31- Larva di damigella (WordPress)

I crostacei non sono abbondanti e appartengono solo a due gruppi: i copepodi ciclopoidi e i copepodi arpaticoidi.

I molluschi sono invece molto rari, presenti solo in alcuni ambienti meno acidi, dove è possibile trovare piccoli gasteropodi (come *Lymnaea peregra*, *Valvata cristata*, *Galba truncatula*) e piccoli bivalvi (come *Pisidium* spp., *Sphaerium corneum*).

Gli invertebrati terrestri che vivono nelle torbiere non sono molti e sono anche poco conosciuti, probabilmente a causa della limitata estensione di questi ambienti, troppo ristretta per sostenere delle popolazioni stabili. Secondo altri studi invece, la loro limitata presenza è dovuta al fatto che sfagni e muschi sono poco appetibili agli insetti, le *Cyperaceae* hanno foglie troppo dure e scarse e le fioriture di piante che producono polline e nettare (di cui si nutrono molti insetti adulti) sono scarse. I predatori più importanti sono gli aracnidi, che costruiscono tele in mezzo alla vegetazione e sono presenti in piccoli popolamenti anche nematodi, sul fondo anossico delle sfagnete e molluschi terrestri (come *Nesovitrea hammonis* e *N. petronella*) ([www.areeprotette.provincia.tn.it](http://www.areeprotette.provincia.tn.it)).

## 5.2 I vertebrati

Per quanto riguarda i vertebrati, il numero di specie è limitato a causa del clima, dell'acidità del terreno e della scarsità di ossigeno in acqua, che impedisce lo sviluppo e in generale la vita dei pesci.

Gli anfibi sono riusciti ad affermarsi maggiormente rispetto agli altri vertebrati, ma in genere provengono dagli ambienti circostanti; infatti in primavera entrano in torbiera per deporre le uova. Tra questi citiamo il gruppo degli anuri, che comprende i rospi comuni e varie specie di rane e il gruppo degli urudeli, che comprende le salamandre e i tritoni (vedi *Fig. 32*); nelle torbiere montane è presente un particolare anfibio, tipico di questi siti: la salamandra alpina.

Tra i rettili possiamo ricordare il marasso, la lucertola vivipara e la biscia d'acqua.

Per quanto riguarda gli uccelli, la torbiera è un ambiente poco utilizzato, spesso solo ai margini e occasionalmente. Le specie osservabili sono: il cigno reale, il cormorano, la gallinella d'acqua, la folaga, l'airone cenerino (vedi Fig. 33) e il pendolino.

Abbastanza diffusi poi, sono i cosiddetti “*micromammiferi*”, termine con il quale si indicano genericamente piccoli mammiferi appartenenti agli ordini degli insettivori, dei roditori e dei chiroteri. I più rappresentativi sono: i toporagni, sia terrestri che acquatici, le arvicole, i topi selvatici, i surmolotti, i moscardini e le crocidure (vedi Fig. 34) (Luoni, 2013).



Fig. 32- Tritone alpestre (Ittiofauna)



Fig. 33- Airone cenerino in volo (Wikipedia)



Fig. 34- Crocidura (Antropocene)

## CAPITOLO 6

### FUNZIONI ECOLOGICHE

Le torbiere sono ecosistemi di fondamentale importanza per l'ambiente perché aiutano a regolare il clima, rimuovendo dall'atmosfera l'anidride carbonica e immagazzinando, in cambio, carbonio al loro interno; permettono di trattenere e regolamentare i flussi d'acqua grazie alla ritenzione idrica; filtrano e purificano l'acqua utilizzando le materie minerali e organiche in eccesso; sono habitat di specie rare, protette e minacciate; infine, sono archivi storici di vegetazioni passate, infatti al loro interno sono state ritrovate piante antiche (come le felci) ma anche corpi umani (*Cris et al., 2014*).

#### **6.1 Funzione idrologica e di depurazione dell'acqua**

Nelle prime descrizioni scientifiche della torba, risalenti al '700, il materiale imbibito d'acqua era raffigurato come una spugna, proprio per esaltare il rapporto della torbiera con il ciclo dell'acqua.

Attualmente sono in corso varie ricerche, effettuate da diversi team di scienziati provenienti da molti paesi, finalizzate a stimare in modo quantitativo l'acqua presente all'interno delle torbiere in maniera dinamica nel tempo e nello spazio; questo è possibile attraverso lo studio del livello della falda acquifera. Alcuni esperti sono convinti che la torba possa trattenere consistenti quantità d'acqua e restituirla lentamente e progressivamente ai sistemi idrologici circostanti. In questo modo entrano in gioco nella regolazione dei livelli delle acque superficiali e sotterranee.

Inoltre, le torbiere, come anche la maggior parte delle zone umide presenti sulla superficie terrestre, consentono di effettuare la filtrazione e la purificazione delle acque. Queste, infatti, vengono rallentate dal substrato torboso, il sedimento si deposita e le sostanze presenti sono generalmente assorbite dalle radici delle piante e dai microrganismi che vivono nel suolo, oppure possono aderire alle particelle del terreno (*Lotze, 2006*).

Questi processi di filtrazione rimuovono ed allontanano gran parte delle sostanze inquinanti presenti nell'acqua e forniscono come output una fonte idrica pulita e potabile.



## 6.2 Stoccaggio di carbonio

Negli ultimi anni le torbiere sono state interessate da un'enorme visibilità scientifica e oggetto dei principali studi a livello ambientale a causa dei cambiamenti climatici e quindi del riscaldamento terrestre. Esse coprono una superficie totale non trascurabile (4 milioni di km<sup>2</sup>, equivalenti a circa 3% delle terre emerse) e sono gli ecosistemi terrestri più efficaci e di maggiore importanza per quanto concerne la regolazione del ciclo globale del carbonio e il suo stoccaggio. La torbiera accumula più carbonio rispetto a quello che libera, perché la produzione e la deposizione sotto forma di carbonio organico è superiore alla liberazione come anidride carbonica dovuta all'attività degli organismi e alla decomposizione, che in queste zone è solo parziale.

La quantità di carbonio stoccato è enorme, alcune stime affermano che solo nelle torbiere boreali siano contenuti tra i 270 e i 370 miliardi di tonnellate di carbonio e a livello mondiale esse sono pari a circa 400-500 miliardi di tonnellate. Questi valori sono elevati, infatti, equivalgono a circa 2/3 del carbonio atmosferico totale, corrispondono al carbonio presente nella biomassa totale (che è maggiore rispetto a tutte le altre tipologie di foreste del pianeta) ed è inoltre pari a circa 1/3 del carbonio organico stoccato globalmente in tutti i suoli.

Un'ulteriore stima ci fa osservare che la quantità di carbonio depositato annualmente nelle torbiere (capacità di assorbimento annuale) è compresa tra i 40 e i 70 milioni di tonnellate l'anno (*Puglisi et al., 2012*).

Gli utilizzi e gli sconvolgimenti delle torbiere, come l'estrazione della torba, il drenaggio, la loro trasformazione per effettuare la sostituzione degli sfagni con piante di clima più mite, conseguenza del riscaldamento climatico, possono invertire il loro funzionamento riguardo il ciclo del carbonio a causa della minore deposizione, della combustione e dell'aumento della decomposizione. Si trasformeranno quindi da serbatoi di carbonio in sorgenti dello stesso, diventando una minaccia per l'effetto serra, in quanto la concentrazione dell'anidride carbonica nell'atmosfera aumenterebbe considerevolmente per feedback positivo, avendo effetti devastanti sul clima.



*Fig. 35- Strumento per la misurazione dello scambio netto di anidride carbonica dell'ecosistema*

### 6.3 Archivi naturali

La parziale decomposizione della materia offre condizioni favorevoli alla conservazione delle parti morte delle piante. Una volta entrate a contatto con il suolo torboso incluse in esso, l'anossia causata dall'elevato contenuto d'acqua e la presenza di acidi deboli, non consentono la demolizione delle sostanze resistenti presenti nei granuli pollinici (che per le loro caratteristiche risultano un buon vettore di preziose informazioni) e in altre parti delle piante. Lo studio e la classificazione di questi granuli pollinici permettono di analizzare le caratteristiche fondamentali della vegetazione presente nell'intera area circostante alla zona umida e per un intervallo di tempo che va dalla sua formazione fino ai tempi recenti. I granuli pollinici sono prodotti dalle piante in quantità elevate e si diffondono in tutto il territorio, la loro parete, lo "*sporoderma*", è organizzata in due strati: uno interno detto "*intina*" e l'altro esterno detto "*esina*". In quest'ultimo sono presenti le "*sporopollemine*", composti chimicamente molto stabili e soggetti a degradazione solo in presenza di ambienti ossidanti. L'esina ha inoltre un aspetto variabile a causa della presenza di granuli, strie, spinule, rilievi reticolati ecc. e perché vi possono essere prefigurate le aree di apertura del granulo stesso, attraverso solchi o pori. Ciò crea una grande varietà morfologica di tipi pollinici distinguibili con il microscopio che corrispondono con precisione e sicurezza a famiglie, a generi o addirittura a singole specie di angiosperme e gimnosperme.

In pratica, i granuli pollinici sono identificati come reperti che rappresentano determinate specie vegetali che sono andate in contro ad una prolungata conservazione in determinati ambienti come i depositi erbosi accumulati nelle torbiere, che garantiscono le migliori condizioni a tal fine.

Lo studio dei granuli pollinici permette di ricostruire il paleoclima e il paesaggio vegetale a partire da 20.000 anni fa (*Minelli, 2004*).

### 6.4 Archivi archeologici

Le torbiere sono anche importanti archivi delle testimonianze della presenza dell'uomo attraverso la conservazione di spoglie, come parti cheratinizzate degli animali (pelle, peli e unghie) che dopo essere sfuggite ai processi di decomposizione che avvengono sulle superfici dei suoli, vengono conservate a lungo negli strati più profondi. La parte inferiore degli sfagni è sterile per l'assenza dei batteri, tanto che, durante la Prima Guerra Mondiale, questo tipo di torba è stato utilizzato come tampone nelle medicazioni di emergenza. Queste zone sono quindi anche siti di notevole interesse archeologico, potendo rintracciare all'interno degli

strati di torba, la presenza umana in un passato lontano. Ad esempio, nella torbiera Fiavé, in Trentino, si sono conservate le tracce di un villaggio su palafitte risalente al 2000 a.c., in Danimarca nel 1950 è stato ritrovato un corpo umano conservato in ottime condizioni: *l'uomo di Tollund* (400 a.c.) e nelle immediate vicinanze alcuni scavi del 1952 hanno riportato alla luce *l'uomo di Grauballe*. Entrambi appartengono a quel mondo che gli antropologi definiscono “uomini delle torbiere”, i cui resti risalenti all'età del ferro sono stati ritrovati nelle aree di torbiera dell'Europa nord-occidentale.

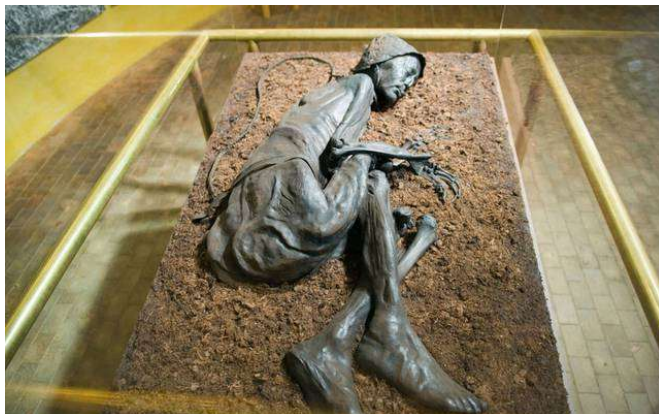
Questi resti ci hanno trasmesso svariate informazioni sui capi di abbigliamento che indossavano e del cosiddetto ultimo pasto, consentendoci di studiarne il livello di civiltà e il tipo di dieta seguito.

In Inghilterra ci sono stati ritrovamenti legati all'epoca romana e in particolare al periodo in cui le legioni difendevano i confini in corrispondenza della fase di espansione settentrionale dell'Impero Romano (*Badino et al., 2020*).



*Fig. 36- Palafitte del 2000 a.C. nella torbiera di*

*Fiavé (Bellintani, 2014)*



*Fig. 37- L'uomo di Tollund*

*(WordPress, 2015)*

## CAPITOLO 7

### UTILIZZI DELLE COMPONENTI DELLE TORBIERE

Tradizionalmente la torba viene tagliata a mano e lasciata essiccare al sole, ad esempio in molti paesi, come l'Irlanda e la Scozia, questo procedimento viene effettuato nelle zone rurali accatastando questo materiale che in seguito verrà utilizzato per la cucina e per il riscaldamento domestico.

La torba può rappresentare un grave pericolo per gli incendi e non viene estinta dalla pioggia leggera. Gli incendi di torba bruciano per lunghi periodi di tempo e possono bruciare anche sottoterra, spegnendosi in inverno e riaccendendosi dopo la fine del periodo freddo, solamente però se è presente una fonte di ossigeno.

I depositi di torba rappresentano una serie di difficoltà per i costruttori di strade, ferrovie e strutture varie, perché possono essere facilmente compressi con un peso minimo. Ad esempio, quando è stata costruita la linea ferroviaria West Highland attraverso Rannoch Moor, nella parte occidentale della Scozia, i costruttori hanno dovuto far galleggiare i binari su un materasso di migliaia di tonnellate di radici di alberi, sottobosco, terra e cenere, proprio a causa della facilità con cui la torba può essere compressa.

Le torbiere possono anche essere una preziosa fonte di acqua potabile, fornendo quasi il 4% di tutta l'acqua potabile immagazzinata nei bacini idrici. Nel Regno Unito, infatti, più di 28 milioni di persone utilizzano l'acqua potabile proveniente da fonti idriche che dipendono dalle torbiere (*it.qaz.wiki*).

#### **7.1 Utilizzi della torba nel passato**

Nell'età del bronzo e del ferro l'uomo usava la torba per effettuare rituali agli dei e agli spiriti della natura. I corpi delle vittime di tali sacrifici sono stati ritrovati in vari luoghi della terra, come Scozia, Inghilterra, Irlanda, Germania settentrionale, Danimarca e in alcune

regioni dell’Africa. Si sono conservati in perfette condizioni, grazie alle proprietà abbronzanti e preservatrici dell’acqua acida (l’esempio principale è l’Uomo di Tollund).

La torba ha avuto una certa importanza metallurgica nell’alto medioevo, essendo la fonte primaria di ferro da torbiera (vedi *Fig. 38*) (una forma di deposito di ferro impuro che si sviluppa nelle torbiere per ossidazione chimica o biochimica del ferro trasportato in soluzione), utilizzata per creare spade (vedi *Fig. 39*) e armature (*Travaglione, 2020*).



*Fig. 38- Ferro di torbiera (VitAntica)*



*Fig. 39- Spada vichinga creata con ferro di torbiera (Top War, 2018)*

In Malesia, molte paludi di torba, presenti lungo la costa, sono state utilizzate per lungo tempo come mezzo naturale di mitigazione delle inondazioni e in altri paesi questo materiale veniva impiegato come combustibile fossile, soprattutto per il riscaldamento domestico. Ciò è avvenuto principalmente in zone con scarsità di alberi, causata da estesi tagli a raso e dove non vi erano altre risorse atte al riscaldamento. Il potere calorifico è alto ma meno consistente rispetto al carbone e inferiore anche alla legna secca (il carbone circa 2,6 volte maggiore e la legna secca circa 1,3). In alcune nazioni è stato mantenuto lo sfruttamento della torba per questo scopo, in Irlanda infatti, esistono centrali termoelettriche a torba. Una società statale, la *Bord na Mona*, è responsabile della gestione dell’estrazione della torba. Essa, dopo essere stata estratta, viene trasformata in torba macinata ed in seguito utilizzata nelle centrali elettriche. L’azienda vende anche combustibile di torba trasformato sottoforma di bricchetti (vedi *Fig. 40*) (un blocco compresso di polvere di carbone o altro materiale di biomassa combustibile, come appunto la torba) utilizzati per il riscaldamento domestico (*Travaglione, 2020*).



Fig. 40- Bricchetti di polvere di carbone e torba (Amazon)

## 7.2 Utilizzi attuali

La torba oggi ha un largo impiego in diversi campi, dalla cosmesi al giardinaggio, alla cura di particolari malattie. In primis viene utilizzata in ambito agricolo, ad esempio, in Svezia gli agricoltori usano la torba essiccata per assorbire gli escrementi dei bovini che vengono svernati al chiuso. La torba può immagazzinare nutrienti e sebbene non sia fertile, è polielettrolitica (costituita cioè da polimeri le cui unità ripetitive portano un gruppo elettrolitico) con un'elevata capacità di scambio ionico grazie alla presenza della lignina ossidata. Si consiglia di trattare la torba termicamente, ad esempio attraverso la cottura a vapore del suolo, per uccidere i parassiti e riattivare i nutrienti. Data però la scarsità di potassio e di fosforo non viene considerata un vero e proprio concime, ma un ammendante, un materiale che consente di migliorare alcune caratteristiche fisiche del suolo, in particolare aumenta la capacità di ritenzione idrica e rende il suolo più morbido e soffice.

Un utilizzo molto particolare consiste nell'affumicatura del salmone e in Scozia del malto, utilizzato per la produzione di Scotch whisky torbato, dal caratteristico sapore e odore.

Molto importante è anche l'utilizzo in alcuni processi industriali grazie alla sua capacità di filtrazione e di scambio ionico, ad esempio, nel trattamento dell'inquinamento da idrocarburi o per la riduzione dei disturbi olfattivi negli impianti di depurazione, dove viene impiegata per filtrare l'aria insieme a cippati e compost (*Giardinaggio.net*).

Negli ultimi anni la torba è stata portata alla ribalta da alcune aziende di cosmesi che la utilizzano sottoforma di crema dalle proprietà drenanti e snellenti, consentendo di stimolare il metabolismo. È infatti un vero e proprio toccasana per la pelle, in quanto prodotto antisettico e disintossicante (*Abiby, 2020*).



Fig. 41- Crema di torba utilizzata in cosmetica (ABIBY,2020)

Il campo in cui la torba viene utilizzata maggiormente è quello del giardinaggio, infatti, è la principale componente organica dei terricci. Essa favorisce la capacità drenante del terreno, aumenta la leggerezza e la sofficità e migliora la radicazione delle piante. È fondamentale sottolineare che non viene mai usata da sola, ma è sempre unita ad altri elementi come terra, argilla e sabbia.

In commercio è possibile distinguere tre diverse tipologie di terricci a base di torba:

- Terriccio per semi: composto da sabbia, argilla e torba. Conferisce sofficità al terreno, il seme può così crescere senza incontrare la durezza del suolo e l'acqua può infiltrarsi facilmente. Le torbe scure sono ottime per la semina del terreno, mentre quelle chiare per le piante in vaso;
- Terriccio per piante carnivore: è un terriccio povero composto da torba acida di sfagno (praticamente priva di azoto e sali minerali), adatto appunto per le piante carnivore che spesso nascono nei pressi delle torbiere;
- Terriccio per prato: composto da sabbia e torba, viene aggiunto al terreno del prato, conferendogli uniformità e rigogliosità (*Giardinaggio.net*).

Infine, esistono altre due tipologie di utilizzi meno frequenti, ma altrettanto interessanti, nel settore degli acquari e nella balneoterapia. Per quanto riguarda gli acquari, e più comunemente in quelli di acqua dolce, la torba viene impiegata grazie alla sua consistenza morbida e quindi adatta a specie demersali (che vivono sul fondo) come il pesce gatto *Corydoras*. Addolcisce l'acqua agendo da scambiatore di ioni, contiene sostanze benefiche per le piante e per la salute riproduttiva dei pesci, previene la crescita delle alghe, può uccidere i microrganismi e spesso macchia l'acqua di giallo o marrone a causa della lisciviazione dei tannini (*De Felice, 2018*).

Nella balneoterapia, la torba è ampiamente utilizzata per la cura di particolari terapie. Molti trattamenti termali tradizionali la includono come parte dei peloidi (fango o argilla usati

nei bagni terapeutici). Questi trattamenti sono impiegati soprattutto nei paesi europei tra cui Polonia, Repubblica Ceca, Germania e Austria. I tipi più comuni di applicazione della torba nella balneoterapia sono i fanghi di torba, gli impacchi e i bagni in sospensione.

### 7.3 Utilizzi della vegetazione

Alcune piante delle torbiere hanno rilevato proprietà medicinali e sono altamente utilizzate in erboristeria e in farmacologia. La *Drosera rotundifolia* è una specie a cui si fa riferimento nell'omeopatia grazie alle sue utili proprietà: ha un'azione antispasmodica, broncosedativa e antisettica, decongestionante, antinfiammatoria ed espettorante. L'azione sulla tosse è dovuta in particolare alla presenza del droserone, una sostanza calmante che agisce sulla muscolatura liscia dei bronchi. Questa sostanza si ottiene direttamente dalla pianta intera e fresca.

Il rimedio viene tradizionalmente impiegato nei seguenti casi:

- Tosse violenta, spasmodica e profonda;
- Voce rauca e atona;
- Irritazione faringea e fitte toraciche;
- Asma associata ad intenso broncospasmo, cianosi e senso di soffocamento;
- Conati di vomito durante la tosse;
- Irrequietezza;
- Dolori ossei;
- Rigidità alle caviglie.



*Fig. 42- Medicinale omeopatico per la tosse (rxhomeo, 2020)*



In passato le torbiere sono state utilizzate anche per la raccolta dei materiali per la copertura in paglia delle sedie o dei tetti delle case.

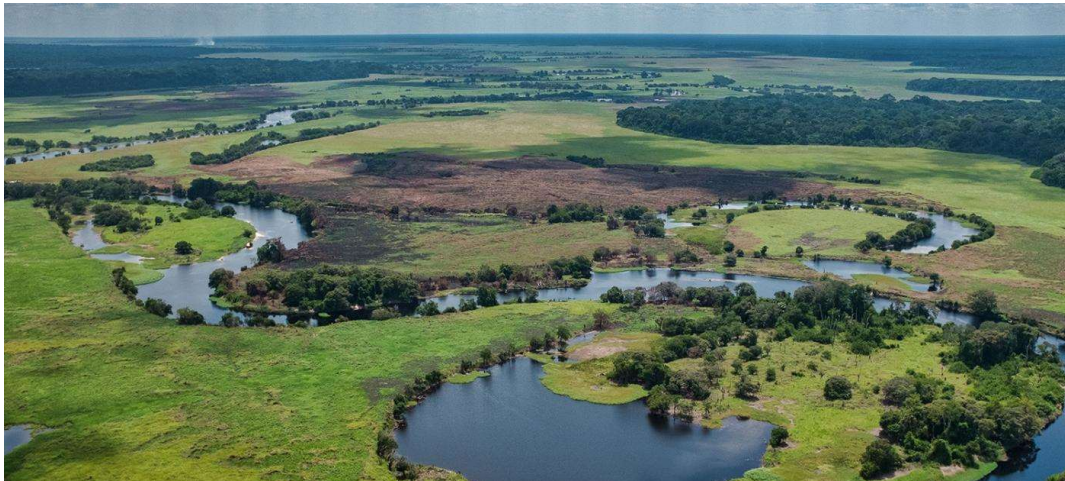
Nelle regioni dove si praticava l'allevamento, ma non vi erano coltivazioni di grano da cui ricavare lo stame per il bestiame nelle stalle, veniva utilizzata la *Molinia caerulea*, indicata anche con il nome volgare di gramigna dei prati da stame, che ne rappresentava un buon sostituto (*Lanciotti e Demattio, 2017*).

## CAPITOLO 8

### LE TORBIERE DELLA CUVETTE CENTRALE

Nel 2017 gli scienziati della facoltà di geografia dell'università di Leeds e dell'University College di Londra, insieme ai ricercatori congolesi, hanno scoperto il più grande complesso di torbiere al mondo, all'interno della regione della Cuvette Centrale, nella Repubblica Democratica del Congo (ex Zaire). Questo complesso è grande quanto il Regno Unito, è situato nel bacino del Congo ed è un vero tesoro nazionale ma anche internazionale. È un ecosistema ricco di vita, dove fiumi, foreste umide, paludi e savane creano un mix perfetto di biodiversità. È inoltre l'habitat naturale per una vasta gamma di piante e animali tropicali tra cui gli elefanti delle foreste africane, gorilla di pianure e di montagna, scimpanzè e bonobo.

I ricercatori hanno scoperto che la torba copre solo il 4% dell'intero bacino del Congo, ma immagazzina al suo interno la stessa quantità di carbonio accumulata negli alberi, che coprono il restante 96%. Queste torbiere contengono circa il 30% del carbonio immagazzinato in tutte le torbiere tropicali presenti sulla superficie terrestre, corrispondenti a circa 20 anni di emissioni di combustibili fossili degli Stati Uniti d'America (*White, 2019*).



*Fig. 43- Il complesso di torbiere della Cuvette Centrale visto dall'alto (UNEP, 2019)*

Il cambiamento climatico sta causando un aumento esponenziale delle temperature, generando stagioni sempre più secche, cambiamenti nella distribuzione delle piogge annue e nella frequenza degli incendi. Con gli sforzi di conservazione, le torbiere possono aiutare a ridurre il cambiamento climatico, fornendo uno stoccaggio di carbonio a lungo termine. Oltre ai preziosi benefici del clima, il complesso di torbiere della Cuvette Centrale, è un ecosistema di biodiversità e supporta svariate specie in via d'estinzione.

## 8.1 La Repubblica Democratica del Congo

Nota fino al 1997 con il nome di Zaire, la Repubblica Democratica del Congo (DRC) è uno dei paesi più vasti dell'Africa e il cuore dell'Africa nera, vista la maggioranza di gruppi etnici bantu. I numerosi conflitti avvenuti dalla seconda metà del '900 ne hanno frenato lo sviluppo, che sarebbe stato possibile per la ricchezza di risorse del sottosuolo di cui dispone. La capitale del paese è Kinshasa, con circa 17 milioni di abitanti (*GlobalGeografia.com*).



Fig. 44- posizione geografica della DRC (123RF) Fig. 45- Bandiera del paese (Bandiere.it)

Il territorio è costituito principalmente dal bacino idrografico del Congo, una zona pianeggiante posta sui 500 m di altezza e localizzata nella parte centrale e nord-occidentale del paese. La parte orientale ha invece una morfologia più variegata, passando da altipiani a catene montuose poste lungo i confini e che culminano nel Ruwenzori, la terza vetta più alta dell'Africa (5.111 m). La DRC presenta anche una breve fascia costiera sull'Oceano Atlantico, in corrispondenza della foce del fiume Congo, il secondo per lunghezza di tutta l'Africa.

La struttura economica del paese rimane per certi versi simile a quella di una regione coloniale, essendo basata sullo sfruttamento di materie prime minerarie integralmente destinate all'esportazione. Più volte ci sono stati dei tentativi di nazionalizzazione degli apparati produttivi di prima trasformazione, ma non sono andati a buon fine, perché ancora oggi i proventi lasciano il paese senza reinvestimenti locali e senza capitalizzazione. Infatti, il problema di base della nazione è l'assenza di liquidità e quindi la necessità di accedere in notevole misura al credito internazionale. Il reddito pro capite è uno dei più bassi al mondo e si stima che i  $\frac{3}{4}$  degli abitanti non svolgano un'attività regolarmente retribuita.

Il settore primario assicura a malapena l'autosufficienza alimentare ed è basato soprattutto sulla produzione di manioca, dalle foreste si ricava una produzione di legname ogni anno maggiore e con conseguenti fenomeni di grave depauperamento (*Treccani*).

Le potenzialità del territorio congolese sono attribuibili alla straordinaria dotazione di risorse minerarie, localizzate soprattutto nella parte meridionale del paese (Kasai e Katanga). La DRC è la prima produttrice mondiale di cobalto, rame, diamanti e coltan, un minerale da cui si ricava il tantalio, un metallo raro di importanza fondamentale nella società odierna, infatti, è l'elemento base per la produzione di telefonia mobile (*ItalAfrica Centrale 2010*).

Infine, possiamo affermare che i problemi recenti di questo paese derivano dalla geografia, avendo un'estensione immensa e pertanto difficile da controllare, e dalla sua storia, infatti, è continuamente sfruttato dalle ex potenze coloniali (Belgio, Francia e Inghilterra), a cui, nel corso dell'ultimo decennio si è aggiunta anche la Cina, con il suo insaziabile bisogno di risorse necessarie a sostenere la costante crescita demografica ed economica.

## **8.2 Inquadramento territoriale delle torbiere**

La torbiera della Cuvette Centrale è situata all'interno del bacino del Congo, nel nord-ovest della Repubblica Democratica del Congo, ha un'estensione di circa 145.500 km<sup>2</sup> ed è attraversata dal fiume Congo e dalla linea dell'equatore. Il bacino congolese è una depressione di circa 1 milione di km<sup>2</sup> corrispondente alla parte centro-settentrionale dello spartiacque del fiume Congo. Geologicamente è una regione sedimentaria delimitata da tre massicci granitici: Gabon a ovest, Kasai a sud e Kivu ad est e l'altitudine media è di circa 400 m. il fiume Congo crea un grande anello, fluendo a nord, ad ovest e poi a sud, dove riceve il suo principale affluente, l'Oubangui. Lascia quindi il bacino attraversando le Montagne di Cristallo, che separano il bacino centrale dall'Oceano Atlantico.

Le abbondanti piogge hanno reso possibile lo sviluppo della foresta pluviale tropicale e soprattutto il substrato torboso che copre tutta la parte centrale del bacino. Le zone degli spartiacque a nord e a sud della torbiera sono coperte da savane, che nelle zone sabbiose cedono il posto alle steppe. La regione orientale della foresta “torbiera” include alcune aree protette, di cui 5 dichiarate dall’UNESCO “*patrimonio comune dell’umanità*”, ma purtroppo la loro salvaguardia è stata fortemente compromessa dalla guerra civile e dai conflitti nei paesi confinanti (Ruanda e Burundi) (Betbeder *et al.*, 2014).

La posizione a cavallo dell’equatore fa sì che il clima sia tipicamente equatoriale: si registrano temperature medie elevate (circa 26 °C), escursioni annue contenute, abbondanti precipitazioni (che consentono la formazione della torba) e tassi di umidità relativa dell’ordine dell’80-85%. La stagionalità si fa più sensibile procedendo a nord e a sud dell’equatore, con la presenza di periodi più o meno piovosi, temperatura e umidità mitigate dall’altitudine e con valori moderati.

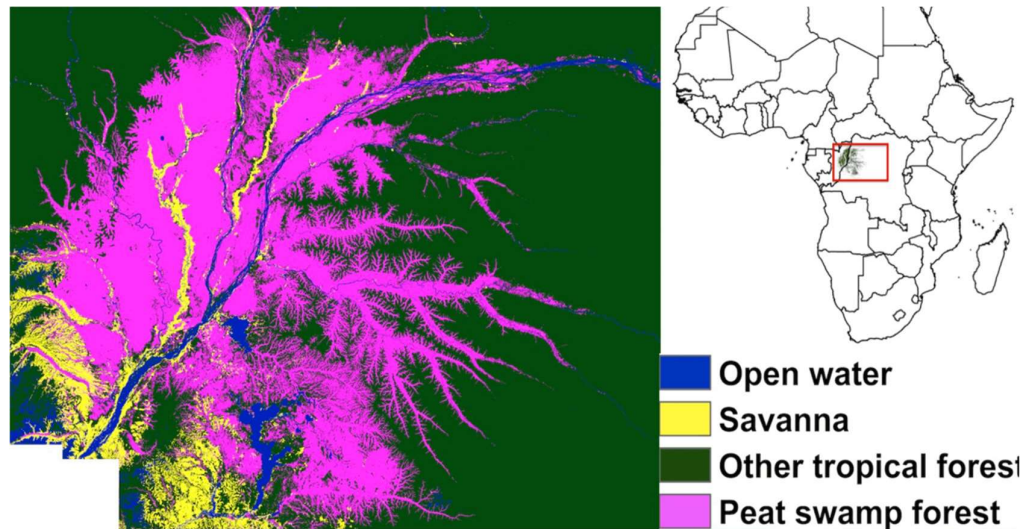


Fig. 46- Localizzazione della Cuvette Centrale e dettaglio dell’estensione degli ambienti naturali presenti (Nature, 2017)

### 8.3 Formazione geologica del bacino del Congo

Il bacino del Congo, entro cui è situata la torbiera della Cuvette Centrale, è formato principalmente da sedimenti risalenti all’età mesozoica e quaternaria e strutturalmente costituisce un cratone, cioè una porzione della crosta terrestre rigida e stabile, circondata da orogeni e fasce orogeniche plastiche e instabili, dove sono presenti i corrugamenti. La fascia più evidente, localizzata ai margini orientali del bacino, è costituita dalla zona centrale della

Rift Valley, un sistema costituito da fratture della crosta terrestre risalenti all'età miocenico-pleistocenica, dove ancora oggi si può osservare un'intensa attività sismica e vulcanica.

A sud il bacino del Congo è delimitato dall'orogene del Katanga, che è stato attivo nel tardo Precambriano ed ha l'aspetto di un rilievo di forma tabulare, formato da sedimenti in successione di acque di profondità limitata e contenente consistenti quantità di depositi cupriferi a vario grado di metamorfosi.

Infine, sul lato occidentale, il bacino è accostato alla fascia orogenica del Congo occidentale, con andamento parallelo alla costa atlantica (*Daly, 1992*).

#### **8.4 La scoperta del complesso di torbiere e le analisi effettuate**

Simon Lewis e Greta Dargie, docenti all'università di Leeds, hanno guidato la spedizione in Congo che dopo anni di esplorazioni, nel 2017, ha portato alla scoperta e all'analisi della regione contenente le torbiere tropicali più estese della terra. Una volta ogni decennio dagli anni '50, qualche misterioso rapporto menzionava di sfuggita la presenza di torba nel bacino del Congo, ma nessuno ha mai fornito una griglia di riferimento, un villaggio o un fiume per individuarla. La scoperta della localizzazione di queste zone è stata di notevole importanza, poiché le torbiere del sud-est asiatico sono state prese di mira per le piantagioni da olio di palma e altri progetti agricoli industriali, causando enormi emissioni di carbonio e catastrofiche perdite di fauna selvatica e sarebbe successo lo stesso anche in Africa.

Il bacino del Congo ha una grandezza simile a quella dell'India e iniziare una ricerca a piedi sarebbe stato impossibile, infatti, gli scienziati, per individuare le zone da analizzare sul campo, hanno utilizzato una combinazione di dati provenienti da satelliti diversi per identificare le aree impregnate d'acqua per tutto l'anno. Così nel 2012, con l'aiuto dei ricercatori del Congo e l'appoggio delle università del Regno Unito e della ONG Wildlife Conservation Society, sono iniziate le analisi per la ricerca della torba nel nord della DRC.

I ricercatori hanno dovuto superare molte difficoltà: passeggiare in queste zone è possibile solo nella stagione secca, mentre negli altri periodi si rischia di sprofondare nel terreno; hanno vissuto nella foresta per molto tempo, trovandosi spesso faccia a faccia con gli animali selvatici (in un'occasione, lo strumento per la misurazione dell'altezza della falda freatica è stato rotto da una pantera curiosa). Alla fine, però, l'obiettivo è stato raggiunto ed è stato trovato un enorme substrato di torba. Gli scienziati poi hanno deciso di intraprendere una camminata di circa 30 km per arrivare al centro di quella che sospettavano essere la più grande torbiera della Terra. Quindi, nel febbraio del 2014, un team composto da tre ricercatori e

cinque assistenti, provenienti dal villaggio locale di Itanga, ha intrapreso questo viaggio all'interno della foresta, campionando la torba e la vegetazione sovrastante ogni 250 m. dopo circa due mesi sono arrivati al centro della torbiera, posizionato tra i due fiumi principali e sono riusciti a trovare torba sempre più profonda, arrivando anche fino a 5,9 m (l'altezza di un edificio a due piani) (Gaworecki, 2017).



Fig. 47- Ricercatori nella foresta (theguardian, 2017) Fig. 48- Analisi del terreno (Ramsar)

Le misurazioni sul campo hanno rivelato che solo due tipi specifici di foresta possono presentare la torba nel terreno sottostante:

- Una foresta con un alto contenuto d'acqua nel terreno tutto l'anno e costituita principalmente da specie di latifoglie;
- Una foresta con un alto contenuto d'acqua nel terreno tutto l'anno e costituita principalmente da specie di palma.

Sono stati utilizzati dei dati satellitari per mappare queste due tipologie di foreste per individuare e determinare i confini delle torbiere della Cuvette Centrale. La combinazione di quest'area con la profondità della torba e il suo contenuto di carbonio ottenuto dalle analisi di laboratorio, ha permesso di affermare che solo il 4% del bacino del Congo è costituito da torbiere, ma esse immagazzinano tanto carbonio, quanto quello accumulato negli alberi, che rappresentano il 96% dell'area (Grossman, 2019).

## 8.5 La fauna

Le torbiere della Cuvette Centrale sono ricche di biodiversità e ospitano varie specie in via di estinzione. Le ricerche scientifiche effettuate nella zona negli ultimi tre anni, si sono focalizzate principalmente sullo studio dei mammiferi. La Cuvette Centrale è diventata famosa per la sua mega fauna, infatti, al suo interno trovano dimora:



- Bonobo: a volte indicato come scimpanzè pigmeo, è l'ultima delle grandi scimmie ad essere stata caratterizzata scientificamente e molti suoi aspetti sono ancora sconosciuti. Vivono in gruppi guidati da femmine, sono creature pacifiche, profondamente intelligenti, emotive e sensibili. Purtroppo, sono state classificate come specie a rischio di estinzione e la loro tendenza demografica è in declino:
- Gorilla di pianura occidentale (vedi Fig. 49): è un'altra grande scimmia in grave pericolo di estinzione. I maschi possono crescere fino a 1,8 m di altezza, pesare fino anche 180 kg e mostrare una potenza fisica impressionante. I cuccioli, tuttavia, sono piuttosto piccoli e pesano solo 2 kg alla nascita. Per i primi 2-3 anni della loro vita rimangono vicini alla madre, aggrappandosi spesso alla loro pelliccia;
- Gorilla di montagna (vedi Fig. 50): di dimensioni più grandi, possono raggiungere altezze di 2.10 m e pesare anche 250 kg. Negli ultimi anni si stanno effettuando vari piani di conservazione per aiutare il gorilla di montagna, ma purtroppo essi devono ancora affrontare le minacce provenienti dal bracconaggio e dalla perdita di habitat. Nel luglio 2018, in base all'ultima valutazione è stato classificato come minacciato, tuttavia, grazie alle iniziative di conservazione, la loro popolazione è in aumento;



Fig. 49- Gorilla di pianura occidentale (WWF, 2018)      Fig. 50- Gorilla di montagna (ohga!, 2020)

- Elefante delle foreste africane: più piccolo rispetto agli altri elefanti africani, risiede esclusivamente nel bacino del Congo. Possono comunicare tra loro a grandi distanze emettendo suoni a bassa frequenza non udibili dagli umani. È alto circa 3 m, ha delle bellissime zanne d'avorio che possono crescere fino a 1,5 m di lunghezza e pesare 45 kg, vengono utilizzate per scavare o per scortecciare gli alberi, ma purtroppo il loro avorio li rende un bersaglio per i bracconieri. A causa della loro inafferrabilità non si sa molto delle abitudini di questo individuo, tanto che viene indicata come una specie difficile da conservare (white, 2019).

- Cocodrillo: comparve nel Cretaceo superiore (circa 90 milioni di anni fa) da antenati crocodilomorfi, di cui hanno conservato molte caratteristiche fisiche e comportamentali. Possiedono il morso più potente mai misurato in natura, hanno il corpo allungato e ricoperto di squame, la lunga coda è appiattita e adatta al nuoto ed hanno una velocità fuori dal comune anche sulla terra ferma;
- Cercopiteco dryas: specie endemica della zona, conta meno di 200 individui e dal 2008 il suo stato è stato modificato in pericolo critico. Gli adulti pesano tra i 4 e i 7 kg e c'è un marcato dimorfismo sessuale, vivono in gruppi di 30 individui con un solo maschio adulto (*Wikipedia*).

## 8.6 La flora

La vegetazione presente nella Cuvette Centrale è ancora parzialmente sconosciuta, infatti, non sono stati molti gli studi effettuati a riguardo. Alcune analisi affermano che le specie più rappresentative della zona sono:

- Manihot esculenta: è un arbusto legnoso appartenente alla famiglia delle Euphorbiaceae. La sua radice (vedi *Fig. 51*) tuberosa e ricca di amido è una delle principali fonti di carboidrati delle tribù che vivono nella zona e viene consumata prevalentemente in forma bollita in gran parte dell'Africa. Si utilizza, inoltre, per estrarne la tapioca (chiamato anche amido di manioca), che viene utilizzato per alimenti, mangimi per animali e scopi industriali;
- Polyalthia suaveolens: appartiene alla famiglia delle Annonaceae, ha foglie grandi con piccioli di grande spessore, i germogli sono inizialmente pubescenti e in seguito glabri e i fiori hanno carpelli e stami per lo più glabrescenti. È una specie molto rara presente soprattutto nell'Africa occidentale, ma nell'ultimo anno, sono stati scoperti alcuni popolamenti anche nell'Africa orientale;
- Anonidium manni: è una specie tropicale appartenente alla famiglia delle Annonaceae a crescita rapida. Le foglie sono molto lunghe, i fiori sono ampi e il frutto (vedi *Fig. 52*), commestibile, è uno dei più grandi al mondo, arrivando a pesare anche 15 kg. È uno dei frutti preferiti delle popolazioni locali e dei bonobo, ha un sapore che può essere accostato a quello della pesca e può essere più o meno dolce in base alle qualità genetiche dell'albero in questione e al suo grado di maturità al momento della raccolta;

- Scorodophloeus zenkeri: è una pianta arborea appartenente alla famiglia delle Caesalpiniaceae. Il legno, adoperato solo localmente e non venduto nel mercato internazionale, è utilizzato per la produzione di pali da costruzione, pavimenti, carrozzerie di veicoli, mobili, scale, attrezzi agricoli e nella Repubblica Democratica del Congo, viene impiegato per produrre carbone. La corteccia, le foglie giovani e i semi sono localmente utilizzati come condimenti, dando un sapore che ricorda quello dell'aglio. Le foglie giovani, inoltre, vengono consumate come verdura dopo la cottura (*Global Plants*).



Fig. 51- Radice di *Manihot esculenta*  
(TuttoGreen, 2017)



Fig. 52- Frutto di *Anonidium mannii*  
(4.bp.blogspot)

### 8.7 Le popolazioni locali

Sebbene il complesso di torbiere della Cuvette Centrale sia considerato da molti come un luogo estremo, selvaggio e inadatto alla vita umana, esistono delle tribù che vivono al suo interno, principalmente in villaggi o piccoli gruppi lungo le reti di trasporto fluviale e stradale. Le popolazioni di origine bantu costituiscono il più grande gruppo etnico della regione e conducono generalmente un'attività di sussistenza, incentrata sulla pesca, su piccole coltivazioni di *Manihot esculenta* (manioca) e *Musa spp.* (banano) e sull'allevamento di un numero limitato di capi di bestiame, tra cui capre e polli. Le popolazioni bantu probabilmente sono arrivate nella regione nel corso degli ultimi 2.000 anni, mentre i gruppi di cacciatori e raccoglitori autoctoni (gli indigeni) sono presenti da più tempo (alcune fonti affermano che siano arrivati in questa zona più di 4.000 anni fa). Alcune comunità autoctone conducono ancora uno stile di vita completamente nomade, mentre le altre popolazioni hanno scelto di condurre volontariamente una vita semi-nomade o sedentaria, supportate dalle politiche di reinsediamento governativo coloniale e post-coloniale, che inoltre, hanno vietato agli indigeni l'accesso esclusivo alle attività economiche. All'interno della Cuvette Centrale, gli abitanti si

affidano in parte alle risorse della foresta per il proprio sostentamento, ciò vale in particolare per le comunità autoctone e, di conseguenza, gli impatti delle attività industriali (come il degrado delle foreste) e di conservazione (come le restrizioni sull'accesso alle foreste) sono spesso avvertiti in modo più marcato da queste popolazioni. Esse, inoltre, sono da sempre emarginate a livello sociale e quindi non sono mai state coinvolte in modo significativo nei processi di consultazione regionale e non hanno mai beneficiato economicamente dell'arrivo di nuove attività lavorative (IWGIA, 2011).



*Fig. 53- Famiglia bantu nella Cuvette Centrale (SIANI, 2016)*

## CAPITOLO 9

### IL CARBONIO E LE SUE POTENZIALI MINACCE

Nel 2018, la pubblicazione della prima mappa spaziale delle torbiere della Cuvette Centrale, ha rivelato che si tratta del più esteso complesso di substrato torboso al mondo, circa 145.500 km<sup>2</sup>. Una stima afferma che al suo interno sono immagazzinati 30.6 giga tonnellate di carbonio, l'equivalente di tre anni di emissioni globali di gas serra. Purtroppo, questo stoccaggio di carbonio, in un futuro prossimo, avrà delle potenziali minacce e purtroppo, ci sono molte lacune di conoscenza riguardo esse e al modo in cui le torbiere potrebbero rispondere. Se drenate, degradate o bruciate, le torbiere emettono gas serra, che accelera il cambiamento climatico e causa gravi problemi agli uomini. Attualmente, si stima che le emissioni legate a queste zone rappresentino circa il 5% delle emissioni globali (*Miles et al., 2017*).

Il cambiamento climatico emerge come una preoccupazione particolarmente pressante, data la sua capacità di destabilizzare lo stoccaggio di carbonio in tutta l'area. Gli sviluppi socioeconomici sono in aumento in tutta l'Africa centrale e, sebbene gran parte dell'area ricoperta da torbiere sia protetta sulla carta da piani di conservazione, esistono le minacce provenienti dall'esplorazione del petrolio, i disboscamenti, le piantagioni e altre forme di disturbo che potrebbero danneggiare in modo significativo tutto l'ecosistema. Il basso grado di intervento antropico suggerisce l'esistenza di opportunità che consentirebbero di proteggere questo luogo, attualmente in gran parte intatto, attingendo possibilmente ai finanziamenti per la mitigazione dei cambiamenti climatici, che potranno essere utilizzati non solo per proteggere il pool di carbonio della torba, ma anche per migliorare i mezzi di sussistenza delle popolazioni che vivono all'interno e intorno a queste torbiere (*Lawson et al., 2017*).

#### **9.1 Il cambiamento climatico**

Le emissioni antropiche di gas serra, in futuro, avranno un grave impatto sul clima della Cuvette Centrale, soprattutto per quanto riguarda la temperatura; la regione si riscalderà e l'entità di questo riscaldamento dipenderà dal livello di emissione di gas (*Niang et al., 2014*).

Alcune stime prevedono che la temperatura media annuale aumenterà di circa 0,5% e dall'inizio del XXI secolo questa temperatura è aumentata di circa 4.3°C.

Tuttavia, le proiezioni mostrano delle discordanze per quanto riguarda i cambiamenti delle precipitazioni regionali. Alcuni modelli prevedono una diminuzione dei livelli di precipitazioni nella zona verso la fine del XXI secolo, altri suggeriscono che ci saranno soltanto leggeri cambiamenti nelle precipitazioni complessive o addirittura un aumento e altri ancora mostrano cambiamenti nelle caratteristiche del regime di precipitazione, come un aumento dell'intensità delle piogge e la frequenza dei periodi secchi (*Haensler et al., 2013*).

La mancanza di certezza sul futuro del clima della Cuvette Centrale è il risultato di una serie di fattori:

- La mancanza di dati osservazionali provenienti dalla regione, che consentirebbero di valutare le prestazioni dei modelli in base alla loro capacità di ricreare i climi attuali;
- La risoluzione spaziale dei modelli è differente, infatti, quelli con risoluzione inferiore sono meno adatti alla rappresentazione delle complessità del sistema climatico all'interno dell'ecosistema;
- La presenza di differenze nella struttura di modelli, ad esempio, il modo in cui vengono rappresentati i diversi processi, contribuiscono alle divergenze nelle proiezioni sul clima (*Barnston et al., 2012*).

Le torbiere del bacino del Congo sembrano dipendere in gran parte dalle precipitazioni, per mantenere un bilancio idrico positivo. Il clima bimodale della Cuvette Centrale, con due stagioni umide l'anno (da marzo a maggio e da settembre a novembre), ci fa intendere che le torbiere non vadano incontro a periodi secchi prolungati (*Samba et al., 2008*). Tuttavia, il livello annuale delle precipitazioni in tutta la regione è relativamente basso per un sistema di torbiere tropicali (circa 1.700 mm annui) e, pertanto, una riduzione delle piogge, un cambiamento nella loro distribuzione temporale e una maggior evaporazione causata da temperature più elevate, potrebbero avere un impatto negativo sullo stoccaggio di carbonio. Condizioni più secche e un aumento della frequenza dei periodi di aridità intensa porterebbero ad un aumento del tasso di decomposizione e di conseguenza ad una perdita di carbonio.

La datazione al radiocarbonio ad alta risoluzione di campioni provenienti da diversi siti, accompagnata da lavori paleoecologici, contribuirebbe a creare un quadro più chiaro di come queste torbiere abbiano reagito in passato ai cambiamenti di precipitazione e quindi a fornire un'indicazione di come potrebbero reagire in futuro, ma purtroppo non sono ancora mai state effettuate analisi così specifiche (*Dargie et al., 2017*).

## 9.2 L'agricoltura

La conversione delle torbiere in terreni agricoli comporta spesso l'abbassamento della falda freatica, causato dagli scavi dei canali di drenaggio e successivamente, l'ossigenazione della torba di superficie consente una rapida decomposizione della materia organica (*Hooijer et al., 2010*). Anche in assenza di drenaggio attivo, la rimozione degli alberi dalle torbiere boschive porterebbe ad una riduzione degli apporti di sostanza organica e la perdita della copertura della chioma esporrà la torba a temperature più elevate, contribuendo all'essiccazione (*Jauhiainen et al., 2012*). Inoltre, il drenaggio aumenta il rischio di subsidenza e di incendi (*Page et al., 2002; Jauhiainen et al., 2012*).

Poiché le torbiere sono spesso ambienti acidi e poveri di nutrienti, la conversione in terreni agricoli richiede spesso l'applicazione di fertilizzanti, che possono aumentare la decomposizione. Gran parte delle popolazioni della Cuvette Centrale pratica un'agricoltura di sussistenza; le particelle coltivate tendono ad essere relativamente piccole e si trovano vicino ai villaggi e le altre attività locali sono limitate alla caccia e alla raccolta di prodotti forestali, come le fronde di palma utilizzate per la costruzione dei tetti delle capanne. Da semplici osservazioni quindi, possiamo affermare che l'impatto attuale degli abitanti locali sulla torbiera è minimo e relativamente sostenibile.

Attualmente, circa 29.000 km<sup>2</sup> di torbiere sono ufficialmente sotto una concessione di taglio, ma le operazioni di taglio commerciale sembrano non essere ancora iniziate; ciò è dovuto principalmente al fatto che dal 2002 nella Repubblica Democratica del Congo vige una moratoria sul disboscamento (*Hansen et al., 2013*). La revoca di essa, per consentire l'espansione del disboscamento selettivo su larga scala, è sotto seria considerazione, motivata dal desiderio di migliorare lo sviluppo socioeconomico della regione e di frenare la deforestazione illegale e non regolamentata. Tuttavia, qualsiasi espansione delle attività di disboscamento comporta il rischio che le torbiere siano colpite direttamente dall'estrazione di legname e indirettamente dall'espansione delle infrastrutture, in particolare della costruzione di strade, a meno che queste operazioni non siano oggetto di un attento monitoraggio e che i regolamenti non siano applicati (*Ahrends et al., 2010*).

È già stata approvata una concessione per le piantagioni di palme da olio, riguardante una zona di circa 4.700 km<sup>2</sup>. Nel sud-est asiatico, le piantagioni di palme da olio sono state uno dei principali fattori di degrado delle torbiere (*Rieley, 2001*). Attualmente, la Malesia e l'Indonesia producono l'85% dell'olio di palma del mondo, ma con la domanda globale destinata ad aumentare e la crescita della produttività del sud-est asiatico che rallenta, gli investimenti in olio di palma dovrebbero aumentare nei prossimi anni in Africa, soprattutto



perché l'arrivo di grandi compagnie di olio di palma nella Cuvette Centrale è sostenuto da fondi internazionali e incentivi governativi (*Ordway et al., 2017*).

### 9.3 Gli idrocarburi

Nella DRC l'estrazione di idrocarburi è attualmente limitata alle attività offshore (operazioni in mare o sul sottofondo marino relative a un giacimento petrolifero), con lavori esplorativi attualmente in corso nella parte orientale del paese. Il governo congolese sembra aperto a sviluppare l'esplorazione petrolifera onshore (a terra) nella Cuvette Centrale (*US Department of Commerce, 2017*). In collaborazione con le aziende internazionali, sono in corso esplorazioni nelle aree di Ngolo e Ngoki, entrambe comprendenti grandi aree di torbiere. La lontananza della regione e la presenza di zone umide costituiscono ostacoli pratici all'estrazione di petrolio, ma è la mancanza di dati di rilievo geologico ad essere stata importante per limitare l'interesse degli investitori, infatti, sono stati trivellati solo quattro pozzi nella Cuvette Centrale (*The Oil and Gas Year, 2017*).

Alcuni dei principali impatti dell'esplorazione del petrolio in altre regioni torbose (come l'Amazzonia centrale) sono stati causati dalla costruzione di strade di accesso e gasdotti (*Roucoux et al., 2017*). La costruzione di strade per la deforestazione apre quella che prima era una foresta inaccessibile al disboscamento illegale e danneggia le popolazioni faunistiche presenti. Oltre a questo, sono anche i rischi di fuoriuscite di petrolio e acque reflue a danneggiare l'ecologia delle torbiere (*Arellano et al., 2015*).

Escludendo le sue riserve di petrolio, il bacino della Cuvette Centrale è una delle regioni più ricche di minerali del pianeta. La DRC è il più grande produttore mondiale di cobalto ed è tra i primi dieci produttori di rame, diamanti, litio, tantalio e stagno. Come l'estrazione petrolifera l'attività minerarie causano deforestazione e inquinamento da prodotti di scarto (*USGS, 2016*).

### 9.4 Le infrastrutture

All'interno della Cuvette Centrale ci sono poche strade e i fiumi fungono da rete di trasporto principale; questo, insieme alla grande distanza da qualsiasi porto internazionale e alla bassa densità di popolazione, è uno dei motivi per cui le torbiere del bacino del Congo sono state finora risparmiata, al contrario di ciò che è successo nel sud-est asiatico (*The Oil and Gas Year, 2017*).

Sebbene in numero limitato, sono già state costruite strade in alcune aree torbose della zona, ma nessuno studio ha ancora preso in considerazione gli impatti specifici che queste strade avranno sulle proprietà della torba, sull'idrologia e sulla vegetazione, nonostante sia stato osservato che le foreste umide muoiono dopo la costruzione di infrastrutture (*Chimner et al., 2016; Grootjans et al., 2010*).

Le strade possono fungere da barriera per la falda freatica, deviando o ostacolando l'acqua, portando la torba all'essiccamento e causando l'aumento delle inondazioni e dell'erosione, che causano cambiamenti della comunità vegetale e del ciclo del carbonio nella torba.

## 9.5 L'idroelettricità

Dal 1950, il governo della DRC ha progettato di costruire una serie di grandi dighe idroelettriche, noto come progetto idroelettrico "*Grand Inga*". Esso avrebbe una capacità di produzione finale di 40.000 MW, il che lo renderebbe il più grande impianto idroelettrico del mondo. Nel 2014, la Banca Mondiale ha accettato di investire 73.1 milioni di dollari nelle fasi iniziali del progetto, ma nel 2016 questo finanziamento è stato bloccato in seguito alla decisione del governo congolese di prendere una direzione strategica diversa da quella concordata (*Fabricius, 2016*).

Poiché la nostra comprensione del legame tra l'idrologia delle torbiere e il sistema fluviale regionale è attualmente molto limitata, l'impatto di tale progetto sulle torbiere della Cuvette centrale non è chiaro. Anche se sembra che le inondazioni fluviali non siano la principale fonte di acqua per questi ambienti, i cambiamenti nelle pendenze idrologiche regionali dovuti alla costruzione di dighe, potrebbero avere un impatto sulla loro idrologia e se il gradiente idrologico tra le torbiere e i fiumi verrà ridotto, ci sarà una riduzione potenziale del drenaggio. La costruzione di un grande impianto idroelettrico, senza alcuna valutazione dei suoi potenziali effetti sugli ecosistemi e le loro riserve di carbonio, è fonte di preoccupazione (*Dargie et al., 2017; Fabricius, 2016*).

Un altro progetto di sviluppo, che potrebbe avere conseguenze involontarie per le torbiere, è quello per deviare l'acqua degli affluenti della riva destra del fiume Congo verso il lago Ciad.

Il progetto, noto come "*Transaqua*", mira a ricostituire il livello decrescente dell'acqua del lago Ciad, costruendo un canale che parte dalla regione del Kivu, nella DRC, attraversa la Repubblica Centrafricana e incanala l'acqua in un affluente del lago Ciad (*Bonifica S.p.A., 2017*). Si spera, inoltre, che il progetto generi energia attraverso una serie di dighe

idroelettriche lungo il percorso, oltre a fornire una fonte di irrigazione per la regione del Sahel e una nuova rete di trasporto verso il bacino del Congo.

Nonostante sia stato proposto per la prima volta negli anni '70, il progetto è ancora in fase iniziale di sviluppo, con lo studio di fattibilità concordato solo nel dicembre 2016. Se Transaqua andasse in porto, si stima che tra 50 e 100 miliardi di mc di acqua (equivalenti a 4-8% dello scarico annuale del fiume Congo alla sua foce) sarà deviato dalla Cuvette centrale.

In termini di minaccia per le torbiere c'è una differenza notevole tra Grand Inga e Transaqua: i maggiori sostenitori e beneficiari di Transaqua (gli Stati membri della Commissione del Bacino del Ciad) non hanno interesse per la conservazione delle torbiere e non devono quindi far fronte alle conseguenze della loro perturbazione. La DRC avrebbe il controllo se Transaqua si estendesse nel suo territorio, ma avrà poca voce in capitolo sulle attività del progetto nella Repubblica Centrafricana.

È quindi importante che i responsabili di questo progetto siano pienamente consapevoli del valore delle torbiere della Cuvette Centrale e che lo studio di fattibilità e la successiva pianificazione valutino gli effetti generati, allo scopo di mitigare i suoi impatti attraverso soluzioni politiche o ingegneristiche (*The Lake Chad Basin Commission, 2016*).

## CONCLUSIONI

Le torbiere sono ecosistemi ancora poco conosciuti, ma di importanza fondamentale per l'ambiente. Le ricerche e le analisi, finora, si sono concentrate prevalentemente sui meccanismi che hanno portato alla loro formazione, sul calcolo dello stoccaggio di carbonio effettuato dalla torba e sulle specie vegetali ed animali presenti (per la maggior parte esclusive di queste zone e in via di estinzione). Resta ancora molto da fare per comprendere in dettaglio la struttura di questi ambienti, i meccanismi interni che consentono il mantenimento dell'equilibrio e le loro funzioni.

Nei Paesi più sviluppati della Terra, le torbiere, se presenti, sono state introdotte all'interno di aree protette e ciò ne consente la loro salvaguardia. Purtroppo, però, questo non è ancora avvenuto negli Stati meno industrializzati, dove esse vengono continuamente minacciate dai cambiamenti climatici e dalle attività antropiche. L'esempio principale è ciò che sta succedendo nella regione congolese della Cuvette Centrale. Qui, solo nel 2017, è stato scoperto il più grande complesso di torbiere del mondo e solo piccole zone fanno parte di piani di conservazione. Dei 145.500 km<sup>2</sup> di torbiere (*Dargie et al., 2017*), circa 16.600 km<sup>2</sup>, ossia solo l'11%, si trovano ufficialmente all'interno di aree protette. Nella Repubblica Democratica del Congo (*Dargie et al., 2017*) esistono sei riserve naturali che coprono parzialmente aree torbose:

- La riserva comunitaria di Lac Télé: con un'estensione totale di 4.600 km<sup>2</sup>, di cui 3.500 km<sup>2</sup> di torbiere;
- La riserva regionale di Ntokou-Pikounda: con un'estensione totale di 4.400 km<sup>2</sup>, di cui 3.000 km<sup>2</sup> di torbiere;
- La riserva naturale di Triangle de la Ngiri: con un'estensione totale di 5.400 km<sup>2</sup>, di cui 3.900 km<sup>2</sup> di torbiere;
- La riserva Tumba-Ledima: con un'estensione totale di 7.700 km<sup>2</sup>, di cui 2.600 km<sup>2</sup> di torbiere;
- Il parco nazionale di Salonga: con un'estensione totale di 36.100 km<sup>2</sup>, di cui 790 km<sup>2</sup> di torbiere;
- La riserva Lomako Yokokala: con un'estensione totale di 3.700 km<sup>2</sup>, di cui 76 km<sup>2</sup> di torbiere.

Inoltre, vaste aree delle torbiere della DRC, fanno parte di siti designati come zone umide di importanza internazionale (siti Ramsar) ai sensi della convenzione Ramsar del 1971 (*Ramsar, 2017*), ma non è stato ancora fatto granché per tradurre questa designazione su carta in vere e proprie regole d'uso del suolo. Ci si aspetta che i piani di conservazione siano sviluppati e attuati per i siti elencati, ma, ad oggi, non ci sono fondi sufficienti da investire e quindi, la protezione non è ancora attiva (*Ramsar, 2017*). Un'altra preoccupazione riguarda il fatto che le aree protette della Cuvette Centrale sono state istituite omettendo la presenza di torbiere e dato che esse funzionano come unità paesaggistiche, il danneggiamento di una singola zona, può avere conseguenze irreversibili in tutta l'area.

Attualmente, questo ecosistema è ancora relativamente intatto e le potenziali minacce appaiono distanti; è quindi il momento giusto per agire, garantendone la protezione. Le attività di conservazione potranno essere supportate attraverso la combinazione di finanziamenti per il clima, la biodiversità e lo sviluppo, utilizzando le designazioni Ramsar esistenti, come quadro per la progettazione (*Dargie et al., 2017*).

La nostra capacità di valutazione della minaccia rappresentata dal clima è limitata a causa della scarsa conoscenza della risposta, nel passato, delle torbiere ai cambiamenti climatici e un'altra lacuna è la scarsa comprensione dell'interazione tra torba, fauna, flora e mezzi di sussistenza locali (*Dargie et al., 2017*). La ricerca futura deve, quindi, combinare le conoscenze delle popolazioni locali, con le scienze naturali e sociali, ottenendo maggiori informazioni sulle torbiere della Cuvette Centrale e suggerendo al governo congolese la strada da seguire per proteggere questa regione dal valore ambientale mondiale.

## BIBLIOGRAFIA

Ahrends A., Burgess N., Milledge S., Bulling M., Fisher B., Smart J., Clarke G., Mhoro B., Lewis S., *Predictable waves of sequential forest degradation and biodiversity loss spreading from an African city*. PNAS, 2010

Arellano P., Tansey K., Balzter H., Boyd D., *Detecting the effects of hydrocarbon pollution in the Amazon forest using hyperspectral satellite images*. Environ Pollut, 2015

Barnston A., Tippet M., L'Heureux M. et al., *Skill of real-time seasonal ENSO model predictions during 2002–11: is our capability increasing?* Bull Am Meteorol Soc, 2012

Baumgartner H., Gonet C., Kuchler M., Waldis R., Seiler M., *Torbiere e paludi e la loro protezione in Svizzera*. Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio, 2002

Betbeder J., Gond V., Frappart F. et al., *Mapping of Central Africa forested wetlands using remote sensing*. IEEE J Sel Top Appl Earth Obs Remote Sens, 2014

Bonifica S.p.A Transaqua: Africa Sahel, 2017

Boulenger G., *Matériaux pour la fauna du Congo. Poissons nouveaux du Congo. Cinquième Partie. Cyprins, Silures, Cyprinodontes, Acanthoptérygiens*. Annales du Musée du Congo (Série Zoologie) Volume 1, 1899

Centemero M., *La torba in Italia: scenari di mercato, importanza e diffusione*. Scuola Agraria del Parco di Monza

Chimner R., Cooper D., Wurster F., Rochefort L., *An overview of peatland restoration in North America: where are we after 25 years?* Restor Ecol, 2016

Community fact sheet, *Smoke from a peat fire*. Stato del Victoria, Department of Health and Human Services, 2016

Coordination Nationale REDD République du Congo, *Niveau d'émissions de référence pour les forêts (NERF) de la République du Congo*. UN-REDD Programme, Geneva, 2017

Daly M., Lawrence S., Diemu-Tshiband K., Matouana B., *Tectonic evolution of the Cuvette Centrale, Zaire*. J Geol Soc Lond, 1992

Dargie G., Lewis S., Lawson I., Mitchard E., Page S., Bocko Y., *Ifo SA Age, extent and carbon storage of the central Congo Basin peatland complex*. Nature, 2017

Dazzi C., *Fondamenti di pedologia*. Le Penseur, prima edizione, 2013

Edwards D., Sloan S., Weng L., Dirks P., Sayer J., Laurance W., *Mining and the African environment*, 2014

Fabricius P., *The World Bank has suspended funding for the DRC's Inga 3 hydropower scheme. Where does this leave the project?* ISS Today, 2016

FAO Regional Office for Asia and the Pacific, *Mangrove trees and shrubs*



Finer M., Jenkins C., Pimm S., Keane B., Ross C., *Oil and gas projects in the western Amazon: threats to wilderness, biodiversity, and indigenous peoples*. 2008

Giles J., *Solving Africa's climate-data problem*. 2005

Global Forest, *Watch Democratic Republic of the Congo mining permits*. 2017

Grootjans A., Iturraspe R., Lanting A., et al., *Ecohydrological features of some contrasting mires in Tierra del Fuego, Argentina*. *Mires Peat*, 2010

Haensler A., Saeed F., Jacob D., *Assessing the robustness of projected precipitation changes over central Africa on the basis of a multitude of global and regional climate projections*. *Clim Chang*, 2013

Hansen M., Potapov P., Moore R., et al., *High-resolution global maps of 21st-century forest cover change*. *Science*, 2013

Hooijer A., Page S., Canadell J., Silvius M., Kwadijk J., Wösten H., Jauhiainen J., *Current and future CO<sub>2</sub> emissions from drained peatlands in Southeast Asia*. *Biogeosciences*, 2010

International Rivers, *The Inga 3 hydropower project*, 2017

IUCN and UNEP-WCMC, *The World Database on Protected Areas (WDPA)*. Cambridge, UK, 2017

IUCN, *The IUCN Red List of Threatened Species*, 2017

James R., Washington R., Rowell D., *Implications of global warming for the climate of African rainforests*. Philos Trans R Soc Lond Ser B Biol Sci, 2013

Jauhiainen J., Hooijer A., Page S., *Carbon dioxide emissions from an Acacia plantation on peatland in Sumatra, Indonesia*. Biogeosciences, 2012

Le Ministère des Hydrocarbures, Société Nationales des Pétroles du Congo, *Congo License Round 2016: Cuvette Basin*, 2016

MapforEnvironment, *Oil Blocs 2013*, 2017

Melli L., *Torba bionda*. Linfa, 2007

Miettinen J., Shi C. Liew S., *Land cover distribution in the peatlands of Peninsular Malaysia, Sumatra and Borneo in 2015 with changes since 1990*. Glob. Ecol Conserv, 2016

Miles L., Ravilious C., Garcia-Rangel S., de Lamo X., Dargie G., Lewis S., *Carbone, biodiversité et utilisation des terres dans les tourbières de la Cuvette Centrale du Congo*. University of Leeds, 2017

Minelli A., *Le torbiere montane - relitti di biodiversità in acque acide*. Quaderni Habitat. Museo Friulano di Storia Naturale, Udine, 2004

Ministère de L'Environnement Conservation de la Nature et Tourisme. *Synthèse des études sur les causes de la déforestation et de la dégradation des forêts en République Démocratique du Congo, Kinshasa*. Democratic Republic of Congo, 2012

Ministère des Hydrocarbures République du Congo & SNPC Congo License Round 2016: Cuvette Basin, 2016

Natura 2000 in Liguria, *Atlante degli Habitat*

Niang I., Ruppel O., Abdrabo M., Barros V., Field C., Dokken D. et al., *Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Part B: regional aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, 2014

Oliosi M., *Le torbiere e la torba*, 2010

Ordway E., Asner G., Lambin E., *Deforestation risk due to commodity crop expansion in sub-Saharan Africa*. Environ Res Lett, 2017

Page S., Siegert F., Rieley J., Boehm H., Jaya A., Limin S., *The amount of carbon released from peat and forest fires in Indonesia during 1997*. Nature, 2002

Puglisi E., Trevisan M., Zaccone C., *Le torbiere: archivi naturali di cambiamenti ambientali*. Università Cattolica del Sacro Cuore, 2012

Ramsar COP12 Resolution XII.11, *Peatlands, climate change and wise use: implications for the Ramsar Convention*. Ramsar Convention Secretariat, Gland, 2015

Ramsar Sites and countries, 2017

République Démocratique Du Congo, *Strategie et Plan D'Action Nationaux de la Biodiversite (2016-2020)*. Ministere De L'Environnement, Conservation de la Nature et Developpement Durable. Kinshasa, 2016

Rieley J., *Kalimantan's peatland disaster Inside Indonesia* Edition 65, 2001

Roucoux K., Lawson I., Baker T., del Castillo Torres D., Draper F., Lähteenoja O., Gilmore M., Honorio Coronado E., Kelly T., Mitchard E., Vriesendorp C., *Threats to intact tropical peatlands and opportunities for their conservation*. Conserv Biol, 2017

Samba G., Nganga D., Mpounza M., *Rainfall and temperature variations over Congo-Brazzaville between 1950 and 1998*. Theor Appl Climatol, 2008

The Lake Chad Basin Commission Interbasin Water Transfer Project. IBWTP, 2016

The Oil and Gas Year Republic of Congo overview, 2017

US Department of Commerce Congo, Democratic Republic—oil and gas, 2017

USGS Mineral commodity summaries 2016. USGS, Reston, 2016

World Bank, *World Bank Group suspends financing to the Inga-3 Basse Chute technical assistance project*, 2016

## SITOGRAFIA

<http://paradisodellemappe.blogspot.com/?m=1>

[http://www.areeprotette.provincia.tn.it/riserve\\_provinciali/tipo\\_ambiente/](http://www.areeprotette.provincia.tn.it/riserve_provinciali/tipo_ambiente/)

<http://www.cclimatt.eu/>

<http://www.ittiofauna.org/>

<http://www.meteologica.com/>

<http://www.parks.it/index-mobile.php>

<https://alchetron.com/>

<https://anthropocene.mast.org/>

<https://azgardens.com/>

<https://inpn.mnhn.fr/accueil/index>

<https://it.123rf.com/>

<https://it.m.wikipedia.org/wiki/>

<https://it.wordpress.com/>

<https://iwgia.org/en/>

<https://peatlands.org/>

<https://plants.jstor.org/>

<https://www.abiby.it/>

<https://www.arboreafarm.com/>

<https://www.bandiere.it/>

<https://www.bioscientifica.it/it/>

<https://www.carnivorousplants.org/>

<https://www.casapratice.net/>

<https://www.ebay.it/>

<https://www.giardinaggio.net/>

<https://www.globalgeografia.com/>

<https://www.greenreport.it/>

<https://www.grida.no/>

<https://www.iucn.org/>

<https://www.iucnredlist.org/>

<https://www.lastampa.it/>

<https://www.lifegate.it/>

<https://www.mediacongo.net/>

<https://www.meteonetwork.it/rete/livemap/>

<https://www.nature.com/>



<https://www.ramsar.org/>

<https://www.researchgate.net/>

<https://www.rxhomeo.in/>

<https://www.sonneveld.com/en/>

<https://www.theguardian.com/international>

<https://www.treccani.it/>

<https://www.tuttogreen.it/>

<https://www.unep.org/>

<https://www.vitantica.net/>

<https://www.wikimedia.it/>

<https://www.wwf.it/>

<https://www.zanetgarden.it/>

Giunto al termine del mio percorso accademico, desidero ricordare tutti coloro che mi hanno sostenuto e che hanno sempre creduto in me durante questi anni.

In primo luogo, mi sento in dovere di ringraziare tutto il corpo docente, che mi ha consentito di crescere intellettualmente ma anche umanamente, in particolare il Prof. Cristiano Casucci che mi ha accompagnato nella stesura della tesi ed è stato sempre presente ed estremamente disponibile.

Un ringraziamento particolare va alla mia fidanzata, Jennifer, che mi è stata sempre accanto, sostenendomi e consentendomi di venire a conoscenza di determinati aspetti riguardanti la tematica oggetto del mio lavoro, che mai avrei trovato in libri o articoli.

Infine, un ringraziamento speciale va alla mia famiglia: ai miei nonni, alle mie zie, a mio fratello e soprattutto ai miei genitori, senza i quali, nulla di tutto questo sarebbe mai stato possibile, dandomi l'opportunità ed una costante motivazione nel raggiungere il mio obiettivo.