

(2115)

OSSERVAZIONI

SULLA CIRCOLAZIONE DEL SUCCHIO NELLA CHARA.

MEMORIA

DEL SIG. PROFESSORE

GIAMBATTISTA AMICI

INSERITA NEL TOMO XVIII. DEGLI ATTI

DELLA

SOCIETÀ ITALIANA

DELLE SCIENZE

RESIDENTE IN MODENA.

[Rep. from Mem. Soc. Ital. Modena 18: 183. 209]



MODENA

PRESSO LA SOCIETÀ TIPOGRAFICA

MDCCCXVIII.

TKR 367  
. Ch  
A69  
1818a

OSSERVAZIONI SULLA CIRCOLAZIONE DEL SUCCHIO  
NELLA CHARA

MEMORIA

DEL SIGNOR PROFESSORE GIO. BATTISTA AMICI

PRESENTATA

DAL SOCIO SIG. OTTAVIANO TARGIONI TOZZETTI,

ED APPROVATA

DAL SOCIO SIGNOR AB. GIUSEPPE RACAGNI.

**T**osto che fui in possesso di un Microscopio Catadiottrico di mia costruzione, m'invogliai di far raccolta di oggetti, che per la loro piccolezza lasciassero giudicar meglio della forza dell'istrumento, o che per la loro singolare struttura potessero soddisfare alla mia curiosità, ed insieme promettere nella loro organizzazione qualche utile ritrovamento.

Fra i tanti da me scelti attirò principalmente la mia attenzione la *Chara vulgaris* pianticella acquajuola nella quale fino dal 1774 il nostro Ab. Corti aveva scoperta una circolazione di Linfa.

Questo fenomeno particolare dell'ascensione e discesa visibile del fluido mi colpì talmente che risolsi d'istituire una serie di esperienze sopra quella pianta.

E poichè la qualità superiore del mio Microscopio mi ha permesso di scoprire nella *Chara* nuove leggi di movimento del succhio, e nuovi organi sfuggiti alla diligenza di quell'Osservatore ingegnoso, ho creduto non inutile di renderne con-

to al Pubblico, il che faccio seguendo nella succinta esposizione l'ordine medesimo con cui nel mio giornale sono registrate le diverse osservazioni.

La *Chara* però non forma l'unico soggetto di questo mio scritto: ma avendo presunto che il movimento del succhio negli altri vegetabili si possa eseguire nello stesso modo e per la causa medesima che ne adduco, mi sono pure occupato dell'anatomia di alcune parti di altre piante, onde appoggiare la mia congettura. Per la qual cosa mi è occorso ancora di dover far qui breve cenno delle mie osservazioni sopra i tanto disputati fori de' tubi porosi di Mirbel, e sopra le funzioni de' medesimi vasi nell'economia vegetabile.

#### 2. Ottobre 1814. OSSERVAZIONE I.<sup>a</sup>

Nelle grosse radici della *Chara* si vede la circolazione di un umore. Delle particelle bianche trasparenti di forma globulare di diverse grossezze, che sono in movimento entro il tubo della radice, altre vanno all'in su, ed altre al basso. Quelle che si dirigono al basso sono contenute in una metà del tubo cilindrico; le altre stanno nella rimanente porzione.

Nelle estremità del tubo vi è un'escrescenza o nodo; quivi le particelle in movimento passano dai canali discendenti agli ascendenti, ed il corso è continuo, cosicchè la stessa molecola si vede replicare lo stesso giro.

I nodi che terminano il tubo hanno intorno diverse radici capillari.

Il medesimo movimento si vede nei rami verdi della pianta, e sempre si effettua da un nodo all'altro.

Nel nodo vi è un diafragma che rende indipendente il corso del fluido in un tubo da quello del seguente.

Non si scopre movimento nei tubi che non sono chiusi da due diaframmi.

Alcuni tubi si presentano attortigliati, e qui la circola-

zione si fa per spirale di maniera che i canali ascendenti trovandosi da prima a destra passano a sinistra, e viceversa.

Nelle radici capillari si osservano pure delle minime molecole che girano tra nodo, e nodo di continuo.

Tagliato un tubo verde della pianta trasversalmente in un qualunque sito, si trova composto di un gran tubo centrale circondato da parecchi altri tubetti, come si vede nella (figura I.<sup>a</sup>) ingrandita 182. volte in diametro.

Se la sezione si faccia vicino al nodo, allora si scopre il diafragma del gran tubo che lo chiude perfettamente, e si vedono pure le chiusure degli altri tubetti benchè meno distintamente a cagione della moltitudine degli altri rami concorrenti in questa parte.

La Sezione trasversale de' tubi delle radici non mostra che un solo canale cilindrico circoscritto da una sottile membrana.

#### 5. Ottobre 1814. OSSERVAZIONE II.<sup>a</sup>

In alcuni tubi della nostra pianta sono visibilissimi de' grandi ammassi di piccole particelle o globetti uniti assieme in forma di sfera, il cui diametro ascende fino a tre quarti del diametro del tubo. Questi grossi corpi conservando la loro figura sferica ruotano intorno un asse perpendicolare a quello del tubo, compiendosi la rotazione nel senso medesimo delle due correnti del fluido. Oltre questo moto rotatorio alcuni ne acquistano un progressivo nella lunghezza del tubo, il quale però è di non lunga durata nella stessa direzione, poichè avviene che avanzatosi il corpo a cagione d' esempio per un certo spazio verso il diafragma superiore, retrocede per riprendere poscia il corso primiero, e va oscillando così per entro il canale che lo comprende. Le oscillazioni però non sono sempre della stessa lunghezza, ma alcune, e ciò senza legge, prevalendo alle altre portano a poco a poco il grande ammasso da un' estremità all' altra del tubo.



Le particelle trasportate dalle correnti incontrando il grosso corpo che occupa la maggior parte dell' interno del tubo si muovono con esso toccando la sua superficie, e l' abbandonano arrivate che siano al vacuo esistente tra questo, e la parete del tubo ove sgorgano e seguitano il loro cammino. Così la particella Q (figura II.<sup>a</sup>) che appartiene alla corrente AB, incontrando il grosso corpo C devia dal retto corso per giungere fino in M onde passare dall' altra parte, e seguitare la sua strada.

Il grande ammasso di cui si è qui parlato si riconosce per una sfera, imperocchè mantiene l' apparenza circolare in tutte le posizioni del tubo rispetto all' Osservatore.

Tagliando poi il tubo da una parte, il corpo ruotante sorte pel foro spargendosi nell' acqua, e qualche volta scoppiando come una bolla di sapone nell' aria.

Questi ammassi si formano all' improvviso entro il tubo però non sempre toccandolo bruscamente.

#### 10. Aprile 1815. OSSERVAZIONE III.<sup>a</sup>

Se si stringe con delicatezza e con sottilissimo filo un tubo di *Chara*, o meglio se si piega facendolo fare un angolo acuto, la circolazione che si eseguiva da nodo a nodo si divide in due, e lo strozzamento fa l' ufficio di nuovo nodo. Levandosi questo diafragma artificiale, l' umore a poco a poco riprende il corso primiero, il che però non ha luogo se lo strozzamento sia stato applicato troppo lungo tempo, ed in quel luogo si sia offesa la pianta.

Allorchè è stato fatto il diafragma artificiale, si può tagliare del tutto il tubo superiore, od inferiore, e nondimeno la circolazione continua tra il nodo reale, e l' artificiale.

Un maggior numero di strozzature accresce in corrispondenza nello stesso tubo le parziali correnti ascendenti, e discendenti.

17. Aprile 1815. OSSERVAZIONE IV.<sup>a</sup>

Presentato al porta-oggetto un grosso e vegeato tubo di *Chara*, e disposto in modo che il piano dividente le correnti passi per l'occhio dell'Osservatore si scoprono le molecole ascendenti a destra, e discendenti a sinistra moversi con velocità diverse secondo la loro posizione rispettiva.

Il massimo grado di velocità si rinviene alle pareti laterali del tubo e decresce continuamente all'allontanarsi da queste, finchè il minimo si scorge esistere nel piano che separa le correnti.

In questo piano le particelle si trovano in perfetta quiete per qualche tempo; finchè oscillando adagio adagio lungo il tubo si determinano poscia a percorrere il canale ascendente o il discendente.

Così ancora de' piccoli e de' grossi globetti via facendo si vedono incontrar degli ostacoli o ricevere degli urti da altri corpicciuoli in movimento, per cui scostandosi dalla direzione primiera si avvicinano in tal modo al piano del fluido immobile, che dopo qualche riposo in quel sito passano a camminare nella corrente contraria, o tornano a riprendere il loro corso.

Se poi il tubo è disposto in modo che il piano di separazione dei due canali sia perpendicolare all'occhio dell'Osservatore, nel qual caso le correnti sembrano sovrapposte, in allora le molecole che si vedono correre nelle parti più elevate della grossezza del tubo si muovono con maggior velocità delle sottoposte, che sono più distanti dalla parete superiore del tubo medesimo.

Questa distanza dalla parete si giudica facilmente dal movimento che si deve dare al porta-oggetto per portare alla visione distinta le diverse parti dell'oggetto stesso che si contempla.

Così si conosce con egual facilità in qual luogo del tu-

ho succeda il cambiamento di direzione delle correnti, imperocchè coll' alzare il porta-oggetto per la metà circa della grossezza del tubo della pianta, il fluido che per esempio superiormente ascendeva, ora si scorge nelle parti sottoposte retrocedere, quantunque però non si abbia del medesimo una visione nitidissima, stante l' oscurità che il canale superiore produce.

Queste osservazioni più volte ripetute, e verificate anche nei due decorsi anni 1816. 1817. mi convinsero che il movimento del succhio in questa pianta si compie in un tubo solo cilindrico terminato nelle estremità da diafragmi, e che una metà del cilindro fluido ascende nel mentre che l'altra metà discende, restando le contrarie correnti in contatto assoluto senza che alcuna cartilagine separi il tubo in due.

Il taglio trasversale del tubo delle radici che mostra un sol condotto ( osservazione I.<sup>a</sup> ): Il diafragma artificiale il quale fa piegare ove si vuole il succhio ( osservaz.<sup>e</sup> II.<sup>a</sup> ): Il grosso corpo che ruotando nel senso delle correnti percorre liberamente la lunghezza del canale ( osservaz.<sup>e</sup> III.<sup>a</sup> ): I diversi gradi di velocità de' corpi trasportati dal fluido, ed il passaggio di questi da una corrente all'altra senza l'obbligo di percorrere l'intera rivoluzione ( osservaz.<sup>e</sup> IV.<sup>a</sup> ): tutti uniti sembrano fatti non equivoci per giudicare, come ho detto, della natura del movimento.

Il nostro Ab. Corti, che fu il primo ad osservare questa circolazione non arrivò col suo Microscopio costruito da Dollond a scoprire ch'essa si effettuava in un solo tubo, e non lo sospettò nemmeno, poichè la singolarità del fenomeno avrebbe per avventura potuto mostrarglisi inesplicabile o irragionevole. Egli solo credette *che i canali fossero due a foggia di tubo ricurvo ritornante in se stesso o aventi un lato comune. La sostanza dei due gran vasi gli parve un delicatissimo tessuto di fibrette longitudinali, e di cellulare finissima, ma restò dubbioso se questi canali fossero due solamente oppure molti uniti sotto l'apparenza di due, od anche sparsi*

*al di dentro di una sostanza spugnosa come quella del giuncoco fralle fibre del quale girasse il fluido.*

Se al dire di Bonnet era molto interessante il conoscere la forza che anima al corso i corpicciuoli osservati dal Corti, non meno importante certamente sarebbe lo scoprire d'onde deriva un movimento tanto ammirabile di un fluido che circola, come ora troviamo, entro un semplice tubo cilindrico in un modo incompatibile colle leggi d'idraulica che conosciamo (a).

Dalla maggior parte de' Dotti ai quali ho avuto il piacere di mostrare le mie osservazioni sono stato incoraggiato ad occuparmi di questa ricerca, e quantunque io ne abbia sentite tutte le difficoltà, pur nondimeno nel principio del presente anno ho tentato l'impresa cominciando da un nuovo esame e più attento della membrana che forma l'involucro del maggior tubo della pianta. (b)

Questa membrana sottilissima, come ho già notato nelle prime osservazioni, mi comparì strisciata con tante linee parallele ed egualmente distanti, le quali in alcuni tubi si estendevano longitudinalmente, ed in altri a modo di spire li fasciavano.

(a) L' Abbate Corti sperava che la Chara translucens major di Vaillant potesse somministrare grandi lumi per ottenere, come egli dice la soluzione del gran problema, cioè trovar la cagione onde compiasi il circolo del fluido nelle parti della Chara. *Problema*, soggiunge, *che io non ho saputo sciogliere dalle cognizioni fin' ora ricavate da quelle specie di Chara, che ho esaminate.*

(b) Fra le molte ragguardevoli persone alle quali mostrai prima del 1818. i miei esperimenti sulla Chara, o ne ho loro parlato avanti la detta epoca,

mi pregio di ricordare le seguenti. *In Modena* S. A. R. l'Arciduca Massimiliano d'Austria d'Este, e S. A. S. il Sig. Principe di Metternich, i quali in epoche diverse onorarono di Loro presenza il mio Studio Ottico; Prof. Barani, Prof. Giovanni Fabbriani. Prof. Paolo Ruffini. *In Firenze* S. A. R. l' Arciduca Leopoldo, Conte Gir.Bardi, Prof. Paoli, Prof. Targioni Tozzetti. *In Roma* Prof. Mauri, Prof. Morichini, Prof. Sebastiani. *In Napoli* Prof. Cav. Monticelli, Prof. Cav. Tenore, Colonnello Visconti.

La ( figura III.<sup>a</sup> ) marca l' apparenza di queste striscie longitudinali, e la ( figura IV.<sup>a</sup> ) indica quella delle medesime striscie a spirale.

Or il succhio della pianta si trova sempre ascendere o discendere secondo la direzione delle striscie, cosicchè se il fluido ascende direttamente per AB ( figura III.<sup>a</sup> ), si vede discendere pure per diritto secondo CD : che se poi monta obliquamente per MN ( figura IV.<sup>a</sup> ), retrocede allora per PQ, e sale per l' altra fascia RS contigua seguitando alternativamente a vedersi le correnti dirette ora per un verso , ora per l' altro.

È cosa degna di particolar osservazione che tra le strie per la direzione delle quali il fluido va all' in sù e le altre che segnano il cammino in basso , vi è costantemente uno spazio vuoto di strie nel quale se ne potrebbero comprendere cinque, o sei, ed anche d' avvantaggio.

Questo spazio privo di righe è marcato tanto nella ( figura III.<sup>a</sup> ) come nella ( figura IV.<sup>a</sup> ). Ed è ben da notarsi che in ogni tubo ne esistono due di eguale ampiezza diametralmente opposti al di quà, e al di là de' quali le striscie sono similmente ed egualmente disposte.

Egli è nel piano il quale possiamo immaginare che scorra longitudinalmente per mezzo di queste porzioni della membrana opposte, e prive di righe, che si trova sempre il confine delle correnti, ossia il fluido quasi stagnante.

La membrana del tubo è liscia, trasparente, e bianca, mentre le righe della medesima sono di un color verde. L' osservazione attenta fa vedere che le righe sono aderenti alla superficie interna della membrana : e mi è accaduto costantemente di trovare la velocità del fluido sempre maggiore in quei tubi ove le striscie sono più decise, e più spesse.

Un men celere movimento ha luogo allorquando queste striscie sono in minor numero od interrotte, e cessa affatto il corso ove queste siano del tutto disorganizzate: Che se poi queste righe restano bene organizzate nel tubo, ma tutte, o molte di esse siano scomposte in una qualche parte del tu-

bo stesso, in questa parte medesima si fa un ristagno di succhio, e ne nascono due correnti ascendenti, e due discendenti come nel caso dell' osservazione III.<sup>a</sup>

Ciò mi fece subito sospettare che la presenza di queste righe avesse la principale influenza nel determinare il fluido al movimento.

Egli è quindi che con maggior accuratezza mi sono fatto ad esaminare la natura di questi organi, ed il fenomeno della loro parziale disorganizzazione, ed anche totale sparizione.

Però ho trovato con le maggiori forze amplificanti dell' istrumento che le striscie non sono formate di un pezzo solo quali a prima vista si presentano, ma sono in realtà costituite dall' unione di tanti corpicciuoli verdi addossati a modo di rosario l' uno all' altro come si vede nella ( figura V.<sup>a</sup> ) ingrandita in superficie 207025. volte.

Questi corpicciuoli aderiscono alla parete interna della membrana, e per una scossa o maltrattamento qualunque della pianta si staccano dalla parete spargendosi isolati, o confusi in ammassi entro il tubo, ove bene distinguonsi per il loro color verde dagli altri globetti in movimento.

Tagliando trasversalmente il tubo della pianta, i corpicciuoli delle striscie che sono vicini al taglio escono col succhio non unendosi ad esso; ma piuttosto coagulandosi fra loro si spargono quà, e là per l' acqua

Non tutti però i corpicciuoli verdi sortono dall' apertura, ma ne restano anche alcuni attaccati alla membrana; ed ho veduto che i più lontani dal taglio rimangono infilzati sotto l' aspetto medesimo di coroncine, le quali per altro non conservando più la primiera tensione, si curvano irregolarmente, alcune avvicinandosi fra loro di più, ed altre maggiormente allontanandosi come lo accenna la ( figura VI.<sup>a</sup> ).

Egli è però in arbitrio dell' Osservatore di fare sparire tutte le righe, obbligando i corpicciuoli che le compongono ad uscire per l' apertura eseguendo una pressione sopra la membrana.

In allora la membrana stessa componente il tubo resta limpida, e trasparente quasi come un vetro.

Per farsi un' idea più esatta della maniera con cui sono disposti i corpicciuoli che formano le striscie, si ricorra alla ( figura VII.<sup>a</sup> ) la quale rappresenta la sezione trasversale del tubo della Chara . ANBM è la membrana del grosso tubo privato della corteccia, e de' tubetti esteriori che la circondano . I punti neri interni marcano i piccoli corpi nominati, de' quali in un tubo se ne contano più di cento file . A, B indicano gli spazj privi di coroncine, i quali sono larghi circa un venticinquesimo della circonferenza del tubo per ciascuno; si noti ancora què che le ultime coroncine le quali stanno al di quà, e al di là della membrana che ne è priva, non le ho mai trovate complete. Egli è poi nella direzione AB che si trova il confine delle due correnti in moto per contrario senso. Il maggior grado di velocità del fluido ascendente si scopre in M, e la maggior celerità del discendente si vede nell' opposta parte N.

Io non saprei dire se le contrapposte serie di striscie che accompagnano internamente la lunghezza del tubo vadano ad unirsi o no nelle estremità del medesimo . Ho isolato più volte un tubo tagliando il suo antecedente, ed il suo posteriore fino a lasciare scoperti i diaframmi, ma quantunque attraverso questi diaframmi siasi manifestamente palesato il corso, ed il piegare del succhio, pure non ho saputo decidere dell' esistenza, o non esistenza delle righe aderenti al diafragma stesso .

L' uscita del succhio pel taglio trasversale del tubo non mi resta punto equivoca . Ho osservato che il fluido vien fuori non per tutta la sezione circolare, ma soltanto per circa la metà, e precisamente per quella parte che corrisponde alla corrente la quale era già diretta verso il taglio medesimo .

Il fluido appartenente alla corrente contraria non esce finchè non abbia fatto per lo meno una volta il giro del no-



do. Dico per lo meno una volta, poichè una molecola, la quale si trovava vicino alla sezione, ma nella corrente incamminata verso il nodo, l'ho veduta replicare più fiate il suo corso ascendente e discendente prima di uscire dal taglio.

Ho già avvertito che se si taglia un tubo trasversalmente, le striscie che prima erano tese e parallele in alcuni luoghi si piegano, altre accostandosi, altre allontanandosi fra loro. Or quì se si comprime un poco l'imboccatura della sezione perchè tutto il succhio non esca, la circolazione seguita ancora. Ed ho osservato che le particelle in moto seguitano costantemente l'andamento delle righe quantunque smosse dalla posizione primiera, e si addattano alle loro sinuosità: anzi queste particelle medesime, ed è ciò ben degno di particolare rimarco, non solo seguono le vie tortuose segnate dalla disposizione delle righe, ma acquistano di più maggior velocità quando arrivano ai luoghi ove le righe si sono approssimate, e per conseguenza se ne trova un maggior numero in un eguale spazio.

Dopo tutto ciò restava di esporre a qualche cimento chimico la nostra Chara. L'aceto solo è stato da me impiegato. Dai che non solo ho verificato la cessazione del movimento del succhio come osservò il Corti; ma ho rilevato ancora che, tagliato il tubo trasversalmente dopo d'averlo immerso per un istante in questo agente, il succhio non esce più da se, ed è duopo di comprimere il tubo stesso per vuotarlo.

Quì ne nasce il particolare fenomeno che i corpicciuoli verdi non si vanno più a spargere nell'acqua in ammassi informi e mal distinti, ma escono separati, ed anche infilzati in fragmenti di righe le quali sembrano legate da una esilissima membrana molto più sottile di quella del tubo a cui stavano aderenti.

La ( figura VIII.<sup>a</sup> ) mostra gli ammassi de' corpicciuoli usciti senza l'azione dell'aceto, e la ( figura IX.<sup>a</sup> ) indica la disposizione de' medesimi dopo aver subito l'azione del detto acido.

Tutte queste ultime osservazioni del 1818. le ho fatte nei gran tubi della Chara ricavati dai rami verdi col raschiare gentilmente i tubetti esteriori che li circondano.

Quando cominciai ad esaminare il corso del succhio in questa pianta, mi serviva, come dissi, delle radici, le quali sono per se trasparenti, e non mostrano vestigia di altri tubi che le fascino.

Di queste radici se ne trovano delle grosse, le quali mostrano bensì le righe de' corpicciuoli, ma esse non si scorgono così bene come nei tubi de' rami, e ciò perchè i corpicciuoli sono di un diametro minore, ed alcuni di un colore meno verde, e quasi del tutto trasparente, per lo che le righe medesime sembrano a primo aspetto interrotte.

Nelle radici capillari, ossia nelle ultime barboline si vedono manifestamente de' corpicciuoli girare come ne' grossi tubi tra nodo e nodo, ma la maggior forza del Microscopio non è capace di fare discernere nel tubetto trasparentissimo alcun segno di rigatura.

Da ciò non ne inferisco che le barboline medesime non contengono i nominati corpicciuoli così simmetricamente disposti intorno la parete interna della membrana, ma trovo più ragionevole il conchiudere che la loro piccolezza, e perfetta trasparenza li fa sfuggire a' nostri sguardi. Infatti il diametro del tubo di alcune piccole radici capillari, nelle quali si scorgevano chiaramente de' piccoli corpi in movimento confrontato con quello di un tubo de' rami, l'ho trovato quindici volte minore. D'altronde il diametro de' più grossi corpicciuoli verdi delle coroncine de' grandi tubi non supera  $\frac{1}{5460} = 0,000183$ . di pollice. Volendosi adunque conservata la proporzione nelle radici capillari, la larghezza delle righe dovrebbe essere  $\frac{1}{5460 \times 15}$  di pollice, quantità assolutamente invisibile anche colle più forti amplificazioni del mio strumento.

I tubetti che circondano il gran tubo de' rami della Cha-

ra non dovevano lasciarsi inconsiderati. Le osservazioni su questi particolari oggetti mi hanno dato a conoscere che sono costituiti di una membrana simile a quella del maggiore, ma molto più sottile, e meno consistente; che entro contengono le medesime striscie composte di corpicciuoli ancor più verdi; e che in fine in essi si eseguisce una circolazione come nel grande: la qual' ultima cosa, sebben veduta più d'una volta, l'ho però osservata con molta pena per la difficoltà grande che s'incontra di rendere i tubetti trasparenti senza lacerarli.

Alcuni di questi tubetti poi non percorrono tutta la lunghezza del grande, ma mentre uno si chiude e termina, ne escono altri che si succedono fino al nodo. Si trova ancora che l'andamento dei tubetti esteriori è uguale all'andamento delle striscie interne del gran tubo; cioè se i tubetti sono dritti, anche le striscie del tubo centrale sono diritte; che se i tubetti fasciano a spirale il maggior tubo, anche le striscie di questo sono spirali; dal che esternamente senza levar la corteccia si può giudicare dell'andamento del fluido nel gran tubo.

Dalla ( figura I.<sup>a</sup> ), la quale rappresenta la sezione trasversale di un ramo verde della Chara, sembra che i tubetti esteriori abbiano le pareti comuni tra loro, e col centrale.

Tale è infatti l'apparenza che se ne ha sotto il Microscopio a riflessione, la cui maggior forza amplificante non vale a distinguere separazione di membrane. Per altro si può con l'arte riconoscere che ogni tubo ha la propria membrana che lo circonda, giacchè non riesce difficile il levare interamente il grande centrale, e distaccare ad uno ad uno gli esteriori.

Dopo di aver indicato semplicemente tutto ciò che ho osservato sulla organizzazione della nostra Chara e sulle leggi del movimento del succhio, siami ora permesso il riflettere che nessuna delle cagioni, le quali si sono ingegnosamente immaginate onde spiegare l'ascesa del fluido negli altri vegetabili, può avere una plausibile applicazione al caso nostro.

Nel movimento entro le membrane della Chara resta evidentemente esclusa l'azione della capillarità de'tubi, ed il vuoto cagionato dalla traspirazione.

Nè anche la contrazione e la dilatazione alternativa del fìglio argenteo di Knight può aver quì luogo. Primieramente perchè questo fìglio argenteo manca alla Chara, e perchè in secondo luogo non potrebbe produrre il doppio movimento osservato.

Se si prende un budello pieno di fluido e chiuso alle estremità come sono i tubi della Chara, premendolo or più, or meno con un peso, il che equivalerebbe all'azione del fìglio argenteo, il fluido non riceverà certamente alcun moto regolare, e tutt'al più si farà strada per uscire dal budello.

Lo stesso dicasi dell'irritabilità con cui Thomson dà ragione dell'uscita del fluido lattiginoso da ambe le opposte sezioni di un ramo, o di una foglia d'Euforbia.

Se la membrana del tubo della Chara irritata desse un urto al fluido per fargli concepire un movimento; questo medesimo fluido uscirebbe per tutto il taglio trasversale del medesimo tubo, e non per la sola metà come ho riferito accadere. D'altronde si dovrebbe pur vedere lo stringimento del tubo o la diminuzione del diametro di lui, il che non succede.

Non mi sembra egualmente ammissibile che il moto rotatorio derivi, come ci riferisce Targioni, in proposito delle osservazioni del Corti, dall'urto che il fluido soffre lungo le cavità delle cellette, mentre passa da uno stretto ad un più largo canale per la rarefazione prodotta dal calore.

Nella nostra Chara si tratta di un' unica cella isolata e chiusa da una sola membrana, per cui non si può far passaggio di fluido che attraverso i pori invisibili della medesima. Inoltre il rigurgito come potrebbe estendersi ad una distanza 69 volte circa maggiore della larghezza del canale con tanta regolarità? (c).

---

(c) Un tubo di Chara di mezzana grandezza l'ho ritrovato in diametro = 0,0145 di pollice e lungo un pollice.

Se bene si fa attenzione alla natura del movimento del succhio nella Chara, se si considera ch' esso succhio è stazionario ove mancano le coroncine de' corpicciuoli, che corre più velocemente quanto è più vicino alle medesime, che acquista una celerità maggiore là ove le coroncine stesse siano in maggior numero, e che si move sempre nella direzione di quelle, sembrami non si possa disconvenire che la causa motrice risieda nei corpicciuoli verdi che le compongono.

Ma come questi corpicciuoli possono dunque imprimere nel fluido un tal movimento? Io ne abbandono la decisione ai Dotti avvezzi colle loro profonde ricerche a penetrare gli arcani della natura, e mi permetto soltanto di esternare una mia congettura, che le coroncine cioè della Chara formino tante pile voltaiche.

Tale opinione riceve appoggio dalla facoltà che ha la corrente Galvanica di trasportare l'acqua dal polo positivo al negativo, facendola passare attraverso i pori da prima impermeabili di una vescica, ed alzando il fluido oltre il livello, come ce ne assicura l'esperienza di Porret.

L'anatomia del Lupolo e del Tropeolo sembrano aggiungere qualche peso alla ipotesi delle pile.

È noto che queste due piante danno in alcune circostanze manifesti indizi d' elettricità. (d) Ma queste piante medesime si mostrano ricchissime di corpicciuoli simili a quelli delle coroncine della Chara. Egli è vero però che non si rinviene in essi una disposizione così simmetrica, ma ciò può ben derivare dallo sconcerto che la pianta soffre nel tagliarla, come accade alla Chara stessa quando venga maneggiata senza grande delicatezza.

Vi è tutta l'apparenza che i corpicciuoli della Chara sia-

(d) *Tropeolum Majus*.

Flores ante crepusculum fulmiant

= Observante E. C. Linaea

*Humulus Lupulus*.

Murmur electricum, quasi remotissimum tonitru; vento exagitante Humuli palos, quid? Wild. Sp. pl. pag. 769.

no della stessa specie de' piccoli grani di Sprengel, che si trovano entro le celle delle altre piante, ed assumono qualche volta una disposizione regolare.

Questi grani al dire di Mirbel e di Link sono di natura amilacea, salina, o resinosa.

Sarebbe dunque possibile che la circolazione del succhio negli altri vegetabili si eseguisse in un modo analogo a quello che si vede nella Chara? La causa motrice sarebbe ella mai quella che io ho sospettata? Ecco una ricerca che ha richiamata la mia attenzione, e che se non m'inganno, merita quella dei Naturalisti, e de' Fisici. Quanti altri fenomeni nel mondo vegetabile, addottando l'ipotesi mia, riceverebbero più facile spiegazione! Ma quì si ricercan de' fatti, ed io esporrò nudamente quanto ho potuto raccogliere dalla anatomia di alcune piante.

È celebre la quistione se i tubi porosi descritti da Mirbel siano veramente forati, oppure sparsi di globetti o protuberanze simmetricamente ordinate, che per un'illusione ottica mostrino nel centro un pertugio.

Or quì bisogna che io confessi che avrei desiderato di verificare l'esistenza de' globetti, giacchè dalla teoria Mirbeliana volendosi che il succhio ascenda per questi grandi vasi, il fenomeno si sarebbe in qualche modo accordato colla mia ipotesi. Ma per quanto io fossi preoccupato sulla natura degli oggetti in quistione, pure l'osservazione reiterata mi ha finalmente convinto che in mezzo alle escrescenze (Bourelet) della membrana del tubo evvi una fessura. E poichè questa è una delle quistioni capitali dell'anatomia delle piante, credo che non sarà inopportuno che io esponga gli esami ai quali ho assoggettato questi oggetti per escludere le illusioni.

I tubi porosi da prima considerati furono quelli delle seguenti piante, *Simphytum officinale*, *Cucurbita pepo*, *Anethum Foeniculum*, *Humulus lupulus*, *Sassafras*, *Schinus molle*, *Asclepias syriaca* ec.

Niente fu più facile di riconoscerli dagli altri organi del-

le piante tagliandone delle sottilissime fettoline, ed immergendole in una goccia d'acqua posta sopra un limpidissimo vetro del porta-oggetto Microscopico. Ma per quanta attenzione io mettessi per iscorgere se le escrescenze della membrana del tubo fossero, o no forate, mai di questo potei giudicar francamente. In alcune posizioni i fori mi sembravano manifesti, in altre tutto all'opposto mi comparivano chiusi. Tentai di modificare l'intensità della luce, di mutarne la direzione, di variare gl'ingrandimenti, ma sempre con esito dubbio.

In questo stato d'incertezza cambiai modo di osservare, illuminando l'oggetto non più per trasparenza, ma per riflessione come si fa per i corpi opachi. Questa qualità di potere illuminare i corpi opachi e di vederli con le maggiori forze amplificanti è un importante vantaggio del mio Microscopio.

Scelsi dunque pel nuovo scrutinio varie tenuissime porzioncelle di legno di canepa, le quali per essere di color bianco comportano un grado più forte d'ingrandimento. Collocata una di queste piccole porzioni di legno sopra un piano liscio di nero ebano senza bagnarla nell'acqua, la presentai al Microscopio: ed eccoti apparire la membrana di un tubo di colore cenerognolo con le sue escrescenze di un bianco vivo, aventi nel mezzo un foro ovale perfettamente nero.

La (figura X.<sup>a</sup>) rappresenta un pezzo di questa membrana di tubo poroso del legno di canepa ingrandito 1060900 volte in superficie.

Non mi contentai però di tale semplice vista. Mi entrò il sospetto che le protuberanze della membrana fossero lisce al segno da riflettere le immagini degli oggetti, e che il foro ovale nel centro non fosse che l'immagine di una porzione corrispondente dello specchietto illuminatorio priva di luce.

Negli occhi delle mosche sopra una base esagona si vede eretta una semisfera, nel mezzo della quale con un certo modo d'illuminazione si riscontra un cerchietto nero. Quante persone alle quali ho mostrato quest'oggetto, hanno creduto dapprima di vedere la pupilla degli occhi! Eppure ciò non è



che la privazione di luce prodotta dal foro centrale dello specchio illuminatorio superiore.

Per riconoscere quindi nei miei tubi il reale dall' illusorio, non cambiando l' illuminazione feci ruotare per un intero giro il porta-oggetto, e vidi insieme ruotare i fori ovali del tubo, conservandosi sempre col loro asse maggiore nella direzione trasversale del tubo medesimo; la qual cosa non sarebbe verificata nella supposizione di un'ombra in vece di un foro.

Per altro riflettei ancora che se la forma delle escrescenze fosse stata allungata come un' uliva, l'ombra centrale avrebbe girato egualmente intorno al muoversi del porta-oggetto, ma esclusi questi sospetti coll' assicurarmi che le escrescenze della membrana non riflettevano le immagini, il che lo feci coll' intercettare or questa, or quella parte di luce dello specchio illuminatorio, dalla qual cosa niun cambiamento di forma scorsì negli oggetti che contemplava.

Con lo stesso costante aspetto mi si presentarono altri tubi porosi della canepa messi al medesimo cimento, e non tardai a scoprire gli stessi fori nei tubi di quelle piante che esaminate per trasparenza mi avevano lasciato nell' incertezza.

Io ho però osservato delle escrescenze o cercini così serrati in alcuni tubi, che i fori da' medesimi compresi si presentano come una semplice linea oscura.

Questa medesima linea oscura si riscontra nell' unione de' bordi gonfiati delle trachee, e dà a divedere che anche le false trachee hanno delle lunghe fessure in mezzo alle loro protuberanze trasversali.

Dall' esame quindi ripetuto de' grandi tubi delle piante, risulta ch' essi non contengono granellini simili a quei della Chara, e che là, ove la membrana si gonfia, esiste in mezzo un foro, o fessura più, o meno allargata.

Ma il succhio ascende egli poi realmente per questi gran vasi, o sono dessi destinati piuttosto ad altre funzioni?

Qui le opinioni sono diverse, e le autorità si bilanciano. Link ci assicura che i liquori colorati non entrano in questi

canali quando le radici delle piante, e le piante stesse siano illese; e che le trachee, le false trachee, e i tubi porosi si vedono sempre vuoti. Secondo quest' Osservatore i nominati vasi sono destinati a contenere l' aria necessaria alla preparazione del succhio, il quale ascende nel vegetabile per i vasi fibrosi. Per chi dunque decidersi?

Un esperimento semplicissimo da me fatto, e facile da ripetere, mi sembra convincente in favore di Link, almeno nelle piante che ho esaminate.

Osservando la tessitura dell' *Heracleum Sphondilium* trovai che accanto a de' grossi fascetti di trachee e tubi porosi, scorrono per tutta la loro lunghezza altri fascetti di tubi fibrosi. Tagliai trasversalmente questi fascetti che si separano dal resto della pianta, e con una lente acromatica di cinque linee di fuoco mi feci a contemplare la sezione.

Or quì premendo i fascetti fra le dita, senza equivoco vidi spicciar fuori il succhio dai vasi fibrosi, il quale venendo poscia a coprire i fori prima aperti delle trachee e dei tubi porosi, diede principio ad un forte gorgoglio cagionato dall' uscita dell' aria per questi ultimi vasi in forma di bollicine.

Questa esperienza anche variata dà il medesimo risultato. Si prendano dei fascetti di trachee, di false trachee e tubi porosi, con accanto altri fascetti di tubi fibrosi, e si racchiudano fra due vetri trasparenti. Guardando col Microscopio contro la luce la lunghezza de' canali di questi oggetti, si scoprirà nello stringere i vetri, che il succhio fluisce dai tubi fibrosi, e l'aria esce dagli altri gran vasi come nell' esperimento precedente: ma quì singolarmente si osserva che i tubi dell' aria sono in forte grado elastici, cosicchè al cedere la pressione de' vetri, l'aria in parte ritorna nei propri ricettacoli mista all'acqua, la quale s'introduce per l'imboccatura de' tubi, od entra anche per le lacerazioni de' medesimi prodotte dallo sforzo della pressione. È curioso il vedere quest'aria insieme coll'acqua percorrere avanti indietro con molta velocità l'interno de' tubi, al chiudersi ed aprirsi i vetri alternativamente.

Tali fenomeni non si scorgono soltanto nell' *Heracleum Sphondiliun*, ma sono visibili più o meno nei filetti legnosi di *Cucurbita pepo*, nelle nervature della *Plantago major*, e *Plantago lanceolata* ec.

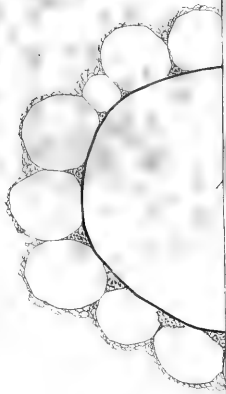
Se adesso mi si domanda se i tubi fibrosi pei quali si è veduto scorrere il succchio contengano corpicciuoli simili a quei della *Chiara*, rispondo affermativamente.

Tutti però non sono egualmente grossi, ed alcuni appena si scoprono coi maggiori ingrandimenti; forse in altre piante ve ne saranno ancora per la loro piccolezza degl' invisibili; ma le mie osservazioni non si estendono d' avvantaggio, e chi sa se le diverse mie occupazioni mi permetteranno di ritornar più sopra questo soggetto estraneo ai miei studj principali. Io sarei ben contento che questo mio abbozzato lavoro potesse richiamare l' attenzione de' Fisici, e de' Botanici-Anatomici, affinchè per opera loro fosse dimostrato ciò che ora non oso chiamare che semplice congettura.

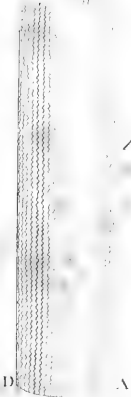








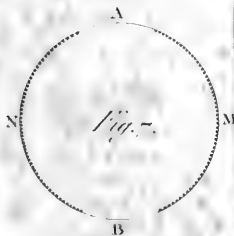
C. B



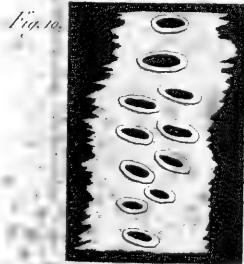
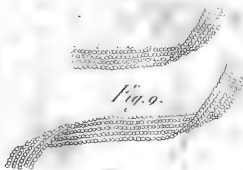
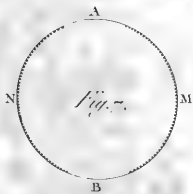
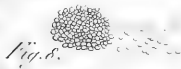
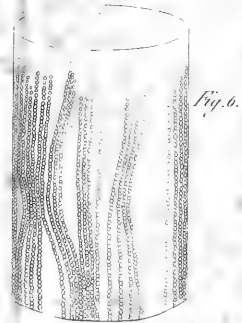
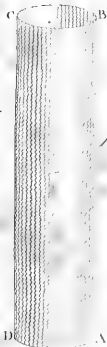
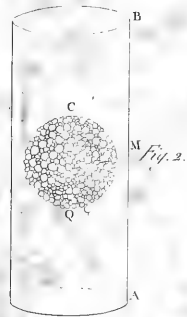
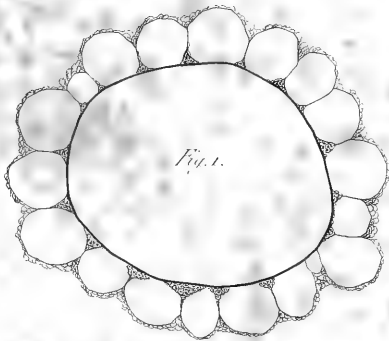
*Fig. 3.*



*Fig. 6.*



*Fig. 7.*





ÜBER DIE  
ANATOMIE UND DEN KREISLAUF DER  
CHAREN,

VON

DR. C. A. AGARDH,  
PROFESSOR ZU LUND, M. D. A. D. N.

---

Mit einer Kupfertafel.





Der Kreislauf des Safts in den Gliedern der Charen ist ein Phänomen, das für die Physiologie der Gewächse die fruchtbarsten Resultate verspricht; doch ist diese wichtige Entdeckung *Corti's* erst in den letzteren Jahren von mehreren Naturforschern näher untersucht und mit den übrigen Erscheinungen des Pflanzenlebens in Verbindung gesetzt worden. Indem ich meiner Seits mich mit diesem Gegenstand beschäftige, will ich zuvörderst die an einem andern Ort \*) von mir entwickelte Ansicht berühren, „dass man unter den *Algen* die anatomischen Elemente der übrigen Pflanzen als selbstständige Wesen finde.“ Denn wenn es sich bewähren sollte, dass ein solcher Kreislauf in den Zellen, oder wie man sie gewöhnlich nennt, in den *Gliedern* (*articuli*) der *Algen*, (zu deren Familie die Charen denn doch wohl gerechnet werden müssen), wirklich statt finde, so würde nach jener Ansicht der Fortschritt zur Entdeckung eines ähnlichen Kreislaufs bei den vollkommneren Pflanzen uns nicht mehr überraschen können, und wirklich scheinen die neueren Beobachter, *Amici* in Italien und *Schultz* in Berlin, nur jene Allgemeinheit des Phänomens gesucht zu haben.

Wenn man aber auf der einen Seite die Wichtigkeit dieses Phänomens nicht läugnen kann, so darf man doch auf der anderen Seite nie aus den Augen verlieren, dass man mit der grössten Umsicht und Behutsamkeit verfahren müsse bei Beobachtung einer Erscheinung, deren leichtsinnige Be-

\*) *De Metanorphosi Algarum* p. 18.

trachtung, ohne eine treue Untersuchung ihrer wahren Natur und ihrer Gesetze, nur Verwirrung, statt der Klarheit, in die Wissenschaft bringen und die Fortschritte rückwärts leiten würde.

Die grossen Schwierigkeiten einer solchen Untersuchung sind so bekannt, dass ich sie hier nicht zu wiederholen brauche, und bedürfte es dafür eines Zeugnisses, so würde gewiss der Umstand hinreichen, dass ausgezeichnete, in den feinsten mikroskopischen Untersuchungen geübte Forscher diesen Kreislauf gesucht und nicht gefunden haben.

Dazu kommt noch, dass die Beobachter, welche einen solchen Kreislauf des Safts wirklich gesehen haben, die Pflanzen, in welchen er statt finden soll, auf eine sehr ungenügende Weise beschreiben, nach welcher man sie schwerlich wieder bestimmen kann. Dieses gilt nicht nur von der *Corti'schen* Pflanze, sondern auch von der, an welcher Hr. Dr. *Schultz* seine Erfahrungen gemacht hat, und die er zwar *Chara flexilis* nennt, die aber gar sehr von derselben verschieden, doch nach seinen Angaben nicht zu erkennen ist \*). Die Pflanze endlich, welche *Amici* in den *Annales des sciences naturelles* unter dem Namen der *Chara flexilis* beschrieben und abgebildet hat \*\*), scheint vollends, wie wir bald finden werden, von der Art zu seyn, dass wir sie nach dem jetzigen Stand unserer Kenntniss der Charen für ein sehr zweideutiges Wesen erklären müssen.

Wie nun die hierher gehörigen Beobachtungen durch diesen Umstand schwankend werden, so möchten sie auch

\*) Die Natur der lebendigen Pflanze, von *C. H. Schultz*, Berlin 1825.

\*\*\*) *Amici's* erste Abhandlung über die *Chara vulgaris* in den *Atti della Società Italiana*, Tomo XIX, und in den *Annales de chimie Tome XIII*. habe ich nicht zur Hand. Was ich daraus citire, habe ich aus *Schultz's* Werk entnommen. Dagegen habe ich die wichtige Abhandlung in den *Annales des sciences naturelles*, Mai 1824, selbst benutzt.

aus unsern bisherigen Begriffen über das Pflanzenleben nicht leicht eine Stütze der Wahrscheinlichkeit ziehen können. Mehrere Naturforscher haben sich schon dahin geäußert, dass diese Erscheinung sowohl mit der Structur der Pflanzen, als mit den hydrodynamischen Gesetzen unvereinbar sey; mir selbst aber schien insbesondere bedenklich, wie doch der Strom der Bewegung nur auf zwei Seiten eines Cylinders statt haben könne, da ja die Gleichförmigkeit der Röhre einen solchen Strom auf allen Seiten gleich möglich macht, und wie sich ein nothwendiges *Rechts* und *Links* da ergeben solle, wo *Rechts* und *Links* geradezu mit dem Begriff des Gegenstands im Widerspruch zu liegen scheinen. Dieser eine Umstand war mir so unerklärlich, dass ich, nachdem ich mich schon mehrmals durch das Mikroskop von der Wahrheit des Phänomens überzeugt hatte, bei einem Rückblick auf die mich umgebende Natur ausrufen musste: Es ist nicht möglich!

Aber die Beobachtung steht fest. Nachdem ich diese Erscheinung erst einmal durch das Glas erblickt hatte, sah ich sie stets auf dieselbe Weise, so oft ich den Blick durch das Glas richtete; unaufhörlich und stetig setzt die Lymphe mit den in ihr schwimmenden Kügelchen ihre Strömung um die beiden Brennpuncte der Röhre fort und vollbringt so, *si magna parvis*, wie ein Planet um seine Sonne, ihren elliptischen Kreislauf.

Aus dem bisher Gesagten folgt, dass das genannte Phänomen nicht nur der Aufklärungen bedarf, sondern auch der Zeugen; dass es nicht nur von Wichtigkeit ist, die Natur, die Gesetze und Ursachen der Erscheinung aufzusuchen, sondern mehr noch, diese selbst festzustellen und zu erweisen, dass sie keine optische Täuschung sey. Man muss daher berichten, wie man zu seiner Beobachtung gekommen ist, und eben so genau angeben, was man nicht gesehen hat, als

was man gesehen, und die Forscher, mit denen unser Sehen im Widerspruch erscheint, dürfen solches nicht übel nehmen. Die Täuschungen durch das Mikroskop sind so beschleichend, dass ihnen Jeder unterworfen ist, und wenn ich hie und da in dem Folgenden sagen werde, dass sich ein Anderer vielleicht getäuscht habe, gebe ich in derselben Aussage zu, dass ich, der ungeübtere Forscher, um so weniger von Täuschungen frei seyn möge.

---

Ich muss einige Bemerkungen über den anatomischen Bau der Characeen vorausschicken, wobei ich mich jedoch ganz auf dasjenige beschränke, was ich entweder nicht bei den Autoren aufgezeichnet fand, oder was unmittelbar zum Verständniss meiner Beobachtungen dienen kann. In meinem *Systema Algarum* \*) habe ich die Linne'sche Gattung *Chara* in zwei Gattungen zerfällt. Ich hatte nämlich gefunden, oder zu finden geglaubt, dass die Charen mit einfachem nicht gestreiftem Tubus auch ohne Bracteen seyen, und dabei die *globulos* und *nuculas* (Antheren und Stempel) getrennt auf verschiedenen Pflanzen bringen, dahingegen alle Uebrigen Bracteen haben, und jene beiden Organe auf einem Stamm verbunden tragen. Die erste dieser Gattungen nannte ich *Nitella*, und behielt für die übrigen, allgemeiner verbreiteten und zahlreicheren Arten den alten Gattungsnamen *Chara* bei \*\*). In Erwägung des gedachten Unterschieds im Bau der beiden Gattungen schloss ich mich der Ansicht an, welche mein Freund, der Präsident Nees von Esenbeck, in seiner Abhandlung über

\*) S. XXVII.

\*\*) Nach Schreber's Ansicht der Organe würde demnach die Gattung *Nitella* sich durch *flores diclines*, *Chara* aber durch *flores hermaphroditos*, (oder wenigstens jene durch *flores dioicos*, diese durch *flores monoicos*) auszeichnen.

die Charen \*) vorgetragen hat, und noch war mir keine Ausnahme von diesem Parallelismus zwischen den Theilen der Vegetation und der Fructification bei den Characeen bekannt geworden.

Nunmehr aber hat *Amici* in seiner Abhandlung über *Chara flexilis* \*\*) eine Characee mit einfachem Tubus und doch mit zusammensitzenden von Bracteen umgebenen *globulis* und *nuculis*, das heisst, von dem Bau einer *Nitella* und mit der Fructification einer *Chara*, beschrieben und gezeichnet. Wenn nun aber meine obige Ansicht richtig ist, so muss eine solche Verbindung eben so sonderbar erscheinen, als

*humano capiti cervicem pictor equinam iungere si velit*, — und es muss folglich entweder, wenn eine solche Characee wirklich existirt, meine Eintheilung der Gattung *Chara* nothwendig falsch seyn, oder *Amici's* Beobachtungen müssen, wenn eine solche Characee nicht existirt, auf irgend eine bestimmte und sichere Art zurückgeführt werden. Da wir nicht annehmen dürfen, dass uns *Amici* eine erdichtete Pflanze vorgestellt habe, so scheint die Gattung *Nitella* vor der Hand, bis dieser Punct aufgeklärt seyn wird, wieder zurücktreten zu müssen; doch behalten wir hier, der Bequemlichkeit willen, den Namen *Nitella* noch bei, und bezeichnen damit die *einfachröhrigen*, mit dem Namen *Chara* aber die *mehrröhrigen* Arten.

Der Tubus der Internodien an sich besteht aus einer homogenen, ungefärbten oder wasserklaren, schlaffen Membran, ist aber mit einem Pulver bedeckt, das ihm seine grüne Farbe mittheilt. Ich bin lange ungewiss gewesen, ob dieses Pulver, wie *Amici* und *Schultz* glauben, von innen oder von aussen die Membran bekleidet, habe mich aber endlich überzeugt, dass die Membran wirklich innen damit bedeckt sey. Es liegt in parallelen, etwas schiefen, ununter-

Tab. X. Fig.  
1. A. E.,  
Fig. 3. C.

\*) Denkschr. der K. bot. Gesellsch. zu Regensb. 1818. S. 77. ff.

\*\*) *Annales des sc. nat. Mai* 1824. p. 58. ff. t. 4.

brochenen Längsreihen, und besteht bei *Nitella opaca* aus runden, bei *Chara vulgaris* aber aus elliptischen Kügelchen, die ganz undurchsichtig, von einer lebhaften grünen Farbe, und, wie mir scheint, von derselben Beschaffenheit sind, wie die sogenannten Sporidien bei den Ulven, die *granula micantia* bei den Zygnemen, und vielleicht auch der grüne Staub in den Vaucherien. *Amici* nimmt an, dass diese Reihen von einer eigenen Membran umgeben seyen \*). Dieses ist aber, wie aus dem Folgenden klar werden wird, aus physiologischen Gründen unwahrscheinlich. Das Wichtigste bei diesen Reihen der grünen Körner ist, dass der *tubus* immer in zwei entgegengesetzten und mit den Reihen parallelen Linien von diesen Körnern ganz frei ist, wo die Membran sonach völlig ungefärbt erscheint. Dieser leere Streif ist zwei- bis dreimal so breit, als zwei parallele Körnerreihen, und bildet eine helle Binde, die beinahe von dem einen Knoten des Internodiums bis zu dem andern hinläuft. Bei *Nitella opaca*, vielleicht auch bei den übrigen Nitellen, sind die grünen Körnerreihen dichter, als bei den *Charen*.

Fig. 1. A.  
a a., Fig. 5.  
a a.

Der Tubus der eigentlichen *Charen*, nicht aber der der *Nitellen*, ist bekanntlich mit feineren parallelen Röhrenchen, wie u. C. d d., mit einer Rinde, umgeben. Diese sind eben so construiert, wie die Hauptröhre, obgleich die Anordnung, in welcher die grünen Körner die Membran bekleiden, nicht zu beobachten ist. Sie gehen von dem einen Knoten bis zu dem andern fort; doch habe ich bisweilen, obgleich selten, einige, die durch Gelenke abgetheilt waren, und andere, die mit einem geschlossenen Ende in der Mitte des Internodiums anfangen, bemerkt. Ihre Enden an dem Internodium sind etwas dicker oder keulenförmig, beinahe den Coniocysten der *Vaucherien* oder der *Codien* ähnlich, mit denen sie auch sonst in der

Fig. 2. B.

\*) *Schultz* a. a. O. p. 560. ff.



Structur und Bekleidung sehr übereinkommen. Wenn sie von dem Hauptrohr abgelöst sind, scheinen sie unter dem Mikroskop Intercellulargänge zu haben, obgleich es auch möglich ist, dass die doppelten Linien, die diese Gänge darstellen, von der Projection der Fläche herrühren, welche zwei angränzende Röhren verbindet. Die Zahl der Röhrrchen ist bei jeder Art verschieden. Bei *Chara Hedwigii* \*) finden wir ungefähr zwanzig, bei *Chara vulgaris* ungefähr vierzehn, bei den *Nitellen* fehlen sie ganz. Die krystallähnlichen Körper, die mehrere Arten von *Chara* bekleiden, sind zufällig, ob sie gleich aus der Wechselwirkung zwischen der Vegetationskraft und dem umgebenden Medium hervorgehen.

Fig. 2. B.

Nahe bei der Wurzel sind die kleineren Röhrrchen des Umfangs sehr locker zusammengefügt, und lösen sich, wie *Schultz* richtig bemerkt, leicht von selbst ab.

Fig. 1. C.  
d d.

Die Aeste sind ganz so, wie der Stengel, gebaut, nur fehlen bei einigen Arten von Charen den fruchtttragenden Aesten die kleineren Röhrrchen, und diese sind daher ungestreift. So finden wir es z. B. bei meiner *Chara fallax* \*\*), und so muss man vielleicht die Figur und Beschreibung der *Chara flexilis*, die *Amici* gegeben hat, erklären.

Die Wurzeln bestehen aus schmalen Fäden, die mir nur

Fig. 1. C.  
d e.

\*) Es scheint mir jetzt wahrscheinlich, dass die *Chara pulchella* Wallr. eine zartere Spielart meiner *Chara Hedwigii*, oder der *Chara vulgaris* Hedw., sey.

\*\*) Es mag mir hier erlaubt seyn, einen schweren Druckfehler in meinem *Systema Algarum* zu verbessern. *Chara fallax*, pag. 28, hat nämlich dieselbe Diagnose erhalten, wie *Chara collabens*, mit der sie gar keine Aehnlichkeit oder Verwandtschaft hat. Ich bitte die Besitzer des Werks, die Diagnose der *Chara fallax* so zu ändern:

*Chara fallax*, caule contorto viridi-striato substrigoso, ramulis inferioribus estriatis, articulis exsiccatione pellucidis alternatim compressis, bracteis inferioribus nuculam subaequantibus, exterioribus binis brevissimis.

In freto Oeresundico.

Fortbildungen der oben beschriebenen kleineren Röhren des Umfangs zu seyn scheinen. Sie heben an den Knoten eben so mit einem aufgetriebenen Ende an, wie diese; sie sind nicht ästig und nicht gegliedert. Ihr einziger Unterschied scheint darin zu bestehen, dass sie nicht an einer Haupttröhre anliegen, und dass sie nicht mit grünen Körnern ausgekleidet sind. Mitunter finden sich auch grössere, dickere Fäden, die aber offenbar eine Fortsetzung des Stengels sind.

Fig. 1. D.

Die Frucht ist durch *Hedwigs*, *Wallroths* und *Nees v. Esenbecks* Forschungen schon ziemlich bekannt, und von irrigen Ansichten befreit. Nur die *globuli* scheinen mir noch in Dunkel gehüllt zu seyn, und *Amici* hat ungeachtet der ausserordentlichen Vergrösserung, die er zu seinen Untersuchungen anwendete, ganz im Widerspruch mit seinen Vorgängern, nichts von den Fäden, die darin eingeschlossen sind, gesehen, und behauptet, dass diese Organe nur aus mehreren Schichten von Zellen, die gelbe Körner enthalten, bestünden. Die *Nitellen* habe ich in dieser Hinsicht nicht untersucht, überzeugt, dass, nach des Herrn Präsidenten *Nees von Esenbecks* Untersuchungen dieser Organe, keine Nachlese zu machen sey. Die eigentlichen Charen aber habe ich einer sorgfältigen Prüfung unterworfen, woraus sich ergibt, dass hier in diesen Fructificationstheilen eine neue und unbeschriebene Art von Organen enthalten ist.

Fig. 4. A.

Die *globuli* haben nämlich zu äusserst eine glashelle oder wasserklare Schicht, die bei den niedersten Arten netzförmig zu seyn scheint, und durch welche der rosenrothe Kern durchschimmert. Dieser Kern hat unter dem Mikroskop zwei verschiedene Ansichten. Bei einigen Arten, vielleicht auch nur in einigen Zuständen derselben, hat er bloss eine netzförmige Oberfläche, bei anderen sieht man dagegen auf

Fig. 4. B.

ihm mehrere rothe sternförmige Zeichnungen. *Hedwig* hat

in seinen *Fundamenta* t. 35. Fig. 4., und *Amici* in den *Ann. des sc. nat. Mai 1824* t. 3. Fig. 4. und t. 4. Fig. 1. g, die netzförmige, — *Wallroth* aber auf tab. 2 und 5 die sternförmige Ansicht gezeichnet. Mir sind beide vorgekommen, aber ich bin nicht im Stande, diese Verschiedenheit zu erklären, wenn nicht etwa diese Formen zwei verschiedene Schichten darstellen, von denen die netzförmige die äussere wäre. In diesem Kerne liegen nun die oscillatorienförmigen Fäden zusammengeballt, welche sowohl *Hedwig* als *Wallroth* gezeichnet haben. Sie liegen aber nicht so, wie man sie zeichnet, los und frei, sondern sie sind alle am Grunde auf mehreren becherförmigen Organen befestigt, die mit einem rothen körnigen Wesen erfüllt sind. Vielleicht sollen in *Hedwigs* Figur die eingestreuten rothen Körner diese Becherchen vorstellen. Die Form derselben ist bei verschiedenen Arten verschieden, z. B. schmal und lang bei *Chara vulgaris*, etwas dicker bei *Chara firma*, kürzer bei *Chara delicatula*, und am kürzesten bei *Chara collabens*.

Fig. 5. E. F.

Fig. 4. C.

Fig. 5. D.

Wie diese Becherchen in den Kügelchen gelagert sind; ist mir unmöglich gewesen, mit Gewissheit zu bestimmen. Sie scheinen jene Strahlen der sternförmigen Oberfläche zu bilden, so dass sie nach aussen, die Fäden aber nach innen liegen. Uebrigens sind sie nicht zahlreich in jedem Globulus; sie lösen sich leicht von den anhängenden Fäden ab, und verlieren auch leicht das rothe Pigment, womit sie erfüllt sind.

---

Ich komme nun auf die Circulation des Safts in den Gliedern der *Characeen* zurück. Schon lange hatte ich geglaubt, eine Art von Circulation in den *Nitellen* gesehen zu haben, ohne doch bestimmt zu wissen, ob es nicht Täuschung seyn könne, und ohne meine Wahrnehmung weiter

zu verfolgen. Bei den Charen hielt ich es für unmöglich, dieses Phänomen zu sehen. Durch die Schriften von *Schultz* und *Amici* aufgeregt, stellte ich neue Untersuchungen an; aber um Lund wächst keine andere *Nitella*, als *opaca*, eine neue Art, deren Membran wenig durchsichtig ist. Ich musste sie weglegen, ohne mehr gesehen zu haben, als dass der Saft, wenn man die Membran durchschnitt, mit Gewalt hervorquoll. Dann zu *Chara Hedwigii* mich wendend, brachte ich mehrere Stunden zu, ohne auch an dieser etwas Ungeöhnliches wahrnehmen zu können. Endlich fand ich zufällig ein Glied, von dem die äussere Rinde, oder die kleinen Röhrrchen, abgelöst waren, und worin ich die Circulation alsbald und deutlich sehen konnte. Von nun an war es mir leicht, sie an allen Arten zu entdecken. Bei *Chara vulgaris* brauchte ich nur mit einem Messer ein Glied der Länge nach zu schaben, bis der innere Tubus von der Rinde frei wurde; bei *Chara hispida* konnte ich ohne Schwierigkeit die ganze Rinde mit einem Messer ablösen, und auch *Nitella opaca*, die ich nun wieder vornahm, liess mich in ihren jüngsten Aestchen die Circulation aufs vollständigste wahrnehmen.

Ich habe diese umständlichen Angaben nicht unterlassen wollen, damit es begreiflich werde, warum Andere dieses Phänomen nicht sehen konnten, und um anzuzeigen, wie man zu Werke gehen müsse, um es deutlich und unter allen Verhältnissen bemerken zu können.

Ich sah demnach, was alle die oben genannten Naturforscher gesehen haben: einen unaufhörlichen Strom, in dem grossen Tubus des Internodiums auf der einen Seite vorwärts und wieder zurück, auf der anderen in sich selbst zurückkehrend; ich sah, dass der Strom den grünen Körnerreihen folgte, und dass die Fläche, die die beiden Ströme trennte, auch

genau auf dem Rohr eine Linie bezeichnete, die von diesen grünen Körnern frei war.

Dieser Anblick ist überraschend und höchst anziehend. Man wird von dem stetigen Fortgang der in sich ununterbrochenen Bewegung überrascht und glaubt, wenn man *Chara hispida* oder *vulgaris* betrachtet, wo man die Umlenkung des Stroms nicht übersehen kann, der Kleinheit des Gegenstands vergessend, einen Fluss vor sich zu sehen, der seine Eisdecke gesprengt hat, und die Trümmer reissend mit sich fortführt. Noch herrlicher aber tritt diese Erscheinung in den obersten kurzen Aestchen der *Nitella* hervor, wo man den ganzen Kreislauf grosser runder Kugeln wahrnimmt; man muss sich selbst sagen, dass man nie etwas Aehnliches erblickt habe, und selbst derjenige, der an naturhistorischen Gegenständen nur wenig Theil nimmt, wird von Bewunderung ergriffen in der Anschauung eines Vorgangs, der nur in dem elliptischen Kreislauf der Himmelskörper ein erhabenes Vorbild hat.

*Schultz* hat sich sehr bemüht, zu zeigen, wie die Bewegung in der Nähe des Knotens vor sich geht, und, um dieses genau zu sehen, seine Zuflucht zu den Wurzeln genommen. Mir ist es dagegen nie gelungen, in den Wurzeln, die immer glashell sind, einen Kreislauf wahrzunehmen, und es scheint auch, wie ich bald zeigen werde, eine nothwendige Bedingung der Bewegung zu seyn, dass jener grüne Staub, der den Wurzeln gänzlich fehlt, die inneren Wände der Röhre bekleide.

Bei den *Nitellen* sieht man aber, besonders an den jüngsten Aestchen, die Umlenkung des Stroms sehr leicht und deutlich. Um die Sache recht in's Licht zu setzen, müssen wir darauf aufmerksam machen, dass der helle Streif, der die beiden Ströme trennt, sich nicht ganz bis zu den beiden Enden der Röhre erstreckt, die hier, an den Gelenken, durch

Fig. 5.

concave Flächen geschlossen sind. Wenn nun die bewegten Kügelchen sich der concaven Endfläche nähern, scheuen sie gleichsam den hellen Indifferenzstreif, halten sich näher an die Wand der Röhre, als auf ihrer übrigen Bahn, und senken sich so tief wie möglich in die concave Endfläche hinab, um dadurch sicher unter dem Ende des hellen Streifs herumzulenken, worauf sie denn ihre Bewegung rückwärts wieder in gewöhnlicher Ordnung fortsetzen. Beobachtet man das Ende eines Internodiums mit dem gewöhnlichen Astquirl, so sieht man den Indifferenzstreif bis an die Basis eines Asts auslaufen; die Kügelchen aber gehen dann unmittelbar unter der Basis dieses Asts vorbei, um dem Streif auszuweichen.

Ich habe schon erinnert, dass mir bei diesem Phänomen das Hauptproblem in der Frage zu liegen scheine: was doch in einem völlig gleichförmigen Cylinder den Unterschied von *Links* und *Rechts*, oder von zwei entgegengesetzten Seiten, bestimme? Forscht man nun weiter nach dem Gesetz, vermöge dessen der Indifferenzstreif dieses bewirkt, so wird man bald zu der Einsicht gelangen, dass jener durch den Indifferenzstreif vermittelte Gegensatz *von einem einzigen Punkte des ganzen Stengels determinirt werde*. Die hier folgenden Gesetze ergeben sich leicht aus der Betrachtung der *Nitellen*, sind aber mit einiger Mühe auch bei den eigentlichen Charen zu entdecken.

ERSTES GESETZ. *Der helle Streif verläuft durch den ganzen Stengel in einer ununterbrochenen Linie*, so, dass die Flächen der Indifferenzstreifen in zwei angrenzenden Internodien sich nicht kreuzen, sondern eine fortlaufende Ebene bilden.

Hieraus folgt nun, dass so wie bei einer *Labiata* die ersten Blätter die Stellen aller übrigen bestimmen, so auch bei den Characeen das *Links* und *Rechts* in jedem Internodium von dem ersten, durch den Embryo gebildeten Internodium

abhängen, und dass die beiden Hälften in jedem neugebildeten Theil schon im Voraus durch die Eintheilung der früher gebildeten festgestellt seyen.

Ein ZWEITES GESETZ der Bewegung in den Charen ist, dass der Strom in allen Internodien stets auf derselben Seite des Indifferenzstreifs aufsteigt. Wenn z. B. der Strom in einem Internodium einer Pflanze auf der linken Seite aufsteigt, auf der rechten herabsteigt, so steigt er auch in dem nächsten Internodium auf der linken Seite hinauf und auf der rechten herab, und so in allen folgenden \*).

Daraus folgt das DRITTE GESETZ, dass in den Knoten sich die Ströme der beiden angrenzenden Internodien nothwendig kreuzen müssen.

VIERTES GESETZ. Der Indifferenzstreif befindet sich immer auf den beiden Seiten eines Aestchens, nie auf dem Rücken desselben \*\*), der Strom aber steigt immer auf dem Rücken desselben hinauf und auf seiner inneren Seite herab. Wie man sonach einen Aestequirl wendet, sieht man stets die Ströme auf der äusseren Seite aufwärts- auf der dem Stengel zugekehrten Seite abwärts steigen.

---

\*) Man muss hierbei beachten, dass die Spiraldrehung der Theile die Richtung auf eine grössere Strecke hinaus leicht verwirren kann; doch darf man sich in solchen Fällen die Spirale nur wieder zurückgewunden denken, um zu erkennen, dass das Rechts und Links durch die ganze Länge des Stamms hindurch sich standhaft gleich bleibt.

\*\*) Es ist schwer, dieses mit Worten recht deutlich auszudrücken. Man denke sich aber jeden Ast in vier Theile getheilt, nemlich 1) den äussern Theil oder den Rücken; 2) den innern, der dem Hauptstamme zugekehrt ist; 3) und 4) die beiden Seitentheile, welche zwischen diese fallen. Der Strom geht rückwärts in dem innern Theil (2), und steigt auf in dem äussern (1). Siehe Fig. 3. A.

**FÜNFTES GESETZ.** *Wenn ein Ast, wie dieses öfters bei den Nitellen vorkommt, gespalten ist, so ist auch der Indifferenzstreif daselbst gespalten, so dass die beiden Streife der obern Aestchen nur eine Spaltung des Streifs des untern Internodiums zu seyn scheinen. Dieses folgt unmittelbar aus dem ersten Gesetz, nach welchem die Streifen in zwei angrenzenden Gliedern sich nicht kreuzen.*

**SECHSTES GESETZ.** *Da die aus der Spaltung entsprungenen Aeste stets von ungleicher Länge sind, so geht der Strom immer aufwärts in dem untern, ungespaltenen Haupttubus, auf der Seite, wo das grössere Aestchen, und rückwärts auf der Seite, wo das kleinere Aestchen angeheftet ist.*

Diese merkwürdigen Gesetze sind so bestimmt, und haben einen solchen Einfluss auf die Bildung der ganzen Pflanze, dass ich, ohne das Mikroskop zu Hülfe zu nehmen, die Strömungen in den Internodien eines Asts nach ihren Richtungen vorzeichnen kann. Man darf, um zu wissen, auf welcher Seite der Strom aufwärts gehe, nur einen gabelförmig getheilten Ast betrachten; denn die Strömung geht allezeit auf der Seite, auf welcher das grössere Aestchen sitzt, nach der ganzen Länge des Asts aufwärts, auf der Seite des kleinern Aestchens aber eben so in dem ganzen darunter befindlichen Aeste rückwärts.

Fig. 3. bb. **SIEBENTES GESETZ.** *In dem Knoten gehen die Hauptströme der beiden Internodien in entgegengesetzter Richtung über einander fort, und beide bewegen sich in senkrechter Richtung gegen die Indifferenzschichte.*

**ACHTES GESETZ.** *Die Richtungen aber der Ströme in den*  
Fig. 5. D. *acht Aesten stellen einen Stern vor, dessen Radien alle von dem*



*Centrum des Knotens ausgehen, und worin zwei Ströme in derselben Richtung mit den oben genannten beiden Hauptströmen, zwei andre in gleicher Richtung mit der Indifferenzschichte fortschreiten; alle aber einen Winkel von 45° mit einander bilden.* Fig. 5. D.

Man sieht anfangs unter Zweifeln, nach der genaueren Beobachtung aber mit Bewunderung, die geometrische Genauigkeit, mit der dieses Phänomen hervortritt. Zwar hat die Natur diese Regelmässigkeit durch die Drehung des Stengels zu verstecken gesucht; aber in diesen einfachen Pflanzen entdeckt man sie bald. Vielleicht ist auch die Spiralwindung der Theile bei der Zusammensetzung der höheren Pflanzen ein Grund der scheinbaren Unregelmässigkeit in denselben.

---

Wir verlassen dieses überraschende Schauspiel, um einen Augenblick bei den schwimmenden Körpern, die in dem Rohr der Characeen enthalten sind, zu verweilen, weil auch hier unsere Beobachtungen von denen unserer Vorgänger in einigen Stücken abweichen. Das Fluidum in den Röhren der Characeen ist dickflüssig, ungefärbt, und mischt sich, wenn es aus einem durchschnittenen Tubus hervorquillt, nicht mit dem Wasser, sondern bildet in demselben einen abgeschlossenen Strom. Dieses gilt besonders von den *Charen*. Bei den *Nitellen* trennt sich die Flüssigkeit durch die gleiche Unmischbarkeit in abgesonderte Tropfen. Der Strom fliesst aber fast nie in gerader Richtung aus der durchschnittenen Stelle, sondern, der Anziehung der Wände des Rohrs noch immer gehorchend, theilt er sich alsbald in zwei Arme, die sich rückwärts wenden und links und rechts zu beiden Seiten längs der Aussenfläche des Tubus fortbewegen. Fig. 5. C.

Aus der Röhre einer *Nitella* sieht man übrigens vier Gattungen von Körpern gehen:

- Fig. 3. C. c. 1) Der grösste Theil der ausfliessenden Masse besteht aus minder durchsichtigen, gallertartigen *Kügelchen*, die ich für die Tropfen des Safts halte.
- 2) Es zeigen sich *kleinere*, fast *punctähnliche* Körperchen, übrigens von derselben Beschaffenheit.
- d. 3) *Solide Kugeln*, beinahe von  $1/10$  des Durchmessers der Röhre, aus welcher sie fliessen. Sie sind weniger durchsichtig, als die andern austretenden Körper, und scheinen selbstständig organisirt zu seyn.
- e. 4) *Birnförmige Körper* von derselben Grösse, wie die zuletzt genannten. Sie kommen seltner vor, und sammeln sich, sobald sie das Rohr verlassen haben, zu dendritischen oder straussähnlichen Figuren.

In dem Rohr der lebenden Pflanze kann man nur die grössern Kugeln der *dritten Gattung* wahrnehmen, und diese zeigen sich in den längern untern Internodien mehr zerstreut, in den obern und jüngern aber dichter angehäuft.

- Fig. 2. A. Bei den eigentlichen *Charen* verhält es sich etwas anders. Das Fluidum quillt hier aus dem Tubus hervor als ein zäher Saft, dessen Strom an dem vordern Ende keulenförmig anschwillt. Wenn kleinere Parthien desselben losgerissen werden, nehmen sie eine elliptische Form an, fliessen aber mit dem Hauptstrom nicht wieder zusammen. Die Körperchen selbst sind bei *Chara vulgaris* und *hispida* mehr zerstreut, meist krystallähnlich und eckig; bei *Chara Hedwigii* schienen sie mir zahlreicher aber kleiner zu seyn.

---

So verhält sich nun das Factische dieses merkwürdigen Phänomens, so weit ich es auffassen und darstellen konnte. Es ging daraus hervor, dass die Bewegung der Säfte in den Gliedern der Charen nicht von zufälligen Ursachen abhängt,

sondern nothwendigen innern und strengen Gesetzen folge, nach denen man, wenn man die Bewegung in irgend einem Glied einer Pflanze beobachtet hat, ohne weitere Untersuchung und ohne eines Mikroskops zu bedürfen, die Folge der Strömung in den übrigen Gliedern angeben und mit dem blossen Auge bestimmen kann, wie sich die Ströme in den Gliedern der Aeste verhalten.

Wenn wir nun dieses Factum mit seinen Gesetzen klar erkannt haben, so drängen sich uns um so unwiderstehlicher die Fragen auf: Welche Kraft ist es, die diese unaufhörliche Bewegung ganz gegen alle mechanische und hydrodynamische Gesetze hervorbringt? Wie ist es möglich, dass diese beiden Ströme beständig in entgegengesetzter Richtung im Contact an einander vorüberziehen, ohne in einander zu fließen; dass ein Fluidum, wie einst das rothe Meer, sich in zwei verticale Wände spalte, ohne dass diese wieder in sich zusammensinken? In allen bekannten Erscheinungen der organischen Welt sehen wir das deutliche Eingreifen organischer Kräfte, die sich die mechanischen unterordnen; hier begegnen wir mit Staunen im Organischen einem Phänomen, das mechanischer Art zu seyn scheint, ohne mechanischen Gesetzen zu folgen.

Um die Scheidung der Ströme zu erklären, nahm *Corti* eine Scheidewand, *Schultz* eine sie trennende Luftschichte an; es fehlt aber jene Scheidewand gänzlich, und eine Luftschichte möchte schwerlich geeignet seyn, eine schwerere Flüssigkeit getrennt zu erhalten. Ich halte es für wahrscheinlicher, dass die trennende Schichte, deren Lage genau durch den Indifferenzstreif bezeichnet wird, *Wasser* sey, und gründe diese Annahme darauf, dass sich die strömende Flüssigkeit, wie die Beobachtung lehrt, nicht mit Wasser mischt, und dass daher zwei einmal von einander getrennte Massen derselben in

einem Wassertropfen nie wieder zusammenfließen. Nun ist es aber durch die Erfahrung ausser allen Zweifel gesetzt, dass die *Membran* der Algen an sich das Wasser einsaugt, die grünen Theile in derselben aber nicht, indem diese vielmehr in einem engeren Verhältnisse zu dem Lichte stehen. Erwägen wir nun, dass gerade an der Stelle, wo die Scheidelage angenommen werden muss, die Membran der Charen-Röhre nackt und von grünen Theilen entblösst ist (der Indifferenzstreif), so ist klar, dass hier das Wasser eingesogen werden müsse, und da dieses von zwei einander entgegengesetzten Seiten her geschieht, so muss dadurch eine flache, die Achse der Röhre schneidende, Wasserschichte entstehen und sich, vermöge der stetigen Dauer des Einsaugungsprocesses, erhalten.

Als Endzweck, oder als das organische Moment in der Aufnahme des Wassers, dürfte man die Assimilation desselben betrachten. Man sollte sagen: die Ströme mahlen, wie einst im gröbern Sinn und mit gröbern Instrumenten *Wallerius*, \*) das eingeschlossene Wasser zu festern Theilen.

Was aber die eigentliche Ursache, das *primum movens*, der Rotation anbelangt, so kann man nicht umhin, diese Erscheinung mit zwei andern Phänomenen, denen der Attraction und der Electricität, zu vergleichen.

Nehmen wir den ersten Fall, so müssten wir die bewegende Kraft in den beiden Brennpuncten der elliptischen Röhre suchen, welche in die beiden Enden der verticalen Indifferenzschichte fallen würden. Hiegegen scheint aber zu streiten, dass die bewegten Kügelchen bei dem Umlenken

---

\*) Es ist bekannt, dass *Wallerius* Versuche anstellte, wodurch er beweisen wollte, dass das Wasser durch blosses Mahlen und Stossen in feste Theile übergehe.

unter den concaven Enden der Glieder sich näher an die Wände drängen, statt von dem Focus angezogen zu werden.

Mehr scheint die andere Meinung für sich zu haben, die *Amici*, doch ohne Beobachtungen dafür beizubringen, aufstellt, indem er die grünen Körnerreihen hypothetisch als Volta'sche Säulen betrachtet. — Während ich aber selbst geneigt bin, dieses Phänomen für analog mit den Wirkungen der Elektrizität zu erklären, und auf diese Kraft zu beziehen, muss ich doch zugleich diese Ansicht dahin beschränken, dass man überhaupt, wenn von unorganischen Kräften im Organischen die Rede ist, sich die Wirkungsweisen jener Kräfte nie ganz und unverändert wie im Unorganischen vorstellen dürfe; die Grundkraft ist zwar wesentlich dieselbe, aber ihre Erscheinungen, in eine höhere Ordnung der irdischen Dinge verflochten, weichen ab oder verstecken sich unter fremdartige Combinationen von Wirkungen und Gegenwirkungen. So werden z. B. die rohen Säfte und Flüssigkeiten der Erde in die Pflanze aufgenommen; kaum aber sind sie in das Gewebe derselben eingetreten, so sind sie auch schon in feinere und mehr zusammengesetzte verwandelt. Wenn ich demnach hier von Elektrizität rede, denke ich mir eine höhere, gleichsam eine organische Elektrizität, die zwar ihre Haupteigenschaften, woran man sie wieder erkennen kann, beibehalten hat, die aber in anderen anders determinirt worden ist durch eine Kraft, deren Spur wir so oft erblicken, ohne vielleicht je das Wesen zu schauen, von dem sie ausgeht.

Zunächst wird man bei der Betrachtung des erwähnten Kreislaufs durch die in den Knoten sich stets entgegengesetzte Richtung der Ströme auf die Vorstellung geleitet, dass diese Bewegung durch die Wechselwirkung zweier mit einander verbundener Internodien erzeugt werde, und dass sonach der

ganze Stengel eine elektrische Kette vorstelle. Man verlässt aber diese Vorstellungsweise gar bald, wenn man sich einmal überzeugt hat, dass jedes Internodium ein unabhängiges Leben für sich führt. Ein Glied kann zwischen zwei abgestorbenen Gliedern liegen und doch seine innere Rotation behalten, ja ich habe sogar ein einzelnes abgesondertes Glied von *Chara hispida* schon acht Tage hindurch bewahrt, ohne dass sich die Bewegung in demselben bedeutend vermindert hätte. Die bewegende Kraft muss also in dem geschlossenen Internodium selbst liegen, obgleich hiebei eine wirklich stattfindende Wechselwirkung der aneinander grenzenden Internodien für den Gesamtzweck des pflanzlichen Einzelwesens keineswegs zu läugnen seyn dürfte.

Es war mir bei meinen Beobachtungen bald aufgefallen, dass ich, so lange die Röhre unverletzt war, die grünen Körner kaum mit einem Messer abstreichen konnte, dass diese aber, wenn nur eine einzige Stelle verletzt wurde, sehr leicht zusammenfielen. Von dieser Vollständigkeit der Röhre und ihrer Körnerlage hängt aber, wie ich ebenfalls deutlich wahrnahm, auch die Bewegung des Safts in derselben ab; denn diese Bewegung hört in dem Augenblick auf, in welchem irgend eine Stelle von ihrer grünen Staublage entblösst wird. Wenn nun schon dieses auf eine ununterbrochene Leitung einer elektrischen Kraft hindeutet, so glaubte ich bald einen noch stärkern Beweis für eine solche Wirkung darin zu finden, dass ich die Röhre ziemlich derb behandeln durfte, ohne eine Störung der Ordnung der grünen Körner, oder eine Hemmung der Saftbewegung zu verursachen, so lange ich nur nicht die Seiten der Röhre zusammendrückte; denn sobald die Zusammendrückung so weit ging, dass die Wände einander berührten, so war auch alsbald die Spannung der Membran verschwunden, die grünen Körner fielen mit Leich-

tigkeit zusammen und die Bewegung stand für immer still.

Man könnte bei diesem Versuch auf den Verdacht kommen, dass die Spannung darum aufgehoben worden sey, weil vielleicht beim Zusammendrücken, welches nicht ohne einige Gewalt geschehen kann, eine Oeffnung in der Membran entstand, wodurch, wie schon errahert worden, die gleiche Wirkung jederzeit erfolgt. In einem solchen Fall pflegt aber gewöhnlich der Saft aus der Röhre zu treten, was ich in dem gegenwärtigen nicht wahrnahm. Ich muss jedoch zugeben, dass noch eine weitere Untersuchung auf mehreren Wegen erforderlich sey, um diese Erfahrung ganz festzustellen.

Ich habe schon erwähnt, dass die Kügelchen beim Umlenken an den Enden des Glieds sich den Wänden desselben mehr nähern und gleichsam die Winkel und die tiefste Concavität dieser Enden aufzusuchen scheinen. In dieser Vertiefung, wo auch die Bewegung selbst beschleunigt wird, schien mir das Ziel des ganzen Umlaufs zu liegen; es ist aber unmöglich, den organischen Bau dieses Puncts genau zu ermitteln. Die Beobachtungen an den Wurzeln, welche *Schultz* mittheilt, passen nicht auf den Bau der Pflanze, wie ich ihn gesehen habe. Das Zusammentreffen zweier Internodien bildet, wenigstens bei den Nitellen, wo man dieses leicht wahrnehmen kann, keine schräge oder fussförmige Fläche, sondern, wie beim Zusammentreffen von zwei Sphärensegmenten, eine abgeplattete oder bogenförmige. Vielleicht mag eine solche fussförmige Fläche bei dem Zusammentreffen zweier Rindenröhren vorkommen, wenn sich die abgerundeten Enden auf die Seite drücken, und dieses würde dann mit meiner schon erwähnten Ansicht, dass die Würzelchen nur frei hervorgewachsne Tubuli der Rinde seyen, gut übereinstimmen. Hat aber Hr. Dr. *Schultz* in diesen Röhren eine Circulation

gesehen, so hat er dadurch sicher eine wichtige Entdeckung gemacht.

Es mag sich aber hiermit verhalten, wie es wolle, so ist doch dieses ausgemacht gewiss, dass wenigstens bei den *Nitellen*, und, wie ich glaube, auch in der Hauptröhre der *Charen*, die Enden des Tubus ein abgeplattetes Sphärensegment bilden, dessen weitere Bildung man zwar nicht genau unterscheiden, die man aber füglich mit den Enden der Aestchen, welche offenbar von derselben Beschaffenheit, wie die concaven Enden der Internodien sind, vergleichen kann. In diesen Enden der Aestchen bemerkt man nun stets an der Spitze einen lichten ungefärbten Punct, — ein Umstand, der zwar an sich unbedeutend erscheint, der aber, da sichtlich alle Bewegung nach diesem Puncte des Internodiums strebt, hier nicht unerwähnt bleiben durfte.

Ich begnüge mich damit, diese Andeutungen einer elektrischen Spannung in dem Kreislauf des Charensafts nur berührt zu haben. Es liesse sich hier ein reiches Feld für Hypothesen finden. Man könnte entweder, den oben erwähnten Versuch mit der Berührung der Seiten als ausgemacht angenommen, den beiden Seiten des Rohrs die entgegengesetzten Elektricitäten zuschreiben, wo dann der Saft, indem er von der einen Seite abgestossen würde, die andere suchen, und wegen der trennenden Zwischenschichte um diese Schichte herum in eine elliptische Bewegung gerathen müsste. Oder man könnte auch die Hypothese aufstellen, dass die Indifferenzschichte, weil sie senkrecht auf der horizontalen Ebene der elektrischen Bewegung steht, nothwendig magnetisch sey, und folglich die elliptische Rotation der Körner hervorrufe. Aber es scheint überhaupt noch zu früh, sich in Hypothesen über dieses, erst seit Kurzem aufgehellte Phänomen einzulassen.



Hiebei ist besonders zu erwägen, dass, so einfach auch der Bau der Characeen an sich zu seyn scheint, und wirklich ist, derselbe uns doch sehr verwickelt erscheinen muss, sobald wir darauf ausgehen, das Phänomen des Kreislaufs in denselben nach elektrischen Gesetzen zu erklären. Die Membran des Rohrs, die grünen Körnerreihen, der Saft, die in dem Saft schwimmenden Körper, und endlich die verticale Mittelschichte, geben zusammen fünf Elemente der Action, während das einfache elektrische Phänomen nur zwei bedingende Actionen voraussetzt.

So nun bei Vermuthungen stille zu stehen gezwungen, geben wir dennoch die Hoffnung nicht auf, dieses Phänomen dereinst tiefer ergründet und endlich das Staunen über das Unerklärlich-Scheinende in die Bewunderung des Erklärten übergehen zu sehen.

---

## N A C H T R A G.

Nachdem ich meine voranstehende Abhandlung über die Charen bereits abgesendet hatte, kamen mir drei Werke zu Gesicht, die denselben Gegenstand berühren, nämlich *Amici's* Abhandlung in den *Annales de Chimie*, Tome 13. an 1820, *Links Philosophia botanica*, und *Kaulfuss's Erfahrungen über das Keimen der Charen*.

Da ich es für sehr wichtig halte, mehrere Stimmen über dieses merkwürdige Phänomen, besonders von solchen Beobachtern, welche selbst gesehen haben, zu sammeln, so will ich hier die Erfahrungen dieser ausgezeichneten Naturforscher

den meinigen zur Seite stellen, um das urtheilende Publicum dadurch um so mehr in den Stand zu setzen, den Resultaten der vereinten Forschungen näher zu kommen.

Herrn *Kaulfuss* Abhandlung ist, wie sich von diesem Beobachter erwarten liess, vortrefflich, genau, klar in der Darstellung, wie jede Darstellung seyn muss, die aus eigener Untersuchung und nicht aus blindem Vertrauen auf Andere herfliesst. Die Litteratur über diesen Gegenstand ist bei Hr. *Kaulfuss* besonders reich, und ich muss recht sehr bedauern, mehrere Schriften, die hierher gehören, noch nicht selbst gesehen zu haben. Denn ob sie gleich zu sehr verschiedenen Resultaten zu führen scheinen, so fordern doch die darin an den Tag gelegten Bemühungen unsere Hochachtung, wie denn überhaupt die Gegenwart ihre Mutter, die Vergangenheit, ehren soll. Wie oft hat sich nicht bewährt, dass neue Entdeckungen nicht gemacht worden wären, wenn nicht frühere Fehlgriffe den Weg bereitet hätten.

Wie schwierig aber ganz insbesondere die Beobachtung gerade dieses Phänomens sey, davon habe ich in diesen Tagen einen auffallenden Beweis erhalten. Nachdem ich mich nämlich schon für versichert hielt, dass ich den Umlauf des Safts in den Characeen wahrnehmen könne, wann und wo ich wolle, war ich nicht wenig betroffen, bei frisch geholten Exemplaren ihn nur mit grosser Schwierigkeit und erst nach den angestrengtesten Bemühungen wieder zu bemerken: die Bewegung geschah äusserst langsam, die grossen krystallinischen Körner bei *Chara vulgaris* und *hispida* waren beinahe verschwunden, und bei *Nitella opaca* erschienen die ölähnlichen Tropfen, so wie die andern weniger durchsichtigen sphärischen Körper, viel kleiner, als vor einem Monat. Dagegen finde ich in den Bruchstücken, die ich bereits einen Monat in einer Theetasse

aufbewahrt hatte, den Umlauf mit derselben Leichtigkeit, wie sonst, und die Geschwindigkeit desselben hat sich nur wenig vermindert.

Diese Trägheit der Säftebewegung in den später gesammelten Characeen rührt wahrscheinlich von der späteren Jahreszeit her. Schon \*) haben wir einige Frostnächte gehabt, die bekanntlich die Torfmoore am heftigsten angreifen; auch mögen die Characeen wohl ihren Winterschlaf halten, und sich allmählig darauf vorbereiten, welches mir um so wahrscheinlicher wird, da ich finde, dass die Pflanzen, nachdem sie sich in der Stubenluft wieder etwas erwärmt hatten, einen deutlicheren, obwohl noch immer einen sehr viel langsamern Kreislauf zeigen.

Es ist also wohl möglich, dass die Naturforscher, die diesen Kreislauf gesucht haben, ohne ihn zu finden, gerade durch solche oder ähnliche Umstände gehindert worden sind, und wenn man sich erinnert, dass ein so geschickter, genauer und geübter Beobachter, wie *Treviranus*, diesen Kreislauf erst sieben Jahre, nachdem er ihn bei *Nitella flexilis* gefunden hatte, nach mehrern vergeblichen Versuchen auch bei *Chara vulgaris* auffinden konnte, wird man sich kaum wundern, dass Andere, die keine sieben Jahre dienen wollten, ihn nicht erblickten.

Die Schrift des Herrn Professors Kaulfuss hat vor den meisten physiologischen Abhandlungen den grossen, ihren Werth für immer erhöhenden Vorzug, dass die Arten, an denen der Verfasser seine Beobachtungen machte, genau angegeben und sicher bestimmt werden. Doch waltet noch über

---

\*) Diese Zusendung des Herrn Verfassers ist vom 20 Oct. 1825. datirt.  
d. Red.

*Chara pulchella* dieses Verfassers einiger Zweifel, der aus der Betrachtung seiner 13ten Figur erwächst.

Diese Wallroth'sche Art ist nämlich, wie ich früher angedeutet habe, nur eine Spielart der Hedwig'schen *Chara vulgaris*, die ich *Chara Hedwigii* genannt habe. Bei dieser sind aber die Bracteen mit der Frucht beinahe von gleicher Länge, da sie doch in Kaulfuss's 13ter Figur von mehr als doppelter Länge erscheinen. Von einem gewöhnlichen Beobachter hätte dieses Verhältniss leicht übersehen werden können, da aber bei Hrn. Kaulfuss keine Oberflächlichkeit zu vermuthen ist, so möchte man fast glauben, dass er eine andere Art vor sich gehabt habe.

---

Herrn Prof. *Kaulfuss's* Ansicht der rothen Kugeln weicht von der meinigen darin ab, dass er, obgleich er die Form der Becherchen ganz so, wie ich, gesehen hat, noch an dem geschlossenen, oder untern Ende kleine zwiebelartige Bläschen beschreibt, wo ich die Fäden angeheftet gefunden habe, und noch so finde. Diese Bläschen möchten also wohl die Spuren dieser Anheftung seyn. Ich habe es nicht ermitteln können, wie sie in den Kugeln geordnet sind, sondern nur vermuthet, dass sie eben die Strahlen bilden möchten, die man auf der Oberfläche sternförmig verlaufen sieht. Hr. *Kaulfuss* hat dagegen gefunden, und zwar in den grossen Kugeln der *Chara ceratophylla*, die zu untersuchen ich nicht Gelegenheit hatte, dass sie zu sechsen von dem Befestigungspunct der Kugel strahlenförmig ausgehen, welches auch sehr wahrscheinlich ist.

Diese Kugeln scheinen mir immer noch die räthselhaftesten Organe der Charen zu seyn. Denn räthselhaft erscheint mir in den äussern Pflanzentheilen Alles, was nicht aus der

Metamorphose der Theile erklärt werden kann. Bei allen übrigen äussern Organen der Characeen, den Würzelchen, den Aesten, und selbst den Früchten, ist dieses, wie aus dem Folgenden klar werden wird, möglich. Nur die Kugeln sind von aussen und von innen so heterogen, so künstlich zusammengesetzt, und selbst von Allem, was wir überhaupt im Pflanzenreich gesehen haben, so abweichend, dass sie noch ganz einzeln da zu stehen scheinen.

Dass sie für Gemmen zu halten seyen, hatte ich auch Anfangs geglaubt. Jetzt, nach genaueren Untersuchungen, bin ich völlig von dieser Meinung abgekommen. Ich habe Aeste mit aufsitzenden Kugeln in Wasser aufbewahrt, die nach einem ganzen Monat noch gut vegetiren. Die rothen Kugeln aber haben ihre Farbe und Consistenz verloren und lösen sich in Schleim auf. Nur in einer einzigen habe ich 5 bis 6 sphärische Körner, die etwa so gross waren, wie die ehemaligen und jetzt verschwundenen Becherchen, und das Ansehen runder Samen-Körner hatten, bemerkt; aber diese Beobachtung, obgleich ganz sicher, steht zu einzeln da, als dass man daraus einen bündigen Schluss ziehen könnte.

Auch nach ihrem Bau zu urtheilen, scheint es wenig wahrscheinlich, dass sie Gemmen seyen. Die beiden Organe, woraus sie bestehen, (die Oscillatorien ähnlichen Fäden, und die Becherchen), scheinen gar nicht dazu geeignet, in neue Charenstämme auszuwachsen.

Wäre auf die oben erwähnte einzelne Beobachtung eben so sicher zu bauen, als auf die weiter unten vorkommenden Thatsachen, die zu beweisen scheinen, dass gerade die sogenannten Samen Gemmen sind, so möchte man versucht seyn, zu glauben, dass man die Begriffe umkehren, und die Kugeln für Früchte erklären müsse. Ich selbst wage indessen noch nicht, eine solche Behauptung auszusprechen.

Einiges Licht über die Bestimmung dieser Organe dürfte man wohl aus der Analogie anderer Gewächse zu schöpfen hoffen. Schon *Kaulfuss* hat diese Kugeln mit den Früchten des *Fucus vesiculosus* verglichen, die auch Körner und Fäden enthalten. Noch lieber möchte ich aber die innern Theile der Kugeln mit den Früchten anderer Algen zusammenstellen, wie. z. B. mit denen von *Polyides lumbricalis* Ag. und *Dasia pedicellata* Ag., deren Früchte ganz aus rothen Körnern, die auf articulirten Fäden sitzen, bestehen. Es gibt aber noch eine Pflanze unter den Algen, die in mehr als einer Hinsicht den Charen gleicht, und vielleicht auch in ihrem Fruchtbau mit ihnen übereinstimmen möchte: ich meine hier das *Batrachospermum moniliforme*, bedaure aber sehr, dass ich zur Zeit diese Vermuthung nicht bestätigen kann, da diese Alge nicht in meiner Nähe gefunden wird. Viel Wahrscheinlichkeit erhält übrigens diese Ansicht durch eine, mit *Batrachospermum* sehr verwandte Pflanze, die *Mesogloia*, deren Früchte aus eben solchen, an articulirten Fäden hängenden Becherchen bestehen.

Das rothe Pulver in den Kugeln mag beim ersten Blick diesen grünen Gewächsen fremd scheinen. Aber mehrere grüne Conferven - Arten, besonders aus der Abtheilung, die man unter dem Namen der *Proliferen* zu einer eigenen Gattung zu erheben versucht hat, haben rothe Frucht-Kugeln. Besonders schön zeigt sich dieses bei einer neuen Art, die ich diesen Herbst gefunden und *Conferva cyclophora* genannt habe. Hier schwellen die Glieder stellenweise kugelförmig auf, und füllen sich mit einigen schön ziegelrothen Kugeln. Bekannt ist schon die Umwandlung der grünen Farbe der Körner von *Sphaeroplea annulina* in Roth. Siehe *Roth. Catal.* III. tab. 7.

Das Aufklappen der äusseren Membran ist ein sehr son-

derbares Phänomen; es erfolgt aber leicht, wenn die Kugeln reif und ganz entwickelt sind. Ich habe die Zahl der Stücke, in die eine Kugel zerfällt, nicht bestimmen können. Hr. *Kaufuss* gibt deren drei an, *Wallroth* 3-4, Dr. *Ackermann*, Adjunct bei der hiesigen Academie, der sich viel mit der Physiologie der Charen beschäftigt, auch eine interessante Untersuchung über ihre Ernährung der *Physiographischen Societät* vorgelesen hat, versichert mich, dass ihrer nie mehr noch weniger, als acht seyen, wie dieses denn auch nach den Gesetzen der Sektoren einer Sphäre nothwendig sich so verhalten müsste.

Durch die obigen Betrachtungen wird der Weg zu einem leichtern und sichern Urtheil über die wahre Stelle der Characeen in dem natürlichen System gebahnt. *Linné* setzte sie, wie bekannt, unter die Algen, *Jussieu* unter die Najaden, und *Richard* als ein Mittelglied zwischen die Marsileaceen und Piperaceen. Ich kenne gar keinen Uebergang der Charen zu diesen beiden letzteren Familien, und sehe nicht ein, wie sie ihnen so nahe gebracht werden können. Viel näher scheinen sie den Najaden zu stehen. Diese aber haben sich schon in die phanerogame Pflanzenform erhoben, mit getrennten Geschlechtern und gedrängtem Zellgewebe. Das Innere so wie das Aeusserere des Bau's widerstrebt gleich sehr einer Familien-Verbindung der Charen mit den Najaden, wenn auch jene gleichwohl die Brücke seyn mögen, über welche eine tiefere Pflanzenstufe sich einer höheren annähert.

Mir scheinen die Characeen zu den Algen zu gehören, und wenn dieses unbestreitbar wäre, würde dadurch der in der Geschichte der Pflanzensystematik seltne Fall eintreten, dass unter mehreren Meinungen die ältere auch die der Wahrheit nähere sey. Meine Gründe für diese Stellung der Characeen sind folgende:

1) Die Membran der Algen ist diesen ganz eigenthümlich, und findet sich bei den höheren Pflanzen nur in den innern Organen wieder. Diese Membran ist ihrer Natur nach hygrometrisch, und saugt das Wasser begierig ein; sie ist für sich ungefärbt, und erhält ihre Färbung nur durch die ihr anhängende Staub- oder Körner - Masse. Bei den Marsileaceen, bei den Najaden, selbst bei denjenigen Jungermannien, die im Wasser leben, sind die anatomischen Elemente schon in eine zusammengesetztere compactere Masse übergegangen, und haben bereits ihre einfachste Form verloren, obgleich, wie ich anderswo angedeutet habe, zugegeben werden muss, dass die Membran dieser Elemente von derselben Natur sey, und seyn müsse, wie die Membran der Algen, weil die Nahrung der Pflanzen nur in Wasser aufgelöst assimilirt werden kann, und also das assimilirende Organ ein Wasser einsaugendes seyn muss. Aber diese erste Form der vegetabilischen Membran ist eben so rein, eben so einfach, und eben so entfaltet bei den Characeen, und namentlich bei den Nitellen, wie bei den Vaucherien, den Ulven und den Conferven. Es ist nicht möglich, den Tubus einer *Vaucheria* von dem einer *Nitella* zu unterscheiden. Bei *Naias*, wie bei den höheren Pflanzen, ist die Membran der Organe nur Mittel für einen höhern Zweck. Bei *Chara*, wie bei den übrigen Algen, ist die Membran das Hauptorgan.

2) Das grüne Pulver ist ganz dasselbe an der Wand, einer *Vaucheria*, wie an der einer *Chara*. Es hängt an diesen Wänden, festgehalten durch eine eigene Kraft, nicht angeklebt, und fällt durch Aufhebung dieser Kraft ganz zusammen. Vielleicht findet etwas Aehnliches auch bei den grünen Organen höherer Pflanzen statt.

3) Die Gliederung ist ganz den Confervaceen eigen; jedes Glied für sich ist hier ein geschlossenes Ganze. Ich kann



aber in der Art, wie die Glieder bei *Conferva fracta* und bei einer *Nitella* zusammengereiht sind, durchaus keinen Unterschied finden.

Man wird bei der angeführten Anatomie der Theile ohne Zweifel einwenden, dass die Charen im engeren Sinn einen zusammengesetztern Bau zeigen, als die einfacheren Nitellen. Man muss dagegen aber auch zugeben, dass diese zu einander in demselben Verhältniss stehen, wie die aus mehreren Röhren bestehenden *Hutchinsien* Ag. zu den *Ceramien*. Eben so, wie die Seitenröhrchen der Charen sich ablösen und Würzelchen bilden können, lösen sie sich auch bei den *Hutchinsien* ab, und schwimmen farblos, an der Mutterpflanze hängend, im Wasser.

4) Die doppelten Fruchtorgane der Characeen hat man für die Repräsentanten der beiden Geschlechtsorgane angenommen, und man wird einräumen, dass, als man die Früchte der Algen noch nicht kannte, diese Meinung die wahrscheinlichste war. Jetzt aber kennt man die doppelten Fruchtorgane der Algen recht gut; und es ist merkwürdig, dass bei den *Hutchinsien* \*), deren Analogie mit den Charen im engeren Sinne ich schon berührt habe, die Fruchtorgane eben diese beiden verschiedenen Formen zeigen, wie bei jenen. Das eine Organ ist kapselähnlich, kreiselförmig (*turbinatum*), und oft auf dem Scheitel gekrönt (*apice dentibus coronatum*), ganz so wie die Nüsse der Charen; das andere aber besteht aus rothen Staubkörnchen, welche von derselben Natur zu seyn scheinen, wie die in den Kügelchen der Charen.

---

\*) Ich behalte den Namen *Hutchinsia* für diese Algen - Gattung bei, nicht nur darum, weil mir ein solches Denkmal hier das passendste zu seyn scheint, sondern auch darum, weil ich die gleichnamige Gattung aus der Familie der Cruciferen für nicht ganz fest begründet halte.

Nach Allem diesem scheint es mir erwiesen, dass die Characeen den *Confervoideen* am nächsten stehen, und dass sie in einer Richtung die Uebergangsform der *Confervoideen* zu den höheren Pflanzen bilden. Ich habe, von diesen Gründen geleitet, nicht einmal gewagt, eine eigene Familie aus ihnen zu schaffen, so lange noch die *Ceramiceen*, die *Ectocarpeen*, die *Batrachospermeen* nur für Tribus und nicht für wahre Familien gelten. Erst wenn diese einmal mit dem Fortgang der Wissenschaft sich zu Familien erheben sollten, wäre es Zeit, auch die Characeen als eine eigene Familie zu scheiden.

Man hat einen Beweis für die höhere Bildungsstufe der Charen darin finden wollen, dass sie Wurzeln haben. Man muss aber diese Wurzeln nicht mit denen der höheren Pflanzen verwechseln. Sie sind nur entfärbte Röhren, die in dem Schlamm liegen, und, wie mir scheint, entweder aus erstorbenen Stamm-Gliedern, oder aus metamorphosirten Stamm-Röhrchen bestehen. Sobald die Algen in den Schlamm gerathen, verlieren auch sie ihre Farbe, und erhalten das Ansehen jener Würzelchen. Man erinnere sich an mehrere *Vaucherien*, und besonders an *Vaucheria radicata*, deren Stamm, wenn er sich im Schlamm verbirgt, ästig und dem obern Stengel ganz unähnlich wird. Man wird demnach finden, dass diese Art von Wurzeln bei den Charen sie vielmehr mit den Algen zu verbinden, als von denselben zu trennen scheint.

Gegen diese unsere Meinung erhebt sich aber noch die bisherige Ansicht der *Nüsse* der Characeen, die man für allzukünstlich organisirt hält und in ihrer Zusammensetzung den Kapseln höherer Pflanzen so ähnlich erachtet, dass sie jede tiefere Stellung verbieten. Wir hoffen dagegen in dem Fortgang unserer Betrachtungen erweisen zu können, dass

diesem von der hohen Organisation der Nüsschen der Charen hergeleiteten Einwurf kein grosses Gewicht beizulegen sey.

---

Von der früheren Ansicht, nach welcher die Zähne auf dem Scheitel der Nüsse Narben seyn sollen, scheint man schon ganz zurückgekommen zu seyn. Hr. *Kaulfuss* hat dieses sehr gut erläutert. Ueber die Zahl der darin enthaltenen Samen ist man verschiedener Meinung gewesen. Für einsamig hielten die Nüsse: *Vaillant*, *Linné*, *Schmidel* und *Gärtner*, für mehrsamig hielten sie alle Neueren von *Jussieu* an. Durch *Kaulfussens* und *Vauchers* Beobachtungen wurde auch hier die ältere Meinung bestätigt.

Die Zahl der Zähne habe ich etwas verschieden gefunden. Bei *Chara tomentosa* sind deren nur vier, bei den übrigen, soviel ich sehen konnte, gewöhnlich fünf. Bei den *Nitellen* sind sie einwärts gebogen und beinahe unkenntlich.

Die Beschreibung, die Hr. *v. Martius* von den Fruchtheilen gegeben hat, ist in der letzten Periode der reifenden Nüsse der Natur ganz treu. Die äussere Hülle löst sich dann in einen Schleimsack auf, die zackige Krone bildet das Deckelchen, und die drei Theile, welche *von Martius* unterscheidet, scheinen mir sonach ganz richtig angegeben zu seyn \*).

Das Korn habe ich etwas anders gesehen, als die übri- gen Beobachter. Es scheint mir eine feste Masse zu seyn, etwas lichter an Farbe, als die äussere schwarze Schale. Aus dieser festen Masse dringen jene öligen Kugeln hervor, die

---

\*) Ich bedaure sehr, dass ich die Abhandlung des Ritters *v. Martius* nur aus Hrns. *Kaulfuss's* Recension kenne, weil sie selbst nach dieser manche genaue und naturgetreue Beobachtungen zu enthalten scheint,

man für Samen angesehen hat, und die in der Frucht in eigenen Behältern oder Höhlen zu liegen scheinen, welche man auf dem Querschnitt grubig sieht, beinahe so, wie den Torus des *Nelumbium*, aus dem die *carpella* herausgefallen sind. Die Kugeln, oder die einst sogenannten Samen, scheinen mir ganz von derselben Natur zu seyn, wie die Saftkugeln, welche ich in den Gliedern der *Nitellen* gesehen und beschrieben habe. — Diese meine Beobachtung wurde an den Nüssen der *Chara Hedwigii* var. *tenuior* (*Chara pulchella* Wallr.) gemacht.

---

Die weissen undurchsichtigen Kugeln, die man an den ausgestorbenen kriechenden Stengeln findet, hätte ich beinahe übergangen, wenn nicht die Erwähnung derselben bei *Kaulfuss*\*) sie mir wieder in Erinnerung gebracht hätte. Ich selbst habe sie nur auf denjenigen Arten, die in dem Meere leben, gefunden und immer für Eyer einer Molluskenart gehalten, da ihre Schale weiss, hart und kalkartig scheint, und eine Menge durchsichtiger eierähnlicher Kugeln einschliesst, wozu noch kommt, dass sie stets von derselben Grösse und Farbe sind, und also keine allmälige Entwicklung oder Ausbildung zeigen, welches der Fall seyn müsste, wenn sie ein Theil der Pflanze wären.

---

Ueber den Kreislauf muss ich noch Einiges zur Erläuterung hinzufügen, hauptsächlich durch *Amici's* Beschreibung desselben in seiner ersten Abhandlung, die ich nun erst zu Gesicht bekam, hiezu veranlasst.

---

\*) a, a, O. S. 50.

*Amici* fängt, wie *Schultz*, mit der Beschreibung des Kreislaufs in den Wurzeln an: ich habe dagegen nie in den Wurzeln eine Bewegung gefunden, und diese scheint mir auch deshalb unmöglich, weil die Wurzeln nicht nur nicht jene Regelmässigkeit des Bau's zeigen, die dazu nothwendig zu seyn scheint, sondern weil ihr auch die grünen Körner-Reihen fehlen, die eine nothwendige Bedingung des Kreislaufs sind. Da ich an der Genauigkeit der gedachten Beobachter nicht zweifle, so vermuthe ich, dass diese Angabe auf irgend einer Verwechslung beruhe.

*Amici's* Beobachtung einer so grossen Körner-Masse, dass sie  $\frac{2}{3}$  des Durchmessers des Glieds ausmache, und welche in der Mitte der Röhre rotiren und oscilliren soll, muss eine sehr seltn e Erscheinung seyn, da niemand ausser *Amici* sie gesehen hat, und eine solche Bewegung auch die gewöhnliche Regelmässigkeit des Umlaufs aufhebt. Eben so seltsam erscheint mir die Beobachtung, dass diese Körnermasse bei dem Heraustreten aus der Röhre des abgeschnittenen Glieds wie eine Luftblase zerspringe.

*Amici* hat ferner beobachtet, dass die schwimmenden Körner bisweilen querüber von dem Strom zur Rechten in den zur Linken hinübergehen. Diese Erscheinung ist mir nie vorgekommen, obgleich es wegen der schiefen Lage des hellen Indifferenzstreifs bisweilen so erscheinen kann.

Er fügt noch die Bemerkung hinzu, dass die beiden Ströme eine verschiedene Geschwindigkeit haben, so dass, wenn sie über einander liegen, der obere geschwinder geht, als der untere. Auch dieses habe ich nicht sehen können, und halte dafür, dass es überhaupt nur zufällig und auf kurze Zeit statt haben könne, da die Flüssigkeit, ihrer Natur gemäss, nothwendig nach einer gleichmässigen Geschwindigkeit strebt.

Er gibt den Unterschied zwischen der spiralen und der geraden Richtung der Körnerreihen etwas zu scharf an. Alle Reihen sind spiral, nur nach der Länge oder Kürze des Glieds mehr oder weniger.

Die Behauptung, dass die Geschwindigkeit des Umlaufs sich nach der Dichtigkeit der Körnerreihen richte, möchte wohl einer genaueren Bestimmung bedürfen. Die Menge und Dichtigkeit dieser Reihen scheint verschieden bei den verschiedenen Arten. So liegen sie z. B. bei *Nitella opaca* so dicht, dass es schwer hält, einen Zwischenraum zu bemerken; dennoch aber ist hier die Bewegung in allen Gliedern nicht geschwinder, als bei *Chara hispida*, wo die Körner-Reihen viel weiter von einander entfernt stehen. Die Geschwindigkeit hängt wohl vielmehr ab von der Lebenskraft der Pflanze, von der Stärke des Lichts und von der Wärme, woraus denn stets eine grosse Schwierigkeit hervorgeht, dieselbe nach absoluten und von jenen Einflüssen unabhängigen Gründen bei verschiedenen Arten zu vergleichen.

Wenn *Amici* gefunden haben will, und mehrere Beobachter ihm darin beipflichten, dass sich da, wo die Körnerreihen entweder ganz oder zum Theil unterbrochen werden, ein gleichsam zufälliger Knoten bilde, an welchem der Strom umlenkt, und dass eben dieses erfolge, wenn man das Internodium in einen spitzen Winkel zurückbiegt oder unterbindet, so muss ich bekennen, dass dieses geradezu gegen meine Beobachtungen streitet, nach welchen jede Unterbrechung der Körnerreihen an irgend einer Stelle das Leben des Glieds zerstörte und den Umlauf zum Stillstehen brachte. Nie hat es mir gelingen wollen, einen solchen künstlichen Knoten zu bilden: der Saft drang durch, so lange er noch einigermaassen Raum dazu hatte; in dem Augenblick aber, wo sein Weg zu eng wurde und die beiden Wände sich berührten,

trat Tod und Stillstand ein. Ich sage ausdrücklich, dass es mir nur nicht gelungen sey, Amici's Beobachtung zu wiederholen, da offenbar bei einem solchen Versuch gar Vieles auf der Geschicklichkeit des Beobachters beruht, und ich auf meine Meinung, dass die Berührung der entgegengesetzten Wände die Bewegung aufhebe, kein so grosses Gewicht lege, um dieserhalb Amici's Beobachtung läugnen zu wollen; auch finde ich in der Hauptsache nicht, dass Amici's Beobachtungen gegen die von mir aufgestellten Gesetze für die Folge der Bewegung in den verschiedenen Gliedern streiten, da weder der Gegensatz der Seiten, noch die Kreuzung der Ströme in dem Knoten, dadurch angefochten werden.

Ferner will *Amici*, und Mehrere wollten nach ihm beobachtet haben, dass nach dem Durchschneiden der Röhre die Flüssigkeit nicht in zwei Strömen heraustrete, sondern nur in einem einzigen auf der Seite, wo der Strom schon vorher gegen die Oeffnung gerichtet war, so dass die Körner, die auf der entgegengesetzten Seite nahe bei der Oeffnung waren, nicht auf dem kürzesten Weg hervorkommen, sondern den ganzen Umlauf machen, um sich in gehöriger Ordnung zu ergiessen. Ich glaubte im Gegentheile stets zu sehen, wie die Flüssigkeit und die Körner in zwei Strömen hervorkamen, welche beide, sobald sie vor der Oeffnung waren, auf den äusseren Seiten des Rohrs rückwärts flossen. Bei dem Zerschneiden entsteht eine solche Unordnung in dem Gliede, die Körner fallen von den Reihen ab, die Membran verliert ihre Spannung, die schwimmenden Körperchen und der Saft eilen auf dem kürzesten Wege so schnell nach der Oeffnung hin, dass ein solcher regelmässiger Umweg, wie ihn *Amici* angibt, kaum möglich seyn möchte.

Aus demselben Grunde muss man auch sehr wünschen, *Amici's* weitere Beobachtung, dass nach Durchschneidung

des Glieds durch dessen Zusammendrückung am Ende der Umlauf sich wieder in Ordnung setze und von neuem anfangen, wiederholt geprüft zu sehen. Die schwierigste Beobachtung aber hat Amici unstreitig darin gemacht, dass er den Umlauf des Safts auch in den Rindenröhrchen gesehen hat. Mir ist dieses eben so wenig, als irgend einem Andern, gelungen, woran wohl die Feinheit dieser Röhrchen nicht allein Ursache seyn mag, da die jüngsten Sprossen, von denen unten die Rede seyn wird, und worin man die Bewegung sehr gut sieht, beinahe eben so dünn sind, als manche Rinden-*tubuli*. Das Meiste beruht hier wohl auf der Einrichtung des Instruments, das bei Amici die stärkste Vergrößerung mit der grössten Klarheit verbindet.

Der Herr G. R. *Link* hat in seiner *Philosophia botanica*, mit der Darstellung *Amici's* eine eigene Ansicht verknüpft. Er sieht nämlich die in der Flüssigkeit schwimmenden Körper an als von derselben Art und Natur, wie die grünen Körner, die in Reihen an den Wänden angelegt sind. Mit diesen aber scheinen sie mir kaum einige Aehnlichkeit zu haben. Die schwimmenden Körper sind viel grösser, ungefärbt, oft krystallähnlich, in den verschiedenen Altern und Zuständen der Pflanze, so wie auch bei verschiedenen Arten, sehr verschieden. Die Körner an den Wänden dagegen sind immer elliptisch, grün, fest angeheftet, und das Leben des Glieds ist beschlossen, sobald sie, abgelöst, in der Flüssigkeit schwimmen.

Ich hoffe, dass man diese meine Bemerkungen gegen die erwähnten Beobachtungen ausgezeichneter Naturforscher nicht missdeuten werde. Die Beobachtungen über diesen Gegenstand haben sich in kurzer Zeit so gehäuft, und streiten zum Theil so gegen einander, das Phänomen selbst aber ist in Bezug auf die Pflanzenphysiologie von solcher Wichtigkeit,



dass eine kritische Zusammenstellung der Erfahrungen nothwendig wird. Aufrichtig und gerade zu sagen, was man nicht gesehen hat, ist bisweilen eben so wichtig, als etwas Neues an's Licht zu bringen; die Bemerkung aber, dass unsere Bemühung, eines Andern Beobachtungen zu wiederholen, vergebens war, heisst noch nicht diese Beobachtungen läugnen; sie kann aber wohl zu neuen Untersuchungen und dadurch zu einer festeren Begründung der Thatsachen Anlass geben.

---

Noch habe ich der schönen Beobachtungen von *Kaulfuss* und *Vaucher* über das Keimen der Charen nicht gedacht; ich will daher hier einige Worte auch über diesen Gegenstand hinzufügen, um ihn an andere von mir selbst gemachte Beobachtungen zu knüpfen, und wo möglich das schon darüber aufgegangene Licht noch einigermaassen zu verstärken.

Um die Veränderungen der rothen Kugeln zu beobachten, hatte ich kleine Stücke oder Fragmente von *Chara Hedwigii*, die damit beladen waren, in eine mit Wasser gefüllte Theetasse gelegt. Den Erfolg meiner Bemühung in dieser Hinsicht habe ich schon erzählt; wenn diese aber auch nicht zu einem Resultate über die Frage, die ich mir dabei aufgeworfen hatte, leitete, so gewährte sie mir doch dafür durch eine andere Beobachtung einen vollkommenen Ersatz. Ich sah nämlich aus den Knoten junge zarte Sprossen hervorkeimen, mit einer Menge von Wurzeln, die aus demselben Punct entsprangen. Als ich nun Herrn Kaulfuss's Schrift erhielt, erkannte ich zu meinem grössten Erstaunen meine junge Charenbrut für dieselben Formen, die er aus den *Nüssen* hervorgehlockt hatte, und zwar so genau damit übereinstim-

mend, dass seine Figuren nach meinen Charensprossen gezeichnet zu seyn schienen.

Was die Merkwürdigkeit dieser Erscheinung erhöht, ist die regelmässige Form und Zahl der Theile, womit diese Sprossen sich immer zeigen. Sie bestehen nämlich in ihrer ersten Anlage aus zwei Theilen, die ich den *blassen* und den *hochgrünen* nennen will.

Der *blassgrüne* oder der untere Theil besteht selbst wieder aus zwei Gliedern; dem *untersten*, das sehr kurz, etwas unregelmässig und oben etwas schief keulenförmig verdickt ist, und dem *obern* oder zweiten, das meist sehr lang und am untern Ende ebenfalls schief keulenförmig verdickt ist, so dass diese beiden keulenförmigen Enden sich schief auf einander legen, und den ersten Knoten des Triebes bilden.

Der *hochgrüne* Theil besteht aus vier sehr kurzen Gliedern, von denen jedoch die *obern* kürzer als die *untern* sind.

Nur der unterste Knoten ist unregelmässig oder schief; alle übrigen liegen waagrecht zu dem Cylinder des Glieds. Blasenähnliche Auswüchse finden sich an diesem untersten Knoten, ohne sich weiter in Aestchen zu entwickeln. Erst an dem zweiten Knoten entspringt nachher und allmählig der Aestequirl.

Alles dieses stimmte nun zu meinem Befremden mit den Figuren bei *Kaulfuss* überein, *obgleich meine Pflänzchen nicht aus einem Nüsschen, sondern aus dem Winkel eines ältern Aestchens hervorwuchsen.*

Hierdurch scheint es nun offenbar, dass das Pflänzchen sich eben so wohl aus dem Knoten ohne Samen entwickeln könne, wie aus den Nüssen; welches wieder beweist, dass diese Nüsschen ihrer Natur nach nicht Früchte, sondern Gemmen sind, und dass, wenn man Rücksicht nimmt auf die

Metamorphose der Theile, welche mir das leitende Princip der Pflanzenphysiologie zu seyn scheint, *eine solche Nuss nur ein verkrüppelter Ast ist.*

Bevor ich aber diesen Satz etwas näher beleuchte, muss ich einige Bemerkungen über die Bewegung des Safts in den jungen Sprossen, über den Zusammenhang der Gesetze für diese Bewegung mit denen, die ich schon in meiner früheren Abhandlung aufgestellt habe, und über die Gesetze des Wachstums oder der Entwicklung der Pflanzentheile überhaupt vorausschicken.

Die Charen entwickeln sich so, dass entweder aus dem Centrum des obersten Quirls, oder aus dem Winkel eines untern Quirls, ein Glied hervorwächst, an dessen Spitze wieder ein neuer Quirl entspringt. Gleich den übrigen Gewächsen, können sie sich der Anlage nach in's Unendliche verästeln, da jede Spitze und jeder Quirl neue Triebe machen kann. Die Gemmen und die Samen sind die Ruhepunkte dieser Verästlung, worin sich alle künftigen Verästlungen concentriren, um einst, von der Mutterpflanze getrennt, die gehemmte Verzweigung weiter fortzusetzen.

Bei den Charen ist der Quirl der Bracteen, (die nur schwächere, weniger entwickelte Aestchen sind), zu schwach, um aus ihrem Winkel einen Ast zu treiben: daher verkümmert die Anlage zum neuen Aste; alle Theile, die ihn ausmachen sollten, verwachsen und bilden die Nuss. Diese Theile aber sind: 1) *das untere Glied*, das hier so kurz wird, dass die Nuss beinahe sitzend erscheint; 2) *der Aestchenquirl*, der nun die Hülle der Nuss ausmacht, und statt acht Streifen nur vier oder fünf bildet; und 3) *der Ast selbst*, welcher zum Kern wird; im Keimen aber entwickelt sich der innerste Theil zur neuen Pflanze.

Dass die Hülle der Nuss den Aestchen entspreche, und

nicht den Rinden-*tubuli*, geht daraus hervor, dass darin, nach den meisten Beobachtern, der Umlauf des Safts noch sehr gut wahrgenommen werden kann, was bei den Rindenröhrchen nicht der Fall ist, und zweitens daraus, dass sie sich auch bei den *Nitellen* finden, wo diese fehlen.

Man findet sonach alle Theile des zu erzeugenden Asts in der Nuss wieder, und man darf sich, nach dieser Erklärung, nicht mehr über die Identität des jungen Sprossens aus dem Winkel eines untern Quirls, wo die Lebenskraft noch in ihrer vollen Stärke ist, mit der Nuss in dem Winkel des Bracteenquirils, wo die Verkümmernng schon durch ihre Kleinheit angezeigt ist, verwundern. Im ersten Falle kann der Ast sogleich hervorwachsen, im letzten Fall aber muss er sich erst in der Nuss concentriren.

Wenden wir uns jetzt wieder zu dem Wachsthum des Asts, oder des jungen Keims, was hier ganz dasselbe ist, da beide sich völlig auf dieselbe Weise entwickeln.

Man sollte, wenn man auf meine Figur, so wie auf die *d. e.* 23te und 24te Figur der Kaulfussischen Tafel blickt, vermuthen, dass der oben erwähnte *grüne Theil* des Sprossens eine Fortsetzung des Stamms sey, eben so, wie das untere Glied, *cd*, eine Fortsetzung des tiefer liegenden *bc* ist. Dieser Theil ist aber vielmehr eines von den acht Aestchen, die sich an dem Knoten ausbilden sollen, und die Fortsetzung des Stamms würde sich erst nach der Ausbildung des ganzen Quirls entwickelt haben. Darum sitzt er auch immer etwas schief auf der einen Seite, welches in Kaulfussens Figur nicht ganz deutlich zu sehen ist; darum ist er auch stets viergliederig, welches er nicht seyn könnte, wenn er ein Endfortsatz des Stamms wäre, da er in diesem Fall entweder nur ein Glied, oder eine unbestimmte Zahl von Gliedern enthalten müsste.

Die übrigen sieben Aestchen kommen allmählig hervor,

und zwar zuerst die den ältesten zu nächst und an der Seite sitzenden, zuletzt aber dasjenige, welches ihm gerade gegenüber steht. Während dieser Entwicklung aber bildet sich in ihrer Mitte die Knospe des Hauptstamms.

Hiebei scheint mir nun höchst bemerkenswerth, dass es nothwendig in jedem Quirl ein Aestchen geben muss, welches das erste, das erstgeborne, ist, und auf welchem sonach die Darstellung aller übrigen Theile des Gewächses beruht, insofern es nämlich das Rechts und Links, den Gegensatz zweier Seiten des Rohrs, allein bedingt. Aber das Bedeutsame dieser Beziehung wird noch um Vieles erhöht, wenn wir, was aus dem Folgenden klar werden wird, erkennen, dass diese Entwicklung selbst wieder von dem Strom des Safts in dem untern Glied abhängt.

Nach den oben aufgestellten Gesetzen lässt sich nämlich schon vor der Beobachtung behaupten, was diese auch wirklich ergibt, dass der aufsteigende Strom auf der äusseren Seite des jungen Sprossens seinen Anfang nehmen müsse. Wir wollen diese Seite in Bezug auf den Indifferenzstreif als die *linke* bezeichnen, obgleich sie durch die Spiraldrehungen des Theils bald nach innen, bald nach aussen gekehrt erscheint, und wir werden finden, dass der Strom nach demselben Gesetz auch in dem nächstfolgenden zweiten Glied auf eben dieser linken Seite des Indifferenzstreifs aufwärts steige, auf welcher nun auch das *Hauptästchen* entspringt.

Es folgt hieraus das Gesetz: *das Hauptästchen des ersten Quirls entspringt auf derselben Seite des Indifferenzstreifs, auf welcher sich der aufsteigende Strom des Stamms befindet.*

Da nun aber, wie wir bereits erkannt haben, *die Nuss nur ein verkümmerter Ast ist*, so muss auch in ihrer Entwicklung die ganze Stellung der Aestchen so wie die Strömung in dem jungen Stamm von der Stellung der Nuss auf der

Mutterpflanze abhängen, und damit löst sich jenes scheinbare Ungefähr, das ich in meiner ersten Abhandlung keiner Regel unterwerfen zu dürfen glaubte, — die Frage nämlich nach dem ersten Bestimmungsgrund der Richtung des Stroms für die werdende Pflanze, — in das Gesetz auf, *dass der Strom auf derjenigen Seite der Nuss, welche in Bezug auf die Mutterpflanze die äussere war, aufwärts gehen müsse*. Scheint es auch unmöglich, dieses je durch Beobachtungen zur Anschauung zu bringen, so ist es doch als ein wichtiger Schritt zum Ziel zu betrachten, wenn wir eingesehen haben, wie auch bei diesen einfachen Pflanzen Alles, selbst das, was uns als das Zufälligste erschien, nach ewigen Gesetzen erfolgt, und wie hier von der ersten geschaffnen Pflanze die Stellung und Form aller ihrer spätesten Abkömmlinge herzuleiten sey.

---

Wenn wir von diesen einfacheren Vegetabilien zu den höheren Pflanzen hinüber blicken und Vergleichen anstellen wagen, so dürfte sich eine grosse Uebereinstimmung in dem Keimen der Characeen mit dem der *Kryptokotyledoneen* Ag. \*) (der Monokotyledoneen der Autoren) nicht verkennen lassen. Zwar habe ich selbst diesen Vorgang noch nicht beobachtet, und die Nüsse meiner Charen, welche noch ruhig auf dem Boden des Tellerchens liegen, werden mir nicht vor dem künftigen Frühling ihr Geheimniss enthüllen; aber die Beobachtungen der Herren *Vaucher* und *Kaulfuss* sind so genau und mit solcher Sorgfalt angestellt, dass man wohl unbedenklich auf sie bauen kann. Und so scheint es denn,

---

\*) Man vergleiche die Abhandlung des Herrn Verfassers über den Begriff der Monokotyledonen in diesem Bande, S. 89 ff.

dass man die Nüsse der Charen sowohl nach dem Inbegriff aller ihrer Theile, als nach der Entwicklung beim Keimen, wo Stengelchen und Würzelchen auf einer Seite des Samens (oder der Nuss), in welchem der erste Vegetationsprocess wie in einem Ganglion verläuft, hervortreten und an demselben hängen bleiben, für eine dem Typus der Kryptokotyledonen fast ganz entsprechende Frucht erklären müsse, ja dass man, wenn das Keimen zu einem Eintheilungsgrund des Gewächsreichs erhoben werden dürfte, ohne dass dabei auf die ganze übrige Beschaffenheit der Gewächse Rücksicht zu nehmen wäre, die Charen ganz unbedenklich unter die wahren Kryptokotyledonen stellen könnte. Man lasse sich aber durch diesen einzigen, vom Keimen hergenommenen Beziehungspunct nicht so weit täuschen, dass man aus diesem Grunde die Charen von den Algen zu trennen und unter die Kryptokotyledonen zu versetzen gedächte; denn eine solche Form des Keimens, wobei der Keim während seiner Entwicklung mit einem Ende innerhalb der harten Samenschale verweilt, ist auch unter den Algen nicht ohne Beispiel. Die *Zygnemen* keimen ganz auf dieselbe Weise und ihre junge Brut bleibt lange mit der nussartigen Frucht in Verbindung; überhaupt aber zeigen die Algen in Hinsicht der Fruchtformen und des Keimens eine sehr grosse Verschiedenheit, wie sich schon daraus ergibt, dass z. B. die *Zygnemen* sich durch nussartige Früchte fortpflanzen, die *Mougeotien* aber (ehemals *Zygnema genuflexum* Ag.) aus der Mutterpflanze selbst hervorsprossen. Wir dürfen sonach die Characeen bloss um der Erscheinung ihres Keimens willen nicht von den Algen trennen, sondern es scheint weit angemessener, sie als eine zu den Kryptokotyledoneen übergehende Form der Conservoiden zu betrachten.

Man kann, wie ich schon an einem andern Orte \*) an-

gedeutet habe, den Kotyledonarzustand der Pflanzen als einen Larvenzustand betrachten. Die Pflanze lebt in diesem Zustande, gleich dem Thier, so lange es als Larve erscheint, eine kürzere oder längere Zeit hindurch unter einer fremden Form, in welcher ihre wahre Gestalt und Wesenheit noch nicht hervorleuchtet; endlich aber wirft sie diese fremden Blätter ab, und tritt in ihrer wahren Form an's Licht. Ein solcher Kotyledonarzustand findet nicht nur bei den *Phanerokotyledoneen*, sondern auch bei den *Pseudokotyledoneen* statt, scheint aber weder den wahren *Akotyledoneen* (den Anandren der Autoren), noch den *Kryptokotyledoneen* (den Monokotyledonen der Autoren) zuzukommen, bei welchen die junge Pflanze ihren Kotyledonarzustand in dem Samen selbst zu vollbringen, oder, was vielleicht der Wahrheit noch näher kommen dürfte, deren Frucht mehr Knospe als Same zu seyn scheint.

Nach dieser Ansicht wären die Pflanzen nicht, wie bisher, in die beiden Reihen der *Kryptogamen* und *Phanerogamen* zu theilen, sondern das Pflanzenreich würde vielmehr in die beiden Hauptgruppen der AKOTYLEDONEEN (im weitern, doch nicht im ältern Sinn des Worts), wohin die *Pilze*, die *Lichenen*, die *Algen* und die *Monokotyledonen* gehörten, und der KOTYLEDONEEN, welche aus den *Muscoideen*, den *Filicineen*, und den *Dikotyledonen* bestünden, zerfallen, wobei die Uebergänge weit natürlicher hervortreten, als bei der bisherigen Aufstellung, in welcher sich die Pflanzenketten ohne Noth aufs widersprechendste durchkreuzen.

---



## ERKLÄRUNG DER FIGUREN. Tab. X.

Fig. 1. *Chara vulgaris*.

- A* Ein Internodium, entblösst sowohl von den Rinden-Tubuli *B*, als von den Aestchen.
- a a* Der Indifferenzstreif; *b* die schwimmenden, mehrentheils eckigen Körner. — Die Membran ist mit grünem Pulver bekleidet. Man sieht die Richtung des Stroms.
- B* Die abgelösten Rinden-Tubuli, immer an ihren Enden keulenförmig verdickt.
- C d d* Die Rinden-Tubuli, nahe bei den Wurzeln abgelöst. Sie hängen nur locker zusammen. An ihrer Basis sind sie mit den Wurzeln vereinigt *ec*, die von derselben Structur sind, nur dass sie ungefarbt und frei im Wasser schwimmen.
- D* Eine grössere Wurzel, die nur die Fortsetzung des Stammes ist.
- E* Die Körnerreihen an der inneren Wand des Haupt-Tubus, noch mehr vergrössert.

Fig. 2. *Chara Hedvigii* Ag.

- A* Ein abgeschnittnes Internodium, woraus der Saft fliesst *bb*. Man sieht getrennte Portionen desselben schwimmen, die sich, durch das Wasser isolirt, nicht mehr mit dem Hauptstrom vereinigen können *cc*.
- B* Die abgelösten Rinden-Tubuli, an welchen man die hier selten vorkommende Gliederung *e* und die Intercellulargängen ähnlichen Streifen sieht.

Fig. 3. *Nitella opaca* Ag.

- A* Man sieht die Strömung in dem Haupt-Tubus aufwärts auf der rechten, rückwärts auf der linken Seite gehen, — in den Knoten *bb* die Ströme sich kreuzen, — in den Aestchen auf der äusseren Seite hinauf-, auf der dem Stamme zugekehrten Seite herabsteigen: *a a* der Indifferenzstreif; *d* die schwimmenden Kugeln.
- B* Ein gespaltener Ast: man sieht, wie der helle Indifferenzstreif sich in derselben Richtung spaltet, und wie der Strom aufwärts geht auf der Seite, wo der grössere Ast sitzt, und rückwärts da, wo der kleinere entspringt.
- C* Ein abgeschnittnes Internodium mit seinem hervorquellenden Inhalt, dem in Tropfen sich trennenden Saft *c*; *d* die grossen soliden Kugeln; *e* die birnförmigen Körper.
- D* Ein Durchschnitt des Knotens:
- a* Die Indifferenzschichte;
- b* Die Richtung der Ströme im obern und untern Internodium;
- c* Die Richtungen der Ströme in den Knoten der Aestchen.

Fig. 4. Globuli der *Chara firma* Ag.

A Wenig vergrößert;

B Der Kern, sehr vergrößert;

C Die Becher mit den anhängenden Oscillatorien ähnlichen Fäden.

Fig. 5. Inhalt der Globuli der *Chara vulgaris*:

D Die Becher mit ihren Fäden;

E F Die Fäden, noch mehr vergrößert.

Fig. 6. *abh* Ein abgebrochnes sprossendes Stück der *Chara Hedwigii* var. *tenuior*.  
(*Chara pulchella* Wallr.)

*ab* Das unterste abgeschnittne Glied, in welchem die Bewegung aufgehört hat;

*bcde* Eine Sprosse, die sich immer mit sieben Gliedern entwickelt;

*bd* Der blasse Theil, aus 2 Gliedern bestehend;

*bc* Das unterste Glied, worin der Strom nothwendig auf der äusseren Seite aufwärts geht;

*c* Der unterste Knoten, welcher von den immer verdickten Enden der beiden untern Glieder, die sich schief an einander anlegen, gebildet wird;

*cd* Das zweite Glied, länger als das untere, in welchem der Strom, in Hinsicht des Indifferenzstreifs, auf derselben Seite, wie in dem untern *bc*, aufwärts geht;

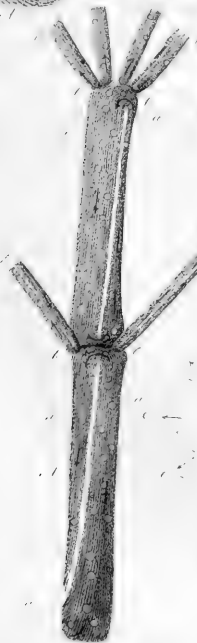
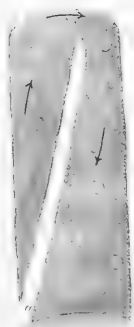
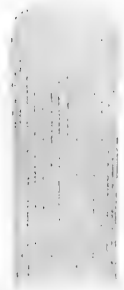
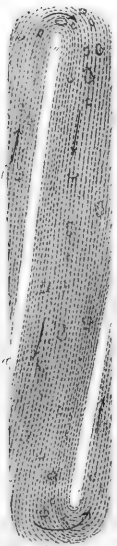
*de* Der hochgrüne Theil der Sprosse, der aus 4 Gliedern besteht, und immer etwas schief auf derjenigen Seite sitzt, auf welcher der Strom in dem untern blassen Gliede aufsteigt. Er entwickelt sich nicht in mehrere Glieder, und kann sich nicht als Stamm fortsetzen, sondern ist nur das zuerst entsprungene Aestchen des Quirls.

*dfgf* Die sich nachher entwickelnden Aestchen des Quirls, wobei zu merken, dass der sich künftig weiter bildende Stamm noch nicht zum Vorschein gekommen ist, sondern erst später in der Mitte des Quirls allmählig hervortreten wird.

---

*del. G. G. G.*

A.



*del. G. G. G.*

*del. G. G. G.*



---

# OBSERVATIONS

SUR

LA CIRCULATION DES FLUIDES

CHEZ

LE CHARA FRAGILIS *DESVAUX*,

PAR M. DUTROCHET,

Lues à l'Académie des sciences, le 4 décembre 1837 (1).

---

## § I.

Exposé historique.

La découverte de la circulation qui existe dans les *Chara* est déjà ancienne; elle appartient, comme on le sait, à Corti,

---

(1) Ce mémoire a été publié pour la première fois en 1838 dans les *Annales des sciences naturelles*, 2<sup>e</sup> série, t. IX. Dans cette seconde publication il se trouve modifié dans sa rédaction et augmenté de nouvelles observations.

et remonte à l'année 1774 (1). Ce physicien fit sur les Chara beaucoup d'observations et d'expériences. A peine cette découverte eut-elle été annoncée, qu'un autre observateur italien, Fontana (2), s'empressa de répéter les observations de Corti. Ce dernier publia, peu de temps après, de nouvelles observations sur une circulation analogue à celle des Chara, et qu'il avait observée dans une plante aquatique qu'il ne désigna que d'une manière imparfaite (3), et que l'on a reconnue depuis pour être le *Caulinia fragilis*.

Dans son premier ouvrage, Corti ne s'était pas borné à faire des recherches sur la circulation des fluides chez les Chara; il avait recherché et trouvé une circulation analogue à celle que présentent ces dernières plantes, chez trente autres plantes tant aquatiques que terrestres qu'il ne désigne que fort imparfaitement, ou seulement par leurs noms italiens vulgaires; parmi elles, j'ai pu reconnaître la Courge (*Cucurbita Pepo*), le Concombre (*Cucumis sativus*), la Mercuriale (*Mercurialis annua*), la Consoude (*Symphytum officinale*), le Radis (*Raphanus sativus*), la Tomate (*Solanum Lycopersicum*), le Froment (*Triticum hybernum*) et l'Épeautre (*Triticum Spelta*).

Ces curieuses observations furent négligées par les naturalistes jusqu'en 1807, époque à laquelle Tréviranus observa

(1) Osservazioni microscopiche sulla tremella e sulla circolazione del fluido in una pianta aquajola.

(2) Lettre à M. \*\*\* , publiée en français dans le *Journal de physique* , en 1776 , tome VII , p. 285.

(3) Lettre au comte Paradisi , publiée en français dans le *Journal de physique* , en 1776 , tome VIII.

de nouveau la circulation qui a lieu chez le *Chara flexilis* (1), mais il n'ajouta rien à ce qu'avaient dit à ce sujet Corti et Fontana, dont il ignorait les observations. En 1818, M. Amici publia ses observations sur la circulation chez le *Chara vulgaris* (2), et je dois dire ici que ses recherches à cet égard, qui seront exposées plus bas, ne laissent rien à désirer quant à leur exactitude. Plus tard, M. Amici étendit ses recherches au *Caulinia fragilis* (3) qui avait été étudié par Corti dont il confirma les observations; il étudia aussi la circulation chez le *Chara flexilis*. Dans ces derniers temps, de nouvelles recherches ont été faites chez d'autres plantes sur ce même phénomène de circulation végétale par divers observateurs. Je citerai ici particulièrement les observations de Slack (4) sur la circulation des fluides chez le *Nitella flexilis* (*Chara flexilis* L.) et l'*Hydrocharis Morsus-ranae*; les observations de Pouchet (5) sur les globules circulatoires du *Zannichellia palustris*; celles enfin de Meyen (6) sur la circulation du suc cellulaire dans les plantes. Ce dernier a vu cette circulation

(1) Beytrage zur Pflanzenphysiologie, s. 91.

(2) Memorie della societa italiana delle scienze residente in Modena, tomo XVIII, p. 182. La traduction française de ce travail se trouve dans les *Annales de chimie et de physique*, tome XIII.

(3) Observations microscopiques sur diverses espèces de plantes dans les *Annales des sciences naturelles*, 1824, tome II, page 41.

(4) Transactions of the society of arts, manufactures, commerce, etc., vol. 49. La traduction française de ce travail se trouve dans les *Annales des sciences naturelles*, 2<sup>e</sup> série, tome I, p. 193 et 271.

(5) *Annales des sciences naturelles*, 2<sup>e</sup> série, tome III, page 39.

(6) *Annales des sciences naturelles*, 2<sup>e</sup> série, tome IV, p. 257.

chez le *Fallisneria*, le *Stratiotes* et le *Potamogeton*. Il l'a vue également dans les poils radicaux de l'*Impatiens Balsamina*, du *Vicia Faba*, de l'*Ipomœa cœrulea*, du *Cucurbita Pepo*, du *Cucumis sativus*, du *Veronica Crista galli* et du *Ranunculus sceleratus*. Bien du temps auparavant, R. Brown avait découvert cette même circulation dans les poils staminaux des *Tradescantia*.

MM. Purkinje et Valentin, dans leur beau travail sur le mouvement vibratoire qui existe dans les cils que portent certaines membranes muqueuses des animaux (1), ont jeté un coup d'œil sur le mouvement circulatoire qui a lieu chez les *Chara*, moins pour l'étudier que pour tenter de l'expliquer par l'hypothèse de l'existence de ce même mouvement vibratoire de cils. Mais l'observation n'a point confirmé leurs soupçons à cet égard; ils n'ont pu parvenir à voir des cils vibrants chez les *Chara*, ni chez les autres végétaux dans lesquels il existe une circulation cellulaire.

Toutes les circulations dont il vient d'être question sont bien différentes de celle qui a été découverte par Schultz chez les végétaux, et qui meut leur *latex*. Dans cette dernière circulation, à laquelle Schultz donne le nom de *cyclose*, le liquide se meut dans des vaisseaux anastomosés les uns avec les autres, et de telle sorte qu'il accomplit un circuit en revenant dans celui de ces vaisseaux que l'on aura pris pour point de départ dans l'observation. Dans la circulation qui

(1) De phænomeno generali et fundamentali motus vibratorii continui in membranis, tum externis tum internis, animalium plurimorum, § 3 et 112.



s'observe chez les Chara et chez les autres plantes dont il vient d'être question, le mouvement rotatoire du liquide s'accomplit dans une cavité close, tube ou cellule, marchant le long des parois de cette cavité jusqu'à ce qu'il soit revenu au point que l'observateur a pris pour point de départ.

## § II.

### Organisation du *Chara fragilis*.

Tous les Chara offrent des tiges grêles dont les mérithalles tubuleux sont remplis dans leur cavité centrale par un liquide mêlé de globules. La cavité centrale et tubuleuse de chaque mérithalle est séparée par une cloison à l'endroit des nœuds des cavités pareilles que possèdent les deux mérithalles voisins. Autour de chaque nœud sont disposées en verticille huit feuilles linéaires que les botanistes considèrent comme des rameaux, parce qu'elles portent les organes de la fructification. Ces feuilles offrent, comme les mérithalles, une cavité tubuleuse centrale remplie par un liquide mêlé de globules. Les racines des Chara sont extrêmement déliées. Leur centre est également occupé par une cavité tubuleuse qui contient un liquide mêlé de globules. Cette cavité tubuleuse, dans chaque racine ou radicelle, ne s'étend que du lieu de la naissance de celles-ci à leur terminaison, ou bien au lieu où elles produisent par ramification d'autres racines ou radicelles. La figure 1 représente amplifiées une tige et des racines de *Chara fragilis*. *a g* mérithalle; *b b b b* feuilles verticillées; *c* racine simple; *d* racine ramifiée à son extré-

mité renflée *i* de laquelle partent les radicules *ff*. Le méritalle n'offre pas ou offre à peine un millimètre de diamètre. Observé au microscope, on le voit composé en dehors de *tubes fibreux* placés bout à bout, et dont l'ensemble décrit des spirales parallèles, ce qui indique que le méritalle est tordu sur lui-même; lorsque ce dernier devient fort allongé, ces spirales parallèles se redressent beaucoup, en sorte qu'elles deviennent dirigées presque suivant la longueur du méritalle. On voit, de distance en distance sur ce dernier, de petites protubérances globuleuses *pp*. Ce sont les rudiments des spinules qui offrent un bien plus grand développement chez le *Chara hispida*. Au-dessous du nœud terminal de chaque méritalle, il y a deux rangées circulaires de ces rudiments de spinules *mm*. Dans les angles de jonction latérale des *tubes fibreux* se trouve un tissu cellulaire vert; la cavité de chacun de ces *tubes fibreux* placés bout à bout n'est point en communication avec la cavité du *tube fibreux* inférieur, ni avec celle du *tube fibreux* supérieur, ainsi qu'on le verra plus bas. Ces *tubes fibreux* observés sur la coupe transversale de la tige sont ordinairement au nombre de dix-huit, ainsi qu'on le voit dans la figure 2. Cette partie extérieure de la tige, composée de *tubes fibreux* et de tissu cellulaire vert, forme ce que je nomme le *tube externe*. On peut l'enlever entièrement en le grattant doucement avec un instrument tranchant. On met alors à découvert un second corps tubuleux que je désignerai sous le nom de *tube interne*. Ce second tube, auquel le *tube externe* était adhérent, est formé par une membrane très-mince et très-diaphane; sur ses parois intérieures sont appliqués, avec une faible adhérence, d'innombrables globules elliptiques verts qui sont autant de

petites cellules placées bout à bout en séries rectilignes; ces séries sont disposées obliquement et en spirale en raison de la torsion de la tige sur elle-même, ainsi que cela est représenté par la figure 3. On reconnaît à ce tube membraneux une très-petite épaisseur sur la coupe transversale de la tige, ainsi qu'on le voit en *b* (fig. 2); les globules verts sériés représentent un cercle *c* sur cette même coupe transversale, ainsi que l'a très-bien vu M. Amici. Je considère ces globules sériés comme les cellules les plus extérieures de la moelle dont la partie centrale manque tout à fait, ainsi que cela a lieu dans les tiges fistuleuses de certaines plantes qui vivent dans l'air. Chez les Chara, qui sont des plantes submergées, la tige fistuleuse est remplie d'eau, ou plutôt d'un liquide organique aqueux dans lequel flottent d'innombrables globules, ou petites cellules, tantôt libres, tantôt dans l'état d'association, et que je regarde comme les cellules du centre de la moelle qui ont été désagrégées, et cela dès les premiers temps du développement de chaque mérithalle. C'est la présence de ces globules flottants dans le liquide qui remplit la cavité du tube interne de chaque mérithalle de la tige des Chara, qui sert à faire apercevoir la singulière circulation à laquelle ce liquide est soumis; circulation que M. Amici a parfaitement décrite.

### § III.

Mécanisme de la circulation chez le Chara.

La circulation qui a lieu dans la cavité du tube interne de

la tige, ou plutôt de chacun des mérithalles dont se compose la tige des *Chara*, n'est pas la seule qui se présente à l'observation chez ces plantes. On voit également une circulation dans plusieurs des *tubes fibreux* qui entrent dans la composition de leur tube externe. Chez le *Chara fragilis*, je n'ai observé cette dernière circulation que dans ceux des *tubes fibreux* qui correspondent, par leur base et par leur sommet, à une spinule rudimentaire, ainsi que cela a lieu, par exemple, pour les tubes *ooo* (fig. 1); les autres *tubes fibreux* ont aussi très-probablement leur circulation, mais on ne l'aperçoit point, et cela parce qu'ils ne contiennent point, comme les tubes *ooo*, de globules flottants qui seuls peuvent faire apercevoir cette circulation lorsqu'elle existe. Les feuilles des *Chara* sont composées d'articles, et chaque article qui est tubuleux contient, dans sa cavité, un liquide mêlé de globules qui servent à faire apercevoir la circulation qui a lieu dans chacun de ces articles. Enfin les racines et les radicules des *Chara* sont tubuleuses, et ont des cavités distinctes dans lesquelles on voit circuler un liquide diaphane qui tient des globules en suspension. Tous ces faits ont été vus et décrits par M. Amici.

La tige du *Chara fragilis* est assez transparente pendant l'été; elle devient opaque pendant l'automne, par le dépôt du carbonate de chaux sur sa surface. Malgré cette transparence de la tige du *Chara fragilis*, on ne peut bien observer la circulation qui a lieu dans son tube interne, qu'en enlevant son tube externe, au moins dans une petite étendue, et sur tout le pourtour de la tige. Sans cela, on confondrait la circulation qui a lieu dans le tube interne avec celle qui a lieu dans plusieurs des *tubes fibreux*.

Lorsque le tube externe est enlevé, on voit, sans aucune difficulté, la manière dont s'opère la circulation dans le tube interne. Les globules, suspendus dans le liquide que contient ce tube, suivent avec une parfaite régularité les rangées longitudinales et parallèles des globules verts qui sont situés sur les parois intérieures de ce tube. Ces rangées, ou séries de globules verts, sont disposées en spirale, en raison de la torsion du mérithalle sur lui-même. Les globules circulants suivent cette direction en spirale. Si les séries de globules verts offrent accidentellement des sinuosités, les globules circulants suivent ces sinuosités; si les séries de globules verts offrent accidentellement une assez longue interruption de continuité, les globules circulants s'arrêtent dans cet endroit, s'y accumulent; puis, poussés par ceux qui les suivent, ils franchissent lentement l'espace dépourvu de globules sériés; arrivés à l'endroit où finit cette solution de continuité des globules sériés, les globules circulants reprennent leur mouvement de progression rapide. M. Amici a déjà annoncé ces faits et je les ai vérifiés. Nous sommes ici censés suivre le mouvement du liquide dans sa progression ascendante, c'est-à-dire, de la base du mérithalle vers son sommet. Cette progression ascendante du liquide s'opère exclusivement dans l'une des moitiés latérales du tube interne, et selon la direction plus ou moins spiralée des séries de globules verts qui tapissent l'intérieur de cette moitié latérale du tube. Arrivé auprès du nœud supérieur où se termine la cavité tubuleuse du mérithalle, le liquide se réfléchit et prend une progression descendante en suivant encore la direction plus ou moins spiralée des séries de globules verts qui tapissent intérieurement l'autre moitié latérale du tube interne. Arrivé au nœud

inférieur où se termine encore la cavité tubuleuse du méridienne, le liquide circulant se réfléchit de nouveau et reprend la route ascendante qu'il avait suivie précédemment. Ainsi le liquide circulant, dans sa progression ascendante, suit la direction spiralée des séries de globules verts dans une des moitiés latérales de la cavité du tube interne, et, dans sa progression descendante, il suit de même la direction spiralée des séries de globules verts dans l'autre moitié latérale de cette même cavité tubuleuse, décrivant ainsi une double hélice.

La constance et la régularité avec laquelle le liquide circulant et les globules qu'il charrie suivent la direction des séries de globules verts, doivent porter à admettre, avec M. Amici, que ces globules verts sériés qui tapissent l'intérieur du tube interne, sont les sources de l'action invisible qui imprime le mouvement de progression au liquide qui est contenu dans ce tube interne. Or, comme il y a deux mouvements opposés dans ce liquide, il en résulte que les séries de globules verts ont une action inverse dans les deux moitiés latérales du tube interne; aussi ces deux moitiés sont-elles assez nettement séparées l'une de l'autre et de chaque côté par un espace transparent dépourvu de séries de globules verts, comme on le voit en *a a*. (fig. 3); dans la moitié latérale et spiralée *b*, le liquide circulant est ascendant, et dans l'autre moitié *c* ce même liquide est descendant. Dans la bande spiralée et transparente *aa*, il n'existe aucun mouvement de liquide; je nommerai, avec Slack, cette ligne spiralée transparente, *ligne de repos*. Fontana a annoncé le premier, et M. Amici a constaté depuis, que les deux courants opposés que sépare la *ligne de repos* sont en *contact absolu*,

qu'ils n'en sont séparés par aucune cloison. M. Amici donne à cet égard des preuves tellement positives, que l'on a peine à concevoir que cela ait pu faire l'objet d'un doute. Ainsi il a vu que quelques-uns des globules contenus dans le liquide circulant étant accidentellement réunis en une grosse masse globuleuse qui occupait une grande partie du diamètre de la cavité tubulense centrale dans laquelle s'opérait le mouvement circulatoire, il a vu, dis-je, que cette grosse masse globuleuse tantôt montait, tantôt descendait, suivant qu'elle s'approchait accidentellement de l'une ou de l'autre moitié latérale du tube interne dans lesquelles le mouvement du liquide circulant était réciproquement inverse. J'ai fait plusieurs observations analogues, et elles prouvent bien que les deux courants opposés ne sont séparés par aucune cloison. Voici une autre observation qui m'est propre et qui confirme cette assertion, en même temps qu'elle achève de prouver que le liquide circulant se meut sous l'empire d'une force qui émane des globules verts sériés. J'ai dit plus haut que lorsqu'il existait une assez longue solution de continuité dans les séries de globules verts, le liquide circulant tendait à s'arrêter dans cet espace dépourvu de globules verts sériés. Or, j'ai observé une fois que près de la *ligne de repos a a* (fig. 4), il existait dans les séries de globules verts une solution de continuité ou interruption assez longue *b*. Dans cet endroit, le liquide circulant et les globules qu'il charriait en venant de *c* arrivés dans l'espace *b* dépourvu de globules verts sériés, au lieu de continuer leur marche vers *d*, ainsi que cela aurait eu lieu sans l'existence de la solution de continuité des globules verts sériés en *b*, se réfléchissaient suivant la direction *i o*, et retombaient ainsi dans le courant descendant et opposé *m*, ce qui prouve avec la

plus grande évidence qu'il n'y a point de cloison séparatrice entre les deux courants opposés. Dans cette même observation, je voyais le courant ascendant, continuer sa route en *nn*, là où les globules verts sériés n'offraient point d'interruption de continuité. Ce sont donc indubitablement les séries de globules verts qui impriment le mouvement au liquide circulant et aux globules inertes qu'il charrie; puisque ce mouvement s'interrompt là où les séries de globules verts s'interrompent, et puisqu'il n'y a point de mouvement aux *lignes de repos*, lesquelles sont dépourvues de globules verts sériés. J'ajouterai à cela que j'ai constamment observé que lorsque les globules verts, quoique non interrompus, cessent accidentellement d'être disposés en séries régulières, et qu'ainsi leur disposition est confuse, le liquide circulant cesse de se mouvoir dans cet endroit, et il se réfléchit vers le courant opposé, de la même manière que cela aurait lieu s'il y avait là une interruption de continuité. Il résulte de cette observation que la disposition régulièrement sériée des globules verts est une condition indispensable pour qu'ils impriment le mouvement de progression au liquide qui les touche; cela permet de supposer que les globules verts ont des pôles, et que ces pôles ont besoin d'être dans un rapport déterminé pour le développement de la force qui imprime au liquide circulant son mouvement de progression; aussi M. Amici a-t-il été porté à considérer les séries de globules verts comme autant de piles voltaïques qui agiraient sur le liquide qui les touche par l'électricité qu'elles produisent. Nous verrons plus bas ce que l'on doit penser de cette hypothèse; toujours résulte-t-il des faits exposés ci-dessus que les globules sériés impriment le mouvement de progression au liquide qui les



touche en vertu d'une action invisible et qui s'exerce à petite distance dans un sens déterminé; or, comme ce sens du mouvement de progression du liquide est inverse dans les deux moitiés latérales du tube interne, il en résulte que, dans ces deux moitiés latérales, les globules verts sériés, agents de l'action motrice, sont disposés en sens inverse relativement à leur faculté de produire cette même action motrice.

L'action motrice qui émane des globules verts sériés ment la totalité du liquide contenu dans la cavité du tube interne que tapissent ces globules. Or, comme cette cavité tubuleuse possède environ  $\frac{2}{5}$  de millimètre de diamètre, il en résulte que l'action motrice s'étend, de part et d'autre, à  $\frac{2}{5}$  de millimètre de distance des globules verts sériés desquels elle émane. Or, j'ai mesuré l'épaisseur du tube interne que ces globules tapissent intérieurement, et j'ai trouvé que cette épaisseur est à peine de  $\frac{1}{100}$  de millimètre. L'action motrice des globules verts sériés devrait donc s'exercer au dehors de ce tube interne, à la même distance qu'elle s'exerce dans son intérieur. C'est ce qu'il m'a paru important d'expérimenter. Ayant dépouillé un mérithalle de Chara de son tube externe, et l'ayant réduit ainsi à son tube interne dans lequel on voyait sans difficulté la circulation, je l'ai placé dans la concavité allongée d'un porte-objet de verre, et je l'ai couvert d'eau, à laquelle j'ai ajouté le liquide circulant rempli de globules flottants que j'ai extrait de plusieurs mérithalles de Chara. Mon mérithalle en expérience était ainsi environné de globules flottants semblables à ceux qui circulaient dans son intérieur: or, ces globules flottants extérieurs ne manifestèrent aucun mouvement, ce qui me prouva que, malgré l'extrême petitesse de la distance qui les

séparait des globules verts sériés, placés en dedans du tube interne, ils n'en recevaient aucune influence motrice. On peut conclure de là ou que la membrane diaphane, qui constitue ce tube interne, n'est pas perméable pour l'influence motrice invisible qui émane des globules verts sériés, ou que ces derniers ne peuvent imprimer de mouvement qu'au liquide qu'ils touchent immédiatement. J'ai expérimenté, en outre, que deux mérithalles de Chara, dépouillés de leur tube externe, étant placés l'un à côté de l'autre et mis en contact immédiat, leurs circulations respectives n'éprouvent aucune influence de ce rapprochement, soit que les côtés en contact offrent la circulation en sens inverse, soit que cette circulation s'effectue dans le même sens. Ainsi il est certain qu'il ne se transmet rien au dehors de l'influence invisible qui meut à l'intérieur le liquide circulant des Chara.

J'ai observé que chez les vieux mérithalles du *Chara fragilis*, il n'y a point de circulation, et j'ai vu, en même temps, que chez eux les globules verts qui tapissent intérieurement le tube interne ont perdu leur disposition sériée régulière; les séries de ces globules verts y sont souvent interrompues; souvent aussi ces mêmes globules verts sont devenus confusément épars; quelquefois même ils ont presque entièrement disparu. Ces globules verts sériés ne sont, en effet, que très-faiblement adhérents au tube interne qu'ils tapissent intérieurement; il paraît que, par le progrès de l'âge, ils perdent cette faible adhérence, et qu'alors ils se détachent, soit en totalité, soit par parties, et qu'ils deviennent flottants dans le liquide central. Alors, ce liquide perd son mouvement circulatoire, qu'il ne devait qu'à l'association en séries régulières des globules verts. Lorsqu'on enlève le tube externe d'un

mérithalle de Chara, en le grattant avec un instrument tranchant, il arrive très-souvent que cette action mécanique, lorsqu'elle est trop forte, détache les globules verts sériés de la paroi intérieure du tube interne qui se trouve mis à nu par cette opération. Alors on voit la circulation se rétablir, après une suspension temporaire, dans les parties où les globules verts ont conservé leur disposition sériée, et ne point se rétablir dans les parties où les séries de globules verts ont été détachées. J'ai observé, dans une de ces circonstances, un fait très-remarquable. L'opération au moyen de laquelle j'avais enlevé le tube externe d'un mérithalle de Chara avait détaché plusieurs des séries de globules verts dans le voisinage de la *ligne de repos*  $r, r$  (fig. 6, ), et dans la partie qui correspondait au courant descendant  $a$ . La partie correspondante au courant ascendant  $b$  avait conservé l'intégrité de ses séries de globules verts. L'une des séries de globules verts  $cd$ , appartenant au côté descendant  $a$ , complètement détachée de ce côté, s'était accidentellement placée dans le milieu de la *ligne de repos*  $r, r$ , et elle s'était roulée en spirale, comme on le voit dans la figure. Or, après quelques minutes, je vis cette série de globules verts quitter la disposition en spirale et se redresser spontanément, et cela demeurant toujours placée dans le milieu de la *ligne de repos*  $r, r$ , comme on le voit dans la fig. 7. Je vis alors un globule flottant  $i$ , appartenant au liquide circulant et égaré de son chemin, s'approcher de l'extrémité  $c$  de cette série redressée de globules verts, et prendre, en la suivant, un mouvement de progression jusqu'à son autre extrémité  $d$ , où ce globule s'arrêta. Ici, je vis manifestement que ce globule égaré se mouvait sous l'influence d'une action motrice dont la série de globules verts était la

source, puisque ce globule suivit la direction de cette série, située cependant dans la *ligne de repos*, et qu'il ne dépassa pas son extrémité. Bientôt un autre phénomène se manifesta. J'ai dit que cette série de globules verts *cd* (fig. 7) appartenait au côté *a*, qui était le côté affecté au mouvement descendant du liquide circulant; cette série de globules verts, détachée de sa place naturelle et placée dans le milieu de la *ligne de repos*, était donc dans une position renversée, puisqu'elle avait opéré sous mes yeux la progression ascendante du globule flottant *i* de *c* en *d*. Or, je vis bientôt cette série de globules verts, déplacée et accidentellement renversée, tendre à reprendre spontanément sa direction primitive et naturelle. L'extrémité *c* de cette série de globules verts se recourba vers le haut, comme on le voit en *oc* (fig. 8), et s'avança lentement, selon la direction ascendante de la petite flèche qui se trouve placée en avant; cependant, l'autre partie *do* descendait selon la direction de la petite flèche qui est à côté d'elle, et, de la sorte, la série entière des globules verts se trouva avoir changé de place, bout pour bout, comme on le voit en *dc* (fig. 9), et elle s'appliqua contre la plus extérieure des séries de globules verts, du côté descendant *a* auquel elle appartenait primitivement. On notera que ce mouvement de retournement s'est opéré dans un sens diamétralement opposé à celui du courant descendant *a*, dans le voisinage duquel il a eu lieu, et que, par conséquent, on ne peut attribuer ce phénomène de retournement à une impulsion du liquide circulant; ce phénomène dépend donc d'une action spontanée. Ainsi, nous voyons s'exécuter successivement les phénomènes suivants : 1° une des séries de globules verts du Chara étant détachée de la paroi intérieure du tube interne

par une action mécanique exercée sur ce tube et portée, par hasard, dans le milieu de la *ligne de repos*, elle s'y roule d'abord spontanément en spirale; 2° ensuite elle reprend spontanément sa rectitude première; 3° se trouvant accidentellement renversée du haut en bas, elle se recourbe sur elle-même par un mouvement spontané, et se retourne de bas en haut, pour finir par se placer, côte à côte, avec la série de globules verts la plus extérieure du côté auquel elle appartenait primitivement. Cette succession d'actions spontanées est fort surprenante, car on ne connaît point d'actions physiques qui soient capables de les produire. Ce sont cependant là, bien certainement, des phénomènes physiques; mais ils sont d'un ordre inconnu et font partie de ceux que nous désignons sous la dénomination mystérieuse de *phénomènes vitaux*. Ces phénomènes ont ici leur siège dans les petits corps verts que, pour abrégér, j'ai désignés sous le nom de *globules*, et qui sont, dans le fait, des cellules fort petites et longitudinalement sériées, comme le sont toujours les cellules de la moelle à laquelle elles paraissent ici appartenir, étant tout ce qui reste de cette masse cellulaire centrale chez les Chara. Ce sont véritablement des cellules à l'*état naissant*, et elles jouissent, à cette époque, de propriétés particulières, de *propriétés vitales et motrices* que ne possèdent point les cellules dont le développement est plus avancé. J'ai fait voir, dans un autre travail (1), que le *tissu fibreux* des végétaux est dans le même cas : il possède à l'*état naissant* des pro-

---

(1) Voyez dans mon *Mémoire sur le sommeil et le réveil des plantes*, t. 1 de la collection de mes Mémoires, page 503.

*priétés vitales et motrices* toutes spéciales, et que ne possède point ce même tissu fibreux lorsqu'il est plus âgé ou plus développé. Ces *propriétés vitales et motrices* que possèdent les organes élémentaires des végétaux, lorsqu'ils sont à l'*état naissant*, établissent un rapprochement très-remarquable entre les végétaux et les animaux sous le point de vue de la faculté commune qu'ont les organes élémentaires végétaux à l'*état naissant*, et les organes moteurs élémentaires des animaux à l'*état normal de développement*, d'exécuter les mouvements spontanés que l'on désigne généralement sous le nom de mouvements d'*irritabilité*. En perdant, par le développement ultérieur, leur *état naissant*, les organes élémentaires végétaux perdent leurs *propriétés vitales et motrices*. Or, M. Payen (1) a découvert ce fait curieux et fort important que, chez les végétaux, tout *organe naissant* renferme beaucoup de matière azotée, et qu'à mesure que l'organe se développe, la matière azotée diminue relativement à la matière non azotée, qui devient, peu à peu, tout à fait prédominante. Ainsi, l'existence, chez les végétaux, des *propriétés vitales motrices*, paraît liée à l'existence d'une grande quantité d'azote dans leurs *organes naissants*, ce qui rapproche ainsi ces organes de ceux des animaux sous le point de vue de la composition chimique. Or, les Chara contiennent beaucoup

---

(1) *Mémoire sur la composition chimique générale des divers organes des végétaux phanérogames*. Voyez le rapport fait par M. Dumas, conjointement avec M. Turpin et moi, sur ce mémoire, rapport publié dans le premier semestre (1838) des *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences*, page 131.

d'azote (1), et cela coïncide avec les observations qui seront exposées plus bas, et qui font voir que les Chara présentent à peu près les mêmes phénomènes que les animaux sous l'influence des agents extérieurs. Cette digression m'a un peu éloigné de l'étude de la circulation du Chara; je m'empresse d'y revenir.

M. Amici a surabondamment prouvé, par les expériences suivantes, que les deux courants opposés dont se compose la circulation du Chara sont en contact absolu ou ne sont point séparés par des cloisons. Il a divisé un méridien en plusieurs compartiments par une ou par plusieurs ligatures, et il a vu qu'il s'établissait alors autant de circulations distinctes qu'il y avait de compartiments séparés; or, cela n'aurait pas lieu si les deux courants étaient séparés par des cloisons. J'ai vérifié l'exactitude de ces expériences de M. Amici. J'ai divisé un

---

(1) L'existence d'une grande quantité d'azote chez le *Chara fragilis* a été constatée par M. Payen au moyen des expériences suivantes, qu'il a entreprises à ma demande :

« Le Chara, desséché dans le vide, à plus de 50 degrés centésimaux, fut calciné dans un tube. Les vapeurs dégagées, mises en contact avec la teinture rouge de tournesol, la firent immédiatement virer au bleu, qui persista jusqu'à la fin de l'opération : elles contenaient donc une certaine quantité d'ammoniaque en excès sur la proportion équivalente aux acides carbonique et acétique, que la calcination avait aussi développés, ainsi que nous l'avons ultérieurement reconnu. La présence de l'ammoniaque fut encore constatée par l'acide chlorhydrique, qui produisit, en s'y combinant, un précipité blanc dans l'air atmosphérique. Le produit liquide de la condensation des vapeurs ammoniacales offrait d'ailleurs des gouttelettes de cette huile brune, à odeur forte et fétide, qui caractérise les produits volatils de la distillation des débris animaux et de différentes matières azotées. »

mérithalle de Chara en deux compartiments par une ligature médiane, et j'ai obtenu deux circulations distinctes; j'ai ensuite divisé chacun de ces deux compartiments en deux par deux autres ligatures pratiquées dans leur milieu; j'ai obtenu ainsi quatre circulations distinctes. J'ai coupé en deux ce mérithalle en sacrifiant l'un des quatre compartiments, et les parties séparées ont continué à offrir leurs circulations bornées par les ligatures. Enfin, j'ai encore divisé en deux par une ligature l'un des quarts de mérithalle dans lesquels j'avais obtenu une circulation séparée, et j'ai obtenu ainsi deux huitièmes de mérithalle qui possédaient chacun sa circulation distincte. Je ferai observer que le mérithalle soumis à cette série d'expériences était entièrement dépouillé de son tube externe et réduit ainsi à son tube interne transparent, en sorte que j'observais, avec beaucoup de facilité et sans crainte d'erreur, la circulation qui avait lieu dans l'intérieur de ses compartiments séparés par les ligatures.

Il ne m'a pas paru inutile d'observer si la position dans laquelle se trouve placée une tige de Chara, ou simplement un de ses mérithalles, exerçait de l'influence sur la direction des deux courants opposés dont se compose sa circulation. J'ai vu qu'en renversant le mérithalle du haut en bas, cette circulation n'éprouve aucun changement dans sa direction. Le microscope était alors dirigé horizontalement sur la tige placée verticalement. En un mot, j'ai vu que, quelle que soit la position de la tige, le mouvement circulatoire reste toujours le même; il suit toujours les mêmes voies et dans la même direction. Ainsi j'ai expérimenté, comme M. Amici, qu'en reployant sur lui-même un mérithalle de Chara, de manière à ce que le pli situé dans le milieu de sa longueur ne soit pas assez angu-



leux pour obstruer sa cavité tubuleuse centrale, le mouvement circulatoire continue comme auparavant; le liquide continue sa progression accoutumée en passant d'une partie du méridien ployé en deux dans l'autre partie dont la position est renversée.

Une circulation analogue, mais non semblable à celle qui existe chez les *Chara*, s'observe chez les *Nitella*, plantes autrefois réunies aux *Chara*. On doit à M. Slack des observations très-précises sur la circulation des fluides chez le *Nitella flexilis*, qui est la même plante que le *Chara flexilis* observé antérieurement par MM. Amici et Tréviranus. M. Slack a vu que le fluide circulant chez cette plante se trouve compris entre un tube externe diaphane, muni intérieurement de séries de globules verts, et un autre tube ou sac intérieur dans lequel existe un liquide sans mouvement. Des *lignes de repos*, analogues à celles des *Chara*, existent de chaque côté sur le tube externe du *Nitella*; sur toute la longueur de ces *lignes de repos* le sac ou tube interne est adhérent au tube externe, en sorte que par cette adhérence des deux tubes le long des *lignes de repos*, les deux courants opposés se trouvent séparés l'un de l'autre; ils ne sont point en contact absolu comme chez les *Chara*. Pour mieux faire comprendre cette disposition, je reproduis ici la figure qu'a donnée Slack de la coupe transversale de la tige de *Nitella*. *a, b, a' e* (fig. 5) est le tube externe doublé intérieurement de séries de globules verts chez le *Nitella*. *a, c, a' f* est le sac ou tube interne de la tige de cette même plante. Ces deux tubes sont adhérents l'un à l'autre aux deux points *a, a'* qui offrent la coupe transversale des deux *lignes de repos*. L'un des courants du fluide circulant, le courant ascendant,

par exemple, étant dans l'intervalle *b, c* de ces deux tubes, le courant descendant se trouve dans l'intervalle opposé *f, e* de ces mêmes tubes, et il résulte de cette disposition que les deux courants opposés sont séparés l'un de l'autre aux endroits où se trouvent les deux *lignes de repos a, a'* par la cloison que forme l'adhérence mutuelle des deux tubes dans ces endroits. La cavité *d* du tube interne contient un liquide sans mouvement. M. Slack prétend fort à tort que cette observation faite sur le *Nitella* est applicable aux *Chara*, chez lesquels il admettrait ainsi l'existence d'une cloison séparatrice des deux courants opposés. Ces deux plantes, quoique toutes deux de la famille des Characées, quoique possédant toutes deux une circulation dans leur tige, n'offrent cependant point exactement la même organisation. Les *Chara* ont un tube externe composé de tubes fibreux et de tissu cellulaire; leur tube interne est membraneux et doublé intérieurement par les séries de globules verts qui impriment le mouvement circulatoire au liquide contenu dans la cavité de ce tube. Chez les *Nitella* le tube externe *a, b, a' e* (fig. 5) est membraneux, et c'est lui et non le tube interne *a, c, a' f*, qui est doublé intérieurement par les séries de globules verts. Il résulte de cette disposition spéciale que la circulation a lieu, chez les *Nitella*, dans les intervalles *b, c* et *f, e* qui existent entre le tube externe et le tube interne, et non dans la cavité *d* de ce dernier tube, ainsi que cela a lieu chez les *Chara*. Chez ces dernières plantes, les deux tubes externe et interne sont juxtaposés et adhérents; il n'y a point de liquide dans leur intervalle; chez les *Nitella*, ces deux mêmes tubes sont séparés partout, excepté aux *lignes de repos*, par un intervalle dans lequel se meut le liquide circulant. Telle est la diffé-

rence qui existe entre les *Chara* et les *Nitella*, différence que Slack n'a point aperçue.

Les observations rapportées ci-dessus ne permettent plus de douter que la circulation du liquide contenu dans le tube interne des *Chara* n'ait pour cause une influence invisible émanée des globules sériés ou plutôt des petites cellules de couleur verte et sériées qui tapissent intérieurement ce tube interne et qui sont en contact avec le liquide circulant. De pareilles séries de globules verts existent dans les feuilles et président indubitablement à la circulation que l'on observe dans chacun des articles ou des rameaux dont elles sont composées. Quant aux tubes fibreux qui existent dans le tube externe de la tige des *Chara*, on ne peut voir s'ils possèdent également des séries de globules verts pour présider à la circulation que l'on voit dans l'intérieur de quelques-uns d'entre eux; environnés de tissu cellulaire vert qui masque plus ou moins leur organisation propre, cette dernière est difficile à bien voir. Il reste actuellement à savoir si les racines des *Chara* qui sont tubuleuses, et dans l'intérieur desquelles on observe une circulation, possèdent aussi des séries de globules ou de très-petites cellules pour présider à cette circulation. La couleur verte étant étrangère aux racines des *Chara*, comme à celles de la plupart des plantes, il s'ensuit d'abord que ces séries de globules ou de très-petites cellules, si elles existent, ne sont pas de couleur verte, et que par conséquent la chlorophylle à laquelle est due cette couleur ne serait pas indispensable pour l'existence de l'action motrice qui préside à la circulation. M. Amici, qui a observé avec beaucoup de soin les racines de *Chara*, assure n'avoir aperçu aucunes cellules dans leurs parois, qui effectivement n'offrent à l'œil armé

des meilleurs microscopes qu'un tube membraneux extrêmement mince et diaphane comme du verre. Ce tube membraneux est indubitablement composé de globules cellulaires, comme le sont tous les tissus organiques, mais on ne les aperçoit point; on les voit seulement dans les parois de l'extrémité renflée *i* de la racine *d* (fig. 1), partie renflée de laquelle naissent les radicules *f*, *f*. Cette partie renflée possède en effet des parois beaucoup plus épaisses que ne le sont celles du corps *d* de la racine, et on y aperçoit sans peine de petites cellules incolores et disposées en séries. On ne peut guère douter que ce ne soit de ces séries de globules ou de petites cellules incolores qu'émane l'influence invisible qui met en mouvement de circulation le liquide mêlé de globules flottants que contient la cavité tubuleuse de ces racines. Aussi voit-on ces globules flottants raser toujours de très-près les parois de cette cavité tubuleuse; et comme, dans la partie renflée *i*, les parois sont souvent sinueuses à l'intérieur, on voit les globules circulants suivre avec exactitude toutes ces sinuosités, obéissant ainsi visiblement à une action motrice qui émane de ces parois. Comme le liquide monte d'un côté et descend du côté opposé dans ces racines tubuleuses, il en résulte que les deux côtés opposés que suit le liquide circulant exercent sur ce liquide une action inverse, et qu'il y a entre eux deux *lignes de repos*, ainsi que cela existe pour les autres cavités tubuleuses dans lesquelles on observe une circulation chez le Chara.

Postérieurement à la première publication des présentes observations sur la circulation chez les Chara, M. Donné (1)

---

(1) *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences*, tome VI, page 605, 1838.

a découvert un fait curieux qui prouve incontestablement que les globules verts de ces plantes impriment le mouvement au liquide qui les touche. Il a exprimé sur une lame de verre le liquide contenu dans la cavité tubuleuse d'un méritalle de *Chara hispida*. Cette action comprimante a nécessairement détaché et isolé quelques-uns des globules verts appartenant aux séries ou chapelets, et ils sont sortis du tube mêlés au liquide exprimé, chargé en outre de globules inertes. Ce liquide étant soumis au microscope, M. Donné a vu et nous a fait voir, à M. Adolphe Brongniart et à moi, que ceux de ces globules verts qui étaient contenus dans la partie la plus aqueuse du liquide étaient sans mouvement; mais qu'il n'en était pas de même de ceux de ces globules qui se trouvaient au milieu de petites masses d'un liquide plus épais et granuleux contenues dans le liquide aqueux. Ces globules présentaient un mouvement continu de rotation sur eux-mêmes, et ici la spontanéité de ce mouvement n'était pas douteuse. Il est donc hors de doute que les globules verts sériés du Chara sont animés par une force qui leur est propre ou qui émane d'eux, force au moyen de laquelle ils agissent sur le liquide qui les environne. Si ces globules verts sont fixés, ils impriment du mouvement au liquide environnant; s'ils sont libres et flottants, le mouvement qu'ils tendent à imprimer au liquide environnant réagit sur eux-mêmes et les fait tourner sur eux-mêmes dans un sens déterminé et qui paraît ne point varier.

M. Donné, en pressant fortement entre deux lames de verre un méritalle de *Chara hispida*, au moyen du compresseur de Purkinje, a vu les séries de globules verts rompues se courber et s'agiter par des mouvements spon-

tanés; il a confirmé ainsi les observations que j'avais faites avant lui, et qui sont rapportées plus haut, touchant la spontanéité des mouvements de ces séries de globules verts. En employant, comme lui, le compresseur de Purkinje pour comprimer un mérithalle de *Chara hispida*, j'ai vu un autre phénomène qui ne s'était point présenté à M. Donné, et qui confirme pleinement les assertions de cet observateur, relativement au mécanisme de la force au moyen de laquelle les globules verts agissent sur le liquide qui les environne. Un fragment de chapelet, composé de cinq globules verts, s'était courbé assez profondément pour rapprocher ses deux extrémités l'une de l'autre, en sorte qu'il formait un cercle complet. Ce cercle, placé par hasard dans une partie de la cavité aplatie du tube interne où la circulation n'existait pas, tournait sur lui-même comme une roue en mouvement, mais presque sans changer de place, et son mouvement de rotation était toujours dans le même sens. Ce mouvement de rotation, bien évidemment spontané, prouve que le chapelet de globules verts ployé en cercle communiquait au liquide environnant une impulsion dirigée suivant la circonférence de ce cercle et dans un sens déterminé, impulsion qui, réagissant sur ce petit cercle en raison de sa mobilité, le faisait tourner sur lui-même par un mécanisme analogue à celui qui fait tourner un soleil pyrotechnique. Il reste donc bien démontré que les globules verts sériés du *Chara* exercent une action impulsive sur le liquide qui les environne. Lorsque ces globules verts sont isolés, l'action impulsive qu'ils exercent sur le liquide environnant les fait tourner sur eux-mêmes, ainsi que l'a découvert M. Donné; lorsque ces mêmes globules verts sont réunis en série ou chapelet, et que ce

chapelet devenu mobile est courbé en cercle, l'impulsion exercée sur le liquide environnant est dirigée dans un sens déterminé suivant la circonférence du cercle, c'est-à-dire, suivant la longueur du chapelet, et ce chapelet circulaire et mobile tourne sur lui-même; enfin, dans l'état naturel, les globules verts étant réunis en séries ou chapelets fixés à l'intérieur du tube interne du Chara, leur action impulsive s'exerce sur le liquide environnant suivant la longueur et suivant la direction plus ou moins spiralée de ces séries ou chapelets de globules verts. Comme ces chapelets sont fixés, c'est le liquide seul qui se meut.

Les observations de Corti, de Meyen, de Pouchet, de Brown et de Slack, citées au commencement de ce mémoire, ont prouvé qu'une circulation analogue à celle qui existe chez les Chara existe dans les cellules et dans les tubes d'une foule de plantes soit aquatiques, soit terrestres; Meyen et Slack ont vu cette circulation dans toutes les cellules de l'*Hydrocharis Morsus-ranae*. Il paraît donc infiniment probable que ce phénomène doit exister dans toutes les cellules végétales tant qu'elles contiennent des liquides. Si ce mouvement circulatoire ne se manifeste pas à la vue dans bien des cas, c'est que le liquide contenu dans les cellules ne tient point en suspension des globules qui seuls peuvent faire apercevoir, par leur mouvement, celui du fluide qui les charrie. Ceci est donc un des phénomènes les plus importants de la physiologie végétale, et l'on peut soupçonner, avec assez de fondement, qu'il appartient aussi à la physiologie des animaux.

La circulation qui a lieu dans les Chara paraît rapide par le fait de l'amplification microscopique, mais dans la réalité elle est fort lente. La vitesse de cette circulation varie, comme

on va le voir tout à l'heure, par l'effet de diverses causes, et notamment par l'effet des variations de la température. Or, par le moyen de la mesure micrométrique du champ du microscope, j'ai vu que, par une température moyenne ou de + 10 à 12 degrés centésimaux, les globules flottants que charrie le liquide qui circule dans le tube interne du *Chara fragilis*, parcourent un millimètre dans 35 à 36 secondes. Cette vitesse, qui est la vitesse moyenne de cette circulation, devient un peu plus que double par une chaleur élevée; elle ne dépasse jamais cette mesure. Ainsi lorsque, dans la suite, je dirai que la circulation du *Chara* est *lente* ou *rapide*, cela devra s'entendre de son mouvement tel qu'il apparaît dans l'observation microscopique, et comparé à la vitesse moyenne que je viens de déterminer.

#### § IV.

Influence de la température sur la circulation du *Chara*.

Avant d'examiner l'influence que la température exerce sur la circulation du *Chara*, je vais parler brièvement d'une opinion qui a été émise, il y a plusieurs années, sur la cause de cette circulation. De l'eau dans laquelle flottent en suspension des corps légers et pulvérulents étant mise dans un tube de verre vertical ou peu incliné, fermé par son extrémité inférieure, offre une circulation continue. J'ai fait voir, dans un autre travail (1), que ce phénomène dépend de

---

(1) Expériences sur la circulation des liquides dans les tubes de verre verticaux, tome II de la collection de mes Mémoires, page 560.



l'inégalité très-légère de la chaleur à laquelle sont soumis deux côtés opposés du tube de verre, et cela en vertu de la direction qu'affecte le courant ou la transmission de la chaleur dans l'air environnant; ainsi le courant de la chaleur ayant lieu, par exemple, de gauche à droite, le liquide devenu plus léger au côté gauche du tube, par cela même qu'il est plus échauffé, monte de ce côté, et, par une conséquence nécessaire, il descend au côté droit du tube, en sorte qu'il s'établit une circulation continue dans le liquide. Si l'on approche un corps chaud du côté droit du tube, la circulation change de sens; le liquide monte alors de ce côté droit du tube, et il descend du côté gauche. Il est évident que ce phénomène n'est comparable en aucune façon à celui de la circulation qui a lieu dans les Chara. En effet, dans le tube de verre, le mouvement circulatoire suit en droite ligne les parois du tube, tandis que dans la cavité tubuleuse du méridien de Chara le mouvement circulatoire suit en spirale les parois du tube dans lequel il s'exécute, en sorte que le même côté de ce tube offre alternativement le mouvement oblique ascendant et le mouvement oblique descendant du liquide circulant. Cette circulation ne dépend donc en aucune façon de l'échauffement inégal des deux côtés du tube, ainsi que cela a lieu pour la circulation qui a lieu dans les tubes de verre. Aussi ai-je expérimenté qu'en approchant un corps chaud de l'un quelconque des côtés d'un méridien de Chara, on ne change point la direction du mouvement circulatoire qui a lieu dans son intérieur; seulement on augmente la vitesse générale de cette circulation.

L'auteur de la découverte de la circulation qui a lieu dans les Chara, Corti, a vu que lorsque la température est

à + 16 degrés, la circulation est rapide dans les Chara, qu'elle devient plus lente à + 10 degrés et encore plus lente à + 7 ou 6, et qu'enfin elle s'arrête par un abaissement de la température de + 5 à + 2 degrés  $\frac{1}{4}$ , selon que la plante est plus ou moins affaiblie dans sa vitalité. Il fit subir à des tiges de Chara un froid de — 5 degrés, et ces plantes reprirent leur circulation dans l'eau dégelée par le retour d'une chaleur suffisante et lentement graduée. Mes expériences sur ce sujet ne concordent pas tout à fait avec celles de Corti. J'ai vu, en effet, la circulation du Chara continuer dans l'eau refroidie à zéro, et même j'ai observé cette circulation pendant douze heures dans l'eau refroidie à un degré au-dessous de zéro, et non convertie en glace pendant cet espace de temps. Cette circulation existe donc tant que l'eau conserve sa fluidité. Je n'ai point vu, comme Corti, cette circulation reprendre par le dégel gradué d'une tige de Chara qui avait été complètement gelée.

J'ai observé, comme Corti, que l'élévation de la température augmente la vitesse de la circulation du Chara, et que l'abaissement de la température diminue cette vitesse. La constatation de ce fait général était importante, sans doute, mais j'ai voulu pousser plus loin mes recherches sur l'influence qu'exerce la température sur cette circulation. J'ai pris trois mérithalles de Chara dont la circulation se maintenait dans l'eau refroidie à zéro. Cette circulation était lente. Je laissai le vase qui contenait l'eau et les mérithalles de Chara refroidis à zéro dans un cabinet dont la température était à + 9 degrés centésimaux. Au bout de quatre heures l'eau du vase avait acquis la température ambiante de + 9 degrés, et la circulation chez les mérithalles de Chara avait acquis à

peu près sa vitesse moyenne. A l'aide d'un appareil d'échauffement, dont je modérais à volonté l'action, j'élevai, dans l'espace d'une heure, la température de l'eau à + 18 degrés centésimaux; alors la circulation devint extrêmement rapide dans les mérithalles de Chara. Dans l'espace d'une autre heure, je portai la température de l'eau à + 27 degrés. La circulation devint alors extrêmement lente; je maintins cette même température de + 27 degrés, et, sous son influence continuée, la circulation commença, au bout d'une heure et demie, à reprendre de la vitesse, qui augmenta peu à peu, en sorte qu'après avoir subi pendant deux heures l'influence d'une chaleur de + 27 degrés, les mérithalles de Chara reprirent une grande vitesse dans leur circulation, vitesse qu'ils avaient d'abord perdue sous l'influence de cette même température. La force vitale qui produit cette circulation, d'abord opprimée par une chaleur trop forte, avait réagi contre cette cause opprimante. L'un des trois mérithalles de Chara soumis à cette expérience avait été employé la veille à une autre expérience, par laquelle il avait subi des changements brusques et considérables de température, dont les effets seront rapportés plus bas. Cette expérience avait, à ce qu'il paraît, affaibli la vitalité de ce mérithalle de Chara, en sorte que sa circulation était demeurée fort lente sous l'influence, continuée pendant deux heures, d'une température de + 27 degrés, tandis que, sous cette même influence, les deux autres mérithalles avaient acquis une circulation rapide par l'effet de la réaction vitale qui s'était opérée chez eux. Ainsi cette réaction vitale n'avait point lieu chez le mérithalle affaibli. Je le retirai de l'eau échauffée à + 27 degrés dans laquelle sa circulation demeurait languissante, et je le transportai dans

de l'eau dont la température était seulement de + 12 degrés; en peu de minutes ce méridalle reprit la vitesse normale de sa circulation. Je revins aux méridalles de Chara dont la force vitale avait réagi contre l'influence opprimante de la chaleur de + 27 degrés, et chez lesquels la circulation, d'abord diminuée par cette chaleur, était redevenue rapide sous son influence continuée; j'augmentai peu à peu la chaleur de l'eau dans laquelle ces méridalles étaient plongés, et en une demi-heure je portai cette chaleur à + 34 degrés. La circulation devint de nouveau extrêmement lente dans les deux méridalles soumis à cette chaleur, mais cette lenteur de la circulation ne fut pas de longue durée; chez l'un des deux méridalles la circulation devint rapide au bout d'un quart d'heure, et chez l'autre au bout de vingt-cinq minutes, sous l'influence continuée de cette même température de + 34 degrés. La force vitale à laquelle est due cette circulation avait de nouveau réagi contre l'influence de la chaleur qui l'opprimait. Alors je portai, en quarante minutes, la chaleur de l'eau à + 40 degrés. La circulation devint encore extrêmement lente dans les deux méridalles, et ce ne fut qu'au bout de quarante-cinq à cinquante minutes d'influence continuée de cette même température que la circulation redevint encore très-rapide; la force vitale qui l'opérait avait de nouveau réagi contre l'influence de la chaleur accablante qui tendait à l'anéantir. Enfin je portai en vingt minutes la chaleur de l'eau à + 45 degrés; la circulation, d'abord diminuée de vitesse, s'arrêta complètement. La réaction vitale n'avait pu s'opérer contre l'influence de cette chaleur excessive. Je laissai l'eau se refroidir lentement, mais les méridalles de Chara qu'elle contenait ne reprirent point leur circulation: ils étaient morts.

Après avoir vu quels sont les effets produits sur la circulation du Chara par des changements lents et gradués de température, il s'agissait d'expérimenter quels sont les effets produits sur cette même circulation par les changements brusques et considérables de température. Un mérithalle de Chara étant depuis longtemps dans de l'eau dont la température était de + 6 degrés centésimaux, je le transportai dans de l'eau échauffée à + 22 degrés; le mouvement circulatoire y prit sur-le-champ une grande accélération de vitesse. Je reportai ce même mérithalle dans l'eau dont la température était de + 7 degrés; le mouvement circulatoire fut de suite diminué, et il reprit ensuite sa vitesse primitive. Je vis ainsi qu'un changement brusque de température dans les limites indiquées ne produisait d'autre effet que d'augmenter ou de diminuer de suite la vitesse de la circulation. Il y avait là une transition brusque de 15 degrés centésimaux. Je pris un autre mérithalle de Chara qui était dans l'eau dont la température était à + 7 degrés, et dont la circulation avait une moyenne rapidité; je le transportai dans de l'eau échauffée à + 32 degrés: il y avait ainsi 25 degrés de différence entre les deux températures auxquelles ce mérithalle était successivement soumis. Au bout de deux minutes je trouvai que la circulation était devenue très-lente; elle se trouva complètement suspendue au bout de cinq minutes. La même température de + 32 degrés étant maintenue, je vis, au bout d'une heure de suspension, la circulation qui commençait légèrement à se rétablir, et une autre heure après elle se trouva complètement rétablie avec beaucoup de vitesse. La force vitale qui opère cette circulation avait ainsi réagi contre l'influence de la chaleur assez considérable à laquelle elle avait été soumise par

une transition brusque et qui d'abord l'avait opprimée et suspendue. Ce même méridien dont la circulation se trouvait bien rétablie sous l'influence continuée d'une chaleur de + 32 degrés ayant été replacé dans l'eau qui le contenait primitivement et dont la température était de + 7 degrés, sa circulation fut de nouveau suspendue au bout de quatre minutes, et elle ne se rétablit qu'après une heure et demie de suspension complète, encore cette circulation demeura-t-elle très-lente pendant cinq heures que je continuai à l'observer. Il est probable qu'elle reprit plus tard la vitesse moyenne qui existe ordinairement par la température de + 7 degrés.

Un méridien de Chara qui était dans l'eau dont la température était à + 10 degrés, fut transporté dans de l'eau dont la température était à + 2 degrés. Le mouvement circulaire, dont la vitesse était moyenne, fut d'abord très-ralenti; au bout d'une demi-heure il avait repris presque sa vitesse primitive, par l'effet de la réaction.

La température la plus convenable pour la vie et pour la circulation du Chara paraît être entre + 12 et + 25 degrés centésimaux. En deçà et au delà de ces limites, la vie et la circulation du Chara n'existent qu'au moyen d'une réaction vitale qui finit toujours, à la longue, par être vaincue; et cela, surtout, lorsque ces limites de température sont beaucoup excédées, surtout dans le sens de l'élévation de la température; car j'ai expérimenté qu'on peut conserver le *Chara fragilis* pendant l'hiver, quelque basse que soit la température à laquelle il est soumis, pourvu que l'eau dans laquelle il se trouve ne gèle pas.

En général, l'abaissement de la température diminue la

vitesse de la circulation du Chara, et l'élévation de la température l'augmente *directement* lorsque cette élévation ne dépasse pas les limites de la température la plus convenable à la vie de la plante. Au delà ou en deçà de ces limites, la chaleur diminue *directement* la vitesse de la circulation, en tendant à opprimer la force vitale qui la produit; mais la réaction de cette force redonne subséquemment à cette circulation une très-grande vitesse, en sorte qu'on peut dire que, dans ce cas, la chaleur augmente *indirectement* la vitesse de la circulation. Le froid produit les mêmes phénomènes; son premier effet est de ralentir la circulation du Chara; c'est son effet *direct*; il tend à opprimer la force vitale qui est l'agent de cette circulation; mais, ensuite, la réaction de cette force redonne à la circulation une vitesse qui, il faut le remarquer, est très-loin d'atteindre celle que la réaction de la force vitale redonne à cette circulation sous l'influence de la trop forte chaleur.

## § V.

## Influence de la lumière sur la circulation du Chara.

La lumière n'influe sur la circulation du Chara qu'en sa qualité d'agent propre à déterminer les actions chimiques de nutrition et de respiration de la plante. On sait que la lumière détermine la décomposition de l'acide carbonique par les végétaux, d'où résulte la fixation du carbone et le dégagement de l'oxygène. Le carbone, ainsi fixé, est un des principaux éléments de la nutrition des végétaux; j'ai fait voir, dans un

autre travail (1), que l'oxygène, dégagé dans cette circonstance, est introduit dans les organes pneumatiques des végétaux, et qu'il y sert à leur respiration. La lumière, considérée ainsi comme cause de nutrition et de respiration, est une des conditions premières de la conservation de la vie des plantes; on conçoit donc qu'elle est indispensable pour la conservation de la circulation du Chara; mais l'expérience apprend qu'elle n'est pas indispensable pour l'existence ni même pour la vitesse actuelles de cette circulation; car, la température étant la même, il n'y a point de différence dans la vitesse de la circulation pendant le jour et pendant la nuit. Il faut une obscurité très-prolongée pour affaiblir et pour anéantir ensuite ce mouvement circulatoire.

J'ai placé plusieurs méritalles de Chara dans une obscurité complète, en couvrant le vase qui les contenait avec un récipient opaque autour de la base duquel j'accumulais du sable fin. La température varia, pendant la durée de l'expérience, de + 14 à + 22 degrés centésimaux. Le huitième jour, la circulation devint lente dans les plus vieux méritalles; elle était demeurée sensiblement la même chez les jeunes méritalles. Le seizième jour la circulation s'abolit chez les vieux méritalles; elle continua de persister, mais diminuée de vitesse, chez les jeunes méritalles. Du vingt-quatrième au vingt-sixième jour, la circulation s'abolit dans les jeunes méritalles; ils étaient étiolés. Ainsi la circulation dépend de la vitalité de la plante, vitalité qui diminue et finit par s'é-

---

(1) Recherches sur les organes pneumatiques et sur la respiration des végétaux, tome I de la collection de mes Mémoires, pag. 320.



teindre dans l'absence de la lumière. Cet effet aurait eu lieu plus promptement par une chaleur plus élevée; car des expériences, déjà anciennement publiées (1), m'ont prouvé que les plantes meurent dans l'obscurité, d'autant plus promptement que la température est plus élevée. J'ai fait voir que cela provient de ce qu'elles subissent les effets de l'asphyxie d'autant plus promptement qu'il fait plus chaud, ainsi que cela arrive de même aux animaux, d'après les expériences de M. Edwards.

### § VI.

Influence de l'air atmosphérique sur la circulation du Chara.

J'ai fait voir, dans le travail cité plus haut, que les végétaux respirent l'oxygène comme les animaux, avec cette différence que c'est spécialement l'oxygène qu'ils dégagent par la décomposition de l'acide carbonique et qu'ils introduisent dans leurs organes pneumatiques qui sert à leur respiration. L'air atmosphérique ambiant ne sert que subsidiairement et d'une manière imparfaite à la respiration végétale. On sait, en outre, que le phénomène de la production de l'oxygène par les plantes, sous l'influence de la lumière, cesse d'avoir lieu lorsqu'elles sont plongées dans l'eau non aérée. La respiration de ces plantes est alors complètement suspendue, et elles s'asphyxient, comme cela leur arrive par l'absence pro-

---

(1) De l'excitabilité végétale, tome I de la collection de mes Mémoires, p. 555 et suivantes.

longée de la lumière, et même encore plus promptement, puisqu'elles n'ont pas la faible ressource de l'air dissous dans l'eau pour fournir, d'une manière imparfaite, aux besoins de leur respiration. Cette seconde cause d'asphyxie fait cesser, de même que la première, la circulation et la vie du Chara. Je mis une tige de cette plante, composée de quatre mérithalles, dans un flacon aplati, rempli d'eau non aérée, et je bouchai ce flacon, avec son bouchon de cristal, sans y enfermer d'air. Ce flacon avait assez de capacité pour que la plante qu'il renfermait fût environnée d'une quantité d'eau suffisante pour qu'elle pût continuer à vivre longtemps, quoique emprisonnée. J'ai expérimenté, en effet, qu'en mettant des tiges de Chara dans un vase plein d'eau, et bien bouché, elles y meurent par l'effet de la putréfaction de l'eau. Cela arrive d'autant plus promptement qu'il y a plus de Chara dans moins d'eau. Le flacon que j'employai, dans l'expérience que je vais rapporter, avait une capacité plus que suffisante pour que la tige du Chara que j'y plaçai n'occasionât pas, par son séjour prolongé, la putréfaction de l'eau qu'il contenait. C'est, au reste, ce dont je m'assurai après la fin de l'expérience. La tige de Chara était dans son intégrité, ce qui veut dire que je n'avais enlevé, sur aucun de ses mérithalles, une très-petite portion du tube externe, ainsi que je le faisais ordinairement, afin d'apercevoir la circulation. La transparence de ces mérithalles me dispensait d'avoir recours à ce moyen qui, lorsqu'on l'emploie, avec la réserve que je viens d'indiquer, permet au plus de conserver pendant trois semaines, dans l'état de circulation et de vie, les mérithalles de Chara sur lesquels on a pratiqué cette opération. C'est dans les mêmes circonstances et avec les

mêmes précautions qu'ont été faites les observations rapportées dans le paragraphe précédent. La tige de Chara, repleyée en divers sens dans l'intérieur du flacon rempli d'eau, touchait dans plusieurs points aux parois de ce flacon, et c'était dans ces points seulement que je pouvais observer la circulation, parce que c'étaient les seuls où il me fût possible d'amener la tige du Chara au foyer du microscope. Le flacon bouché, comme je l'ai dit, avec son bouchon de cristal, fut renversé dans le mercure, afin d'intercepter tout à fait l'air extérieur. De temps en temps je transportais ce flacon sous le microscope pour observer la circulation dans la tige de Chara qu'il contenait. Cette circulation subsista pendant vingt-deux jours; elle finit avec la vie de la plante. Ainsi, l'asphyxie du Chara, par manque d'air atmosphérique, est arrivée un peu plus tôt que son asphyxie par manque de lumière; et, l'une comme l'autre, elles ont amené, avec la fin de la circulation, la fin de la vie.

## § VII.

Influence des agents mécaniques et des lésions organiques sur la circulation du Chara.

Les causes mécaniques qui agissent sur la sensibilité des animaux exercent aussi de l'influence sur la circulation du Chara; telles sont la *compression*, la *piqûre* et la *brûlure*. Cet ordre de phénomènes a été aperçu par Corti. Cet observateur a vu que, dans le *Caulinia fragilis* comme dans le Chara, la circulation était suspendue non-seulement lorsqu'il coupait certaines parties de ces plantes, mais aussi lorsqu'il leur imprimait des secousses même faibles, et qu'ensuite la

circulation reprenait son cours comme auparavant. Slack a vu que, en coupant la tige de l'*Hydrocharis Morsus-ranae*, la circulation qui a lieu dans les cellules voisines de la coupure diminue d'abord, et qu'elle reprend ensuite peu à peu sa première vitesse. Ces premiers aperçus sont fort intéressants, et je me suis empressé de suivre leurs indications. J'ai d'abord expérimenté quel effet produisaient les secousses sur la circulation du Chara. Pour cet effet, j'ai placé une tige de Chara dans un flacon aplati et plein d'eau. Ayant frappé très-fort et à plusieurs reprises le fond de ce flacon sur une table, je l'ai promptement transporté sous le microscope, car je pouvais facilement voir la circulation du Chara au travers des parois de ce flacon aplati. Je ne vis point, dans cette expérience bien des fois répétée, qu'aucune influence ait été exercée par ces vives secousses sur la circulation du Chara ; ainsi, je ne sais que penser de l'assertion de Corti qui prétend que la moindre secousse suspend cette circulation. Au reste, les secousses vives agissant en produisant un refoulement des parties les unes sur les autres, refoulement qui lui-même occasionne une *compression*, c'est cette dernière action mécanique que j'ai dû étudier en employant des moyens plus énergiques pour la produire. J'ai fait subir une compression modérée à une tige de Chara en la soumettant à l'action du compresseur de Purkinje : le mouvement circulatoire a été suspendu, et il s'est rétabli une minute après, malgré l'influence continuée de la compression.

J'ai parlé plus haut des ligatures au moyen desquelles j'ai établi plusieurs circulations distinctes dans un même méridien de Chara. La ligature opère une compression, et l'effet de cette compression est d'arrêter subitement la circulation

générale qui se rétablit ensuite, deux ou trois minutes après, en formant deux circulations séparées. Cette compression est supposée modérée, mais suffisante, toutefois, pour intercepter toute communication entre les liquides qui circulent dans les deux compartiments que sépare la ligature. Les choses étant ainsi, j'ai serré un peu plus la ligature, et cela sans opérer de secousse; les deux circulations ont été suspendues, et ne se sont rétablies que trois à quatre minutes après. J'ai de nouveau serré la ligature, et avec plus de force, les deux circulations se sont suspendues; elles n'ont repris qu'au bout d'un quart d'heure; et, ce qu'il y a de très-remarquable, elles ne sont point revenues, comme précédemment, jusques auprès de la ligature; elles ont opéré leur mouvement de retour, de part et d'autre, à une certaine distance de cette ligature (fig. 10); en sorte qu'il est évident que la forte compression avait aboli, jusqu'à une certaine distance de la ligature et des deux côtés, la force motrice qui mettait le liquide en mouvement. Au bout de deux heures, la circulation avait regagné insensiblement, et de chaque côté, jusques auprès de la ligature. Ainsi, la compression a pour effet direct et primitif la suspension, ou simplement la diminution de l'action motrice sous l'influence de laquelle se meut le liquide circulant, action qui est ensuite rétablie par la réaction vitale, malgré l'influence continuée de la compression, laquelle agit ici sur les globules verts sériés en même temps que sur le tube membraneux que ces globules ou petites cellules sériées tapissent intérieurement.

Les coupures produisent des effets semblables; si l'on coupe les feuilles verticillées situées sur le nœud inférieur ou sur le nœud supérieur d'un mérithalle, la circulation s'arrête dans

son tube interne, et elle ne reprend que quelques minutes après. Il y a eu ici transmission sympathique de l'influence nuisible exercée sur les feuilles. Je n'ai point vu que la circulation centrale d'un mérithalle fût influencée par la section des feuilles dont il est éloigné de toute la longueur d'un mérithalle voisin. Je n'ai fait, il est vrai, cette expérience que par une température de + 12 degrés cent.; peut-être la transmission sympathique de l'influence dont il est ici question s'opérerait-elle de plus loin par une température de beaucoup plus élevée.

Les piqûres produisent encore les mêmes effets : j'ai enfoncé la pointe d'une aiguille extrêmement fine dans l'un des nœuds d'un mérithalle, sans pénétrer dans la cavité du tube interne; le mouvement circulatoire s'est arrêté, et il s'est rétabli au bout d'une à deux minutes; il est alors devenu plus rapide qu'il ne l'était avant l'expérience. Ainsi, l'effet direct de la piqûre a été la suspension par effet sympathique de la force motrice sous l'influence de laquelle se meut le liquide circulant, et son effet indirect a été l'augmentation de cette force motrice par réaction vitale.

Lorsque la pointe de l'aiguille pénètre, même infiniment peu, dans la cavité du tube interne, le mouvement circulatoire s'arrête sans retour, ainsi que le prouve l'expérience suivante. J'ai pris un mérithalle de Chara long d'un peu plus de trois centimètres et ayant trois quarts de millimètre de diamètre ou de grosseur diamétrale, et je l'ai piqué dans son quart supérieur avec une aiguille très-fine que j'ai enfoncée le moins que j'ai pu, et que j'ai laissée fixée dans la blessure, en sorte que le trou qu'elle avait fait se trouvait complètement bouché. Le mouvement circulatoire devint de suite

extrêmement lent; il cessa complètement au bout de cinq minutes, et il ne se renouvela point; il était aboli sans retour. Cependant, la blessure dont l'aiguille fermait l'ouverture ne donnait aucune issue au liquide intérieur du mérithalle. Je m'en assurai en observant au microscope l'endroit où existait cette blessure que je voyais parfaitement remplie par la pointe très-fine de l'aiguille. Je mesurai, à l'aide du micromètre, la longueur de la pointe qui avait pénétré dans le mérithalle dont la transparence favorisait cette observation. Je trouvai que la pointe introduite avait seulement sept centièmes de millimètre de longueur. Alors ayant pris une tranche transversale de ce mérithalle, je mesurai l'épaisseur de l'ensemble des deux tubes interne et externe que la pointe de l'aiguille avait traversé pour arriver dans l'intérieur du tube interne. Je trouvai à cet ensemble une épaisseur d'un peu plus de six centièmes de millimètre. Il résulte de là que la pointe de l'aiguille avait pénétré à moins d'un centième de millimètre dans l'intérieur du tube interne, ce qui ne pouvait opposer aucun obstacle mécanique à la circulation qui avait lieu dans son intérieur. Quelle était donc la cause qui avait aboli cette circulation sans retour? C'est ce que l'état actuel de nos connaissances ne permet pas de déterminer.

J'ai observé que la piqûre de l'aiguille ayant fait cesser la circulation dans le tube interne d'un mérithalle de Chara, les tubes fibreux qui existent dans les parois du tube externe de ce même mérithalle continuèrent d'offrir la circulation qui leur est propre.

Lorsqu'on gratte un mérithalle de Chara avec un instrument tranchant et qu'on le dépouille ainsi d'une partie de son tube externe, cette action mécanique qui lèse le tissu de la plante

produit le même effet que la coupure et la piqûre ; elle suspend la circulation, laquelle se rétablit quelque temps après. J'ai vu, dans ce dernier cas, la suspension de la circulation durer plus de deux heures.

La brûlure des feuilles qui sont situées sur les nœuds supérieur ou inférieur d'un mérithalle de Chara suspend la circulation qui a eu lieu dans le tube interne de ce mérithalle, et cette circulation se rétablit ensuite après quelques minutes de suspension. La brûlure des feuilles qui sont plus éloignées ou qui appartiennent aux deux mérithalles voisins au-dessus et au-dessous du mérithalle observé, ralentit seulement, et pour peu de temps, la circulation qui a lieu dans ce dernier mérithalle. Il y a ici une transmission sympathique assez étendue de l'influence nuisible exercée par la brûlure, mais cette influence n'est pas assez intense pour suspendre la circulation ; elle ne fait que la ralentir.

Les actions mécaniques qui suspendent la circulation chez le Chara produisent souvent en même temps des mouvements convulsifs dans cette plante. Ainsi, j'ai observé que, après avoir gratté un mérithalle de Chara pour le dépouiller d'une petite partie de son tube externe, il se manifeste presque constamment des mouvements convulsifs brusques dont le siège est dans la partie qui vient d'être grattée, c'est-à-dire dans le tube interne là où il est dénudé. J'ai vu une fois cette partie dénudée qui avait peu d'étendue, et qui occupait le milieu du mérithalle, se fléchir profondément de manière à former une équerre des deux moitiés de ce mérithalle ; ayant redressé ce dernier à plusieurs reprises, chaque fois ses deux moitiés retournèrent spontanément et rapidement à leur position de flexion. J'ai vu plusieurs fois des saccades convulsives se manifester lorsque je



pratiquais une ligature sur un mérithalle de Chara dépouillé depuis quelque temps d'une petite partie de son tube externe et chez lequel la circulation était rétablie, en sorte que l'effet produit par la blessure ne subsistait plus. La ligature, ou plutôt la compression qu'elle opérait, produisait alors à la fois la suspension de la circulation et les mouvements convulsifs. Les piqûres produisent les mêmes effets. J'ai vu que, en piquant un des nœuds terminaux d'un mérithalle, ce dernier offrait des saccades convulsives en même temps que la circulation se suspendait dans son intérieur. La suspension de la circulation peut avoir lieu dans tous ces cas, sans qu'il se manifeste de mouvements convulsifs; mais ces derniers n'ont jamais lieu sans la suspension concomitante de la circulation. Je dois faire observer ici que ces mouvements convulsifs sont ordinairement fort peu étendus, et ne sont, le plus souvent, apercevables qu'au microscope.

Les mouvements convulsifs du Chara se manifestant dans l'endroit où le tube externe est enlevé, cela prouve que c'est dans son tube interne qu'existent les organes qui opèrent ces mouvements. Ce tube interne se compose du tube membraneux et des globules verts sériés qui tapissent son intérieur sans y adhérer fortement. Or, j'ai reconnu que ce sont ces séries de globules verts qui sont les agents des mouvements convulsifs dont il est ici question. Ces séries de globules se courbent en zig-zag comme des fibres musculaires; le tube membraneux et diaphane auquel elles adhèrent ne participe point à cette action qui le ment d'une manière passive. Cette flexion sinueuse des séries de globules verts est ordinairement peu profonde; la figure 11 en offre un exemple; toutes les séries de globules ne se courbent pas simulta-

nément; on en voit beaucoup qui conservent leur rectitude, ce qui prouve que ces séries de globules peuvent agir indépendamment les unes des autres. Je rappellerai ici l'observation exposée plus haut, et qui se rapporte aux figures 5, 6, 7 et 8. Cette observation prouve que chaque série de globules considérée individuellement possède la double propriété de se rouler en spirale sur elle-même, et de se dérouler en se redressant. J'ai fait voir dans un autre travail (1) que les fibres musculaires des animaux présentent exactement les mêmes phénomènes; isolées, elles se roulent en spirale; agrégées en masses musculaires, elles se fléchissent en zig-zag. Je dois me borner ici à faire observer cette analogie singulièrement remarquable, et à renvoyer à ce que j'ai dit au sujet des mouvements de la fibre musculaire dans le mémoire que je viens de citer.

M. Amici a noté et figuré la flexion sinueuse que prennent quelquefois les séries de globules verts du Chara; mais, n'ayant point observé les mouvements convulsifs de cette plante, il n'a pu connaître l'usage ou le but physiologique de cette flexion sinueuse, au moyen de laquelle s'exécutent les mouvements spontanés et convulsifs dont il est ici question. Il n'a point vu que cette flexion sinueuse était le résultat d'une action vitale.

### § VIII.

Influence des agents chimiques sur la circulation des Chara.

Corti a fait un petit nombre d'expériences sur l'influence

---

(1) De la structure intime des organes des animaux et du mécanisme de leurs actions vitales, tome II de la collection de mes Mémoires, page 488.

exercée par quelques agents chimiques sur la circulation du Chara. Il a vu que cette circulation est arrêtée par l'immersion de la plante dans l'eau salée et dans l'alcool. L'urine, le lait et l'huile lui ont donné le même résultat. M. Amici a vu que l'immersion du Chara dans le vinaigre faisait cesser la circulation. Ces expériences, comme on le voit, sont peu nombreuses et fort imparfaites; l'importance du sujet demandait qu'elles fussent suivies et multipliées.

On a vu plus haut, par les effets que produisent les changements de température sur la circulation du Chara, que la force inconnue, à laquelle est due cette circulation, éprouve une diminution et même une suspension, lorsqu'elle subit l'influence d'un changement dans l'action qu'un agent du dehors exerce sur elle, et qu'elle reprend ensuite son énergie en réagissant contre la cause extérieure toujours agissante qui tend à l'opprimer. J'ai observé les mêmes phénomènes dans l'influence qu'exercent les agents chimiques sur la force qui produit la circulation du Chara. Il y a de même ici une *période d'oppression* et une *période de réaction*. Ces deux périodes sont plus ou moins faciles à observer suivant le degré d'énergie de l'agent chimique auquel on soumet le Chara, et même suivant le degré de la température par laquelle on fait l'expérience. On sent facilement que, si l'on soumet la plante à l'action d'un agent chimique assez puissant pour porter de suite atteinte à son organisation, sa vie et sa circulation seront abolies sur-le-champ; il n'y a donc de réaction possible, de la part du Chara, que lorsque l'agent chimique dont il subit l'action n'excède pas un degré déterminé d'énergie, et ce degré ne peut être connu que par l'expérience.

Par une température de + 25 degrés centésimaux, j'ai plongé une tige de Chara dans de l'eau qui tenait en solution un millième de son poids de potasse caustique préparée à l'alcool. La circulation a été suspendue au bout d'une minute, et elle a recommencé une minute après; elle a duré pendant huit minutes, et elle s'est alors abolie sans retour. Ainsi, la *période d'oppression* a duré seulement deux minutes, et la *période de réaction* a duré huit minutes.

Ayant fait la même expérience par une température plus élevée, je n'ai plus observé de distinction entre les deux périodes d'*oppression* et de *réaction*; la circulation s'est abolie sans retour au bout de deux à trois minutes. J'ai fait la même expérience par une température de + 20 degrés c.; la circulation s'est suspendue après trois minutes, a repris après huit minutes de suspension, et a duré pendant un peu plus de trois heures.

La même expérience étant faite par une température de + 11 degrés, la circulation s'est suspendue après quatre minutes, a repris après dix-huit minutes de suspension, et a duré pendant huit heures quarante minutes.

J'ai encore fait la même expérience par une température de + 6 degrés. La circulation s'est suspendue au bout de cinq minutes; cette suspension a duré pendant vingt minutes, après quoi la circulation a repris par réaction, et a duré pendant douze heures trente-cinq minutes.

On voit par ces expériences que, sous l'influence du même agent chimique délétère, le Chara maintient sa circulation d'autant plus longtemps que la température est moins élevée. Les deux périodes d'*oppression* et de *réaction* s'allongent lorsque la température baisse; mais la dernière période s'al-

longe beaucoup plus que la première. Ainsi, pour bien observer ces deux périodes, il faut faire ces expériences par une température peu élevée. En outre, il ne faut employer que des tiges de Chara extraites depuis peu de temps de leur lieu natal, car, lorsqu'elles sont conservées longtemps sur des bocaux pleins d'eau, elles perdent une partie de leur vitalité, et alors elles n'offrent plus à l'expérimentateur les mêmes résultats. La réaction, chez ces tiges de Chara affaiblies, devient souvent nulle, et la circulation est assez promptement abolie sous l'influence d'un agent chimique qui l'aurait laissée subsister bien plus longtemps, si la force vitale qui l'opère avait eu plus d'énergie.

Comme on vient de le voir, les alcalis ont la propriété, étant employés à doses convenables en solution dans l'eau, de *suspendre* la circulation du Chara pendant la *période d'oppression*; à doses plus fortes, ils ne permettent aucune réaction; ils *abolissent* plus ou moins promptement la circulation et la vie. Employés à doses extrêmement faibles, ils ralentissent seulement la circulation pendant la *période d'oppression*, ils ne la *suspendent* point. Or, les acides ne produisent que ce dernier effet, celui de la diminution de vitesse de la circulation; jamais je ne les ai vus *suspendre* cette dernière; lorsqu'ils la font cesser, c'est pour toujours, c'est une *abolition* et non une *suspension*. Ainsi, par une température de + 11 degrés cent., une tige de Chara étant plongée dans une solution d'une partie d'acide tartrique cristallisé dans mille parties d'eau (densité 1,00045), on observe, au bout de trois minutes, un ralentissement de la circulation, ralentissement qui dure pendant huit minutes; ensuite la circulation reprend de l'accélération; elle diminue ensuite de nouveau de vitesse, et s'a-

bolit sans retour au bout d'une heure quarante minutes. Si la dose de l'acide est beaucoup plus forte, par exemple, d'une partie d'acide tartrique dans cinquante parties d'eau (densité 1,009), et la température étant toujours de + 11 degrés, la circulation dure pendant dix-huit minutes sans faire voir la succession des deux périodes d'*oppression* et de *réaction*; on ne voit qu'une diminution graduelle de la circulation qui finit par s'abolir sans retour; son abolition est accompagnée de légères convulsions dans la tige. En employant une solution d'une partie d'acide tartrique dans vingt-cinq parties d'eau (densité 1,0175), et par la même température de + 11 degrés, la circulation est abolie au bout de quatre minutes.

Les acides sulfurique, nitrique et hydrochlorique se comportent à peu près comme l'acide tartrique dans ces expériences. Ainsi, l'acide sulfurique à la densité de 1,0015, et par la température de + 11 degrés, abolit la circulation du Chara en 35 minutes, et cette abolition est accompagnée de légères convulsions que j'ai observées au microscope pendant une heure après la cessation de la circulation. Celle-ci finit avec la *période d'oppression*; il n'y a point de réaction. En employant le même acide beaucoup plus étendu d'eau, de manière à lui donner la densité 1,00083, je vis la circulation du Chara, d'abord diminuée de vitesse de moitié environ dans les 35 premières minutes, reprendre peu à peu de l'accélération par réaction, de manière à avoir récupéré la vitesse initiale au bout d'une heure d'expérience. Ensuite la circulation diminua peu à peu de vitesse, et finit par s'abolir au bout de près de trois heures d'expérience faite toujours par la même température de + 11 degrés.

Les acides nitrique et hydrochlorique exercent sur le chara

une action encore plus délétère que ne l'est celle de l'acide sulfurique. En effet, j'ai vu l'acide nitrique à la densité de 1,0008 abolir sans réaction la circulation du Chara au bout de vingt-trois minutes, et l'acide hydrochlorique à la densité de 1,00013 abolir, de même sans réaction, cette circulation au bout de seize minutes, et cela toujours par la même température de + 11 degrés.

Les acides hydrosulfurique et hydrocyanique abolissent la circulation du Chara presque instantanément. J'ai employé ces acides très-faibles, mais sans avoir pu déterminer leur densité.

J'ai voulu voir ce qui arriverait en transportant alternativement une tige de Chara d'une solution alcaline dans une solution acide contenant, la première un millième de son poids de potasse caustique, et la seconde un millième de son poids d'acide tartrique. La plante a été plongée d'abord dans la solution de potasse; après y avoir subi la période d'oppression et avoir établi la période de réaction, elle fut transportée dans la solution acide; là, elle subit une nouvelle période d'oppression que suivit la réaction. Ces mêmes phénomènes se reproduisirent dans quatre autres changements de solution qui furent faits successivement, et la plante mourut dans la solution acide où elle était transportée pour la troisième fois. Cette expérience dura sept heures un quart par une température de + 10 degrés. J'observai que la période d'oppression devenait plus longue à mesure que les changements de solution devenaient plus nombreux. Ainsi, lors de la première immersion du Chara dans la solution alcaline, la période d'oppression dura 22 minutes, pendant lesquelles la circulation fut suspendue durant dix-neuf minutes; lors de la troisième immersion du Chara dans la même solution alcaline

line, la période d'oppression dura deux heures quarante minutes, pendant lesquelles la circulation fut suspendue durant deux heures trente-six minutes. Ainsi, il suffit de changer l'agent chimique délétère sous l'influence duquel se trouve le Chara, pour que les deux périodes successives d'oppression et de réaction se manifestent de nouveau.

On a vu plus haut que, par une température de + 11 degrés, la circulation du Chara se maintient pendant environ neuf heures dans une solution qui contient un millième de son poids de potasse caustique, et que cette même circulation se maintient pendant cinquante minutes dans une solution qui contient un millième de son poids d'acide tartrique. L'expérience précédente a prouvé que, en transportant le Chara alternativement dans ces deux solutions et par une température à peu près semblable, la circulation dure pendant sept heures un quart. J'ai voulu voir ce qui arriverait en plongeant les deux moitiés d'un méritalle de Chara, l'une dans la solution alcaline, l'autre dans la solution acide, dont il est ici question. Ayant rempli deux petits vases de verre avec de l'eau, j'ai plongé dans ces deux vases les deux moitiés d'un méritalle de Chara ployé en arc et assez long. Ces deux vases, placés sous le microscope, étaient séparés l'un de l'autre par un court espace, que traversait le méritalle de Chara, pour se porter d'un vase dans l'autre. C'était dans cette portion du méritalle, qui traversait d'un vase à l'autre, que j'observais la circulation. Cette portion demeurait constamment humectée par l'effet de l'attraction qu'elle exerçait sur l'eau qui remplissait complètement les deux vases. Dans cette expérience, j'observai la circulation pendant cinq heures, et elle me parut devoir durer indéfiniment, ne l'ayant point vue



diminuer de vitesse pendant cet espace de temps. M'étant assuré ainsi de l'existence de la circulation sans aucune altération dans un mérithalle de Chara placé de la manière qui vient d'être indiquée, j'ai mis dans ces deux vases, en remplacement de l'eau, dans l'un la solution alcaline, et dans l'autre la solution acide dont il a été fait mention plus haut, et j'ai placé dans chacun de ces vases l'une des deux moitiés d'un mérithalle de Chara, disposé comme dans l'expérience précédente. La température était de + 10 degrés. La circulation fut abolie sans retour au bout de six à sept minutes. Une seconde expérience, faite de la même manière, me donna le même résultat. Ainsi les actions simultanées de l'alcali et de l'acide sur les deux moitiés du mérithalle de Chara, bien loin de se neutraliser réciproquement, exercent sur la circulation et la vie de cette plante une influence bien plus délétère que celle qui résulte de l'action isolée et générale de l'une de ces deux substances. Dans ce dernier cas, il y a réaction contre l'influence de l'agent délétère, et la circulation persiste pendant un certain temps, tandis que, lors de l'action simultanée de ces deux substances sur les deux moitiés du mérithalle, la circulation et la vie du Chara sont abolies très-promptement et sans manifestation de réaction.

Les sels neutres jouissent, comme les alcalis, de la propriété de suspendre la circulation du Chara pendant la *période d'oppression*. Par une température de + 10 degrés cent., je plongeai une tige de Chara dans une solution d'une partie de sel marin dans quatre-vingt-dix parties d'eau. La circulation se suspendit au bout de quatre minutes, et il se manifesta dans la tige quelques légers mouvements convulsifs. Après huit minutes de suspension, la circulation se rétablit

par réaction et d'abord avec une extrême lenteur; elle s'accéléra peu à peu, devint rapide, et, ayant persisté pendant près de huit jours, elle finit par s'abolir sans retour. La température n'avait varié pendant ce temps que de + 8 degrés et demi à + 10 degrés cent. Une dose un peu plus forte de sel marin, dissoute dans la même quantité d'eau, abolit plus ou moins promptement la circulation du Chara, sans permettre à la réaction de s'établir. Cette abolition est même instantanée lorsque l'eau contient un cinquantième de son poids de ce sel. Le liquide circulant du Chara prend alors un mouvement rapide et désordonné; les globules verts sériés se dissocient et nagent avec rapidité confusément éparés dans le liquide que contient la cavité centrale du méridithalle.

Dans une autre expérience, faite avec une solution d'une partie de sel marin dans quatre-vingt-dix parties d'eau, j'ai retiré la tige du Chara de l'eau salée, après dix heures d'immersion, et je l'ai replongée dans l'eau pure, de même température que l'eau salée. La circulation, qui, par réaction, était devenue rapide dans l'eau salée, s'arrêta au bout de quatre minutes dans l'eau pure, et ne recommença qu'après cinq minutes de suspension, et cela par une nouvelle réaction.

Ainsi les mêmes effets de suspension de la circulation et de réaction subséquente, qui avaient été déterminés par le transport de la plante de l'eau pure dans l'eau salée, ont été déterminés par le transport de cette même plante de l'eau salée dans l'eau pure, après qu'elle eut séjourné dix heures dans la première.

Je me suis empressé, comme on le pense bien, d'expérimenter quelle était l'action de l'opium sur la circulation du Chara. Déjà Pouchet avait expérimenté que l'opium arrête la

circulation qui a lieu dans les cellules du *Zannichellia palustris* (1); mais, dans cette observation, il n'est point question de réaction subséquente, comme on va voir que cela a lieu chez le Chara. J'ai mis un mérithalle de cette plante dans une solution d'une partie d'extrait aqueux d'opium dans cent quarante-quatre parties d'eau, et cela par une température de + 21 degrés cent. Six minutes après, la circulation s'est suspendue; après un quart d'heure de suspension, la circulation a recommencé lentement par l'effet de la réaction vitale. Cette faible circulation s'est abolie sans retour après avoir duré une demi-heure.

J'ai répété cette expérience en employant une solution d'une partie d'extrait aqueux d'opium dans 288 parties d'eau : suspension de la circulation au bout de huit minutes; retour de la circulation par réaction vitale après dix minutes de suspension; elle devient bientôt plus rapide qu'elle ne l'était dans l'état naturel. La circulation dure ainsi pendant dix-huit heures, diminue ensuite de vitesse, et finit par s'abolir sans retour après vingt-deux heures d'expérience.

En employant une solution d'une partie d'extrait aqueux d'opium dans 575 parties d'eau, la circulation n'a point été suspendue, mais simplement rendue très-lente après cinq minutes. Cette lenteur de la circulation a duré pendant cinq autres minutes, et, un quart d'heure après, la circulation avait repris sa vitesse par réaction vitale.

L'alcool étendu d'eau agit de la même manière que l'opium. J'ai plongé une tige de Chara dans de l'eau, à laquelle j'avais ajouté un vingtième de son volume d'alcool à 36 degrés.

---

(1) *Annales des sciences naturelles*, 2<sup>e</sup> série, tome III, p. 41.

D'abord diminution excessive de la vitesse de la circulation après cinq minutes d'immersion ; ensuite, après dix minutes, le mouvement recommence à s'accélérer par réaction vitale, et devient très-rapide : il s'abolit au bout de quarante-deux heures, après avoir diminué graduellement de vitesse. La température fut de + 10 degrés cent. pendant cette expérience. Ce mode d'action de l'alcool se complique de son action coagulante et désorganisatrice, lorsqu'il est moins étendu d'eau.

J'ai observé, comme Corti, qu'une tige de Chara étant plongée dans l'huile d'olives, la circulation s'y abolit au bout de six à sept heures par une température de + 18 degrés cent. Je n'ai point aperçu de réaction dans cette expérience. J'ignore quel est le genre de l'action qu'exerce ici l'huile pour abolir la circulation du Chara. Cette plante étant plongée dans l'huile de térébenthine, sa circulation est abolie presque sur-le-champ.

Je n'ai observé de même aucune réaction en plongeant des tiges de Chara dans de l'eau gommée ou dans de l'eau sucrée. J'ai vu la circulation s'abolir au bout de quatre jours dans de l'eau qui tenait en solution un dixième de son poids de sucre, et durer jusqu'au commencement du troisième jour dans de l'eau chargée d'un cinquième de son poids de sucre ; cependant cette dernière solution, qui était assez dense, avait, par endosmose déplétive, soutiré une grande partie du liquide qui remplissait le tube dans lequel s'opérait la circulation, en sorte que ce tube était devenu fort rétréci. Ce rétrécissement devient presque instantané, et la circulation cesse de suite lorsqu'on plonge une tige de Chara dans du sirop de sucre.

## § IX.

## Conclusions.

Il résulte de ces expériences que les globules verts disposés en séries dans le tube interne des Chara exercent, à petite distance, sur les liquides qui les avoisinent, une action motrice en vertu de laquelle ces liquides se meuvent selon la direction de ces séries; et comme il y a dans le tube deux ordres de séries dont l'action motrice est inverse, il en résulte que le liquide est dans un état de circulation perpétuelle. Cette même circulation existant dans les racines, dans les parois desquelles il n'y a que des globules incolores, cela prouve que la couleur verte des globules organiques n'est pas nécessaire pour la production de ce phénomène, qui paraît ainsi appartenir à tous les globules organiques végétaux à l'état de vie, c'est-à-dire, à toutes les petites cellules naissantes. Cette force motrice, dont l'agent est invisible, est une *force vitale*, force dont la nature est inconnue; elle est influencée d'une manière nuisible par tous ceux des agents extérieurs qui ne sont pas nécessaires pour l'existence de la vie. Ces agents extérieurs nécessaires pour l'existence de la vie des végétaux sont : 1° une température déterminée ou dans certaines limites; 2° l'eau; 3° l'air atmosphérique et la lumière, considérés comme moyens de respiration végétale. Tous les autres agents extérieurs tendent, par leur influence, à diminuer, à suspendre ou à abolir la force vitale qui opère la circulation, force dont l'agent invisible réagit contre l'influence nuisible. Cette force s'accroît d'énergie sous l'influence

même des causes qui tendent à l'abolir, et cela jusqu'à ce qu'elle se trouve *en équilibre* avec l'influence de l'agent extérieur. L'influence de ce dernier est une force antagoniste de la force vitale à laquelle est due la circulation du Chara, puisqu'elle tend à abolir cette circulation : or, la force vitale dont il est ici question, reprenant son énergie sous l'influence continuée d'une force extérieure qui d'abord l'avait opprimée, cela prouve clairement que cette force vitale a éprouvé un changement au moyen duquel elle s'est mise, comme je viens de le dire, *en équilibre* ou *en rapport d'égalité* avec la force extérieure qui est *en présence*. Cet *équilibre* est la condition nécessaire de l'existence normale de la force vitale dont il s'agit. Si la force extérieure *en présence* augmente, la force vitale diminue d'abord, et, réagissant spontanément ensuite, elle rétablit l'*équilibre* rompu : si la force extérieure *en présence* diminue, la force vitale diminue d'abord et réagit ensuite pour rétablir de même l'*équilibre* rompu. Ainsi la force vitale qui produit la circulation du Chara n'augmente point et ne diminue point selon que la force extérieure *en présence* augmente ou diminue ; elle éprouve toujours une diminution directe par l'effet de tout changement soit en plus, soit en moins, qui survient dans l'intensité de la force extérieure avec laquelle elle se remet ensuite et spontanément *en équilibre*, en sorte qu'elle annule ainsi son influence. Le mécanisme de ces actions physiques et physiologiques est à coup sûr fort incompréhensible : il faut donc, dans l'état actuel de nos connaissances, prendre ces phénomènes tels qu'ils sont donnés par l'observation, sans chercher à les expliquer.

Ainsi la réaction par laquelle la force vitale du Chara combat l'influence des agents extérieurs nuisibles, a pour ef-

fet l'établissement d'un *équilibre*; or, cet *équilibre* peut être *permanent* ou *temporaire*. Je vais rendre ceci facile à comprendre par un exemple. J'ai fait voir plus haut que le sel marin ajouté à l'eau agit d'une manière nuisible sur la circulation du Chara, et que cette circulation, d'abord diminuée par cet agent extérieur, reprend ensuite sa vitesse normale par l'effet de la réaction; l'équilibre s'établit alors entre l'agent extérieur et la force vitale d'abord opprimée. Si la proportion du sel marin dans l'eau est un peu forte, l'équilibre établi par la réaction maintient seulement pendant un certain temps la circulation et la vie du Chara; l'une et l'autre finissent à la longue par s'éteindre, l'équilibre établi par la réaction n'a été que *temporaire*. Si, au contraire, la proportion du sel marin dans l'eau est assez faible, l'équilibre établi par la réaction maintient indéfiniment la circulation et la vie du Chara: ainsi cet *équilibre* est *permanent*. C'est ainsi que l'on voit des Chara vivre et croître dans des marais saumâtres voisins des bords de la mer. L'*équilibre permanent* dont il est ici question est le phénomène que l'on désigne généralement par le nom vulgaire et bien impropre d'*habitude* (1). Le Chara *habitué* à l'eau légèrement salée, y parcourt

---

(1) Le mot *habitude* devrait être banni de la science physiologique, car il sert fort mal à propos à désigner deux phénomènes qui n'ont aucun rapport. Le premier de ces phénomènes est la tendance que possède l'économie vivante à se modifier sous l'influence des agents extérieurs, de manière à annuler cette influence lorsqu'elle est longtemps continuée, ou simplement à la diminuer lorsque cette même influence agit souvent et par intervalles. Cette modification de l'économie vivante consiste dans l'établissement d'un *équilibre* entre une puissance extérieure et une puissance intérieure et vitale. En vertu de cet *équilibre*, il n'y a plus

toutes les périodes de sa vie, comme il le fait dans l'eau douce. Mais cette plante ne peut *s'habituer* à l'eau qui est salée dans une plus forte proportion; et cependant sa force vitale a réagi d'abord contre l'influence nuisible du sel, et il

d'action de l'agent extérieur sur les organes vivants. Ceux-ci résistent alors à l'influence de l'agent extérieur avec une force égale à celle avec laquelle ce même agent extérieur agit sur eux. Cet *équilibre* subsiste tant que l'agent extérieur ne change d'énergie ni en plus ni en moins; car, ce changement arrivant, l'économie vivante serait influencée de nouveau, et tendrait, par cela même, à établir un nouvel *équilibre*.

Le second des phénomènes, que l'on désigne sous le nom d'*habitude*, est la tendance que possède l'économie vivante à conserver un *lien d'association* entre ceux de ces phénomènes qui se sont trouvés plusieurs fois associés, même accidentellement. C'est ainsi qu'il s'établit un *lien d'association* entre des mouvements musculaires très-divers, dans les différents exercices ou les différents arts auxquels nous nous livrons journellement; en sorte que ce *lien d'association* rend plus facile l'exécution simultanée ou successive de ces divers mouvements musculaires. Souvent ce sont des sensations qui se trouvent ainsi associées à des mouvements; en sorte que, la sensation venant accidentellement à se renouveler, elle entraîne l'exécution des mouvements musculaires auxquels elle avait été précédemment plusieurs fois associée. On en peut dire autant des *actions intellectuelles* ou des pensées qui s'enchaînent les unes aux autres par ce *lien d'association*, qui fait tout le mécanisme de ce que l'on nomme la *mémoire*. Ainsi toutes les actions vitales tendent à s'unir, soit entre elles, soit avec des sensations par un *lien d'association*, lorsque leur concomitance ou leur succession se réitèrent fréquemment. Il est bien facile de voir que ce *phénomène d'association* n'a aucun rapport avec le *phénomène d'équilibre*, qui est si mal à propos confondu avec lui sous le nom vulgaire d'*habitude*. Il n'y a de commun entre ces deux phénomènes que la *fréquente réitération*, qui est la cause occasionnelle de l'un et de l'autre. C'est de là qu'est venue leur confusion, que les physiologistes devraient se hâter de faire disparaître.



est résulté de cette réaction l'établissement d'un *équilibre* entre la force vitale et l'influence de l'agent extérieur, *équilibre* au moyen duquel la circulation et la vie du Chara ont subsisté pendant un temps plus ou moins long; mais à la fin la force vitale a cédé, vaincue par l'influence continuée de l'agent extérieur, et la plante qui n'a pu *s'habituer* à cet agent extérieur a cessé de vivre; l'*équilibre* établi par sa réaction vitale n'était ainsi que *temporaire*; il devait cesser, détruit par l'influence continuée de l'agent extérieur trop énergique. La plante était donc alors dans un véritable état de maladie: son *équilibre temporaire* était le résultat d'une *réaction morbide*, semblable par sa nature à la *réaction hygiénique* qui produit l'*équilibre permanent* désigné vulgairement sous le nom d'*habitude*, mais différente de cette même *réaction hygiénique* par l'impuissance où elle est de subsister indéfiniment. C'est ainsi que sous l'influence continuée de faibles doses d'un poison, un homme pourra vivre *habitué* à ces doses d'un agent nuisible; mais si les doses de ce poison excèdent les limites dans lesquelles peut exister l'*équilibre permanent* entre les forces de la vie et l'influence de cet agent extérieur nuisible, ou, en d'autres termes, si l'*habitude* ne peut s'établir ici, la vie finira par s'éteindre, après avoir résisté plus ou moins longtemps, au moyen de la *réaction morbide* qui établit un *équilibre temporaire* entre les forces de la vie et l'agent extérieur qui doit les anéantir par le fait de la trop longue durée de son énergique influence.

Ces rapprochements nous font voir qu'il existe une similitude fondamentale entre les phénomènes de la vie des végétaux et les phénomènes de la vie des animaux. Il paraît donc possible de se fonder sur l'observation du mode d'action des

agents extérieurs sur le Chara, pour en déduire la détermination de la manière dont ces mêmes agents extérieurs agissent sur les animaux. Ainsi se trouverait résolu, en partie, le problème tant et si vainement cherché, touchant le mode d'influence des agents du dehors sur des êtres vivants considérés en général. Combien de dissentiments entre les physiologistes sur la propriété ou *stimulante* ou *sédative* de certaines substances, de l'*opium* par exemple! On voit le froid et la chaleur produire chacun des effets d'excitation et des effets de sédation; tous les deux fortifient ou affaiblissent suivant les circonstances. Pour l'explication de ces phénomènes, un libre champ a été ouvert aux théories des physiologistes, qui, ne voyant pas ce qui se passait dans les organes, et ne jugeant que par l'observation des phénomènes extérieurs, n'ont pu parvenir, sur ce point, à la connaissance de la vérité. Une plante transparente, et dont les mouvements vitaux intérieurs sont visiblement influencés par les agents du dehors, le Chara, vient jeter un jour nouveau et inattendu sur la manière dont s'opère l'influence des agents extérieurs sur l'être vivant. Il résulte des observations que j'ai faites sur cette plante, que tous ceux des agents extérieurs qui ne sont pas nécessaires pour l'existence de la vie, sont, pour elle, des *sédatifs directs*; ils ne stimulent que par la réaction vitale qu'ils provoquent. La chaleur, restreinte dans les limites de la température la plus favorable au maintien de la vie, seule est un *excitant direct* pour le Chara, et son effet excitant croît avec son élévation. Au delà comme en deçà de ces limites, la température n'agit plus directement que comme cause sédative; elle ne stimule plus qu'indirectement, c'est-à-dire par réaction. Tous les agents chimiques sont pour le

Chara des *sédatifs directs* plus ou moins puissants : les alcalis l'emportent à cet égard sur les acides, et l'opium l'emporte sur les alcalis. La réaction seule rend ces substances stimulantes : elles sont donc toutes des *stimulants indirects*. Les agents mécaniques et les lésions organiques agissent aussi sur le Chara comme *sédatifs directs*, et ensuite comme stimulants par réaction. Peut-on user ici de l'induction de l'analogie pour appliquer aux animaux ces résultats de l'expérience faite sur une plante ? J'avoue que je suis très-porté à le penser. On devrait admettre, d'après cette manière de voir, que les substances qui ont été considérées comme *stimulantes* ou *excitantes* pour les animaux, sont celles qui n'opèrent qu'une sédation trop faible et de trop courte durée pour pouvoir être aperçue, sédation qui est promptement suivie par la réaction vitale. Par contre, les substances que l'on a considérées comme essentiellement sédatives pour les animaux, seraient celles qui, à des doses déterminées, produisent une sédation forte et prolongée, laquelle n'est suivie que d'une faible réaction vitale. On conçoit fort bien, d'après cela, comment la même substance, suivant la dose à laquelle elle est employée, peut donner lieu à la prédomination de la *sédation directe*, qui est son effet primitif, sur l'*excitation indirecte*, qui est son effet secondaire, ou bien à la prédomination de cette dernière sur la première.

C'est la première fois que les phénomènes de la réaction vitale, depuis longtemps connus chez les animaux, se présentent à l'observation dans le règne végétal. Cependant quelques observations avaient déjà fait voir les phénomènes de l'*habitude* chez certains végétaux, mais on ne pouvait savoir alors que l'*habitude* est le résultat d'une *réaction permanente* ;

quant à la *réaction morbide* ou *temporaire*, on ignorait entièrement son existence chez les végétaux.

C'est à coup sûr un phénomène bien incompréhensible, dans l'état actuel de nos connaissances, que celui de cette tendance des forces qui président à la vie, à se mettre *en équilibre* avec l'influence que les agents extérieurs exercent sur elles; étant affaiblies par tout changement, soit en plus, soit en moins, qui survient dans l'influence des agents extérieurs, après que son *équilibre* avec cette influence a été bien établi, et réagissant ensuite pour établir un nouvel *équilibre* indispensable pour l'existence normale du mouvement vital.

M. Amici a émis l'idée que les séries de globules verts du Chara sont autant de piles voltaïques en action, en sorte que le mouvement de progression du liquide qui les touche serait dû à une impulsion électrique.

Pour savoir si cette hypothèse est fondée, il fallait étudier l'action de l'électricité voltaïque sur la circulation du Chara; pour cet effet, j'ai réclamé le concours et la collaboration de mon honorable collègue M. Becquerel, si connu du monde savant par ses beaux travaux sur l'électricité. (*Voyez le mémoire suivant.*)

---

---

 EXPLICATION DES FIGURES.
 

---

Fig. 1. *a. g.* Méritalle du *Chara fragilis*, considérablement grossi sans être allongé dans la même proportion; — *b. b. b.* feuilles verticillées; — *p. p. p.* rudiments de spinules dispersés sur le méritalle; — *m. m.* rudiments de spinules rangés sur deux lignes circulaires au sommet de chaque méritalle; — *o. o. o.* tubes fibreux correspondant chacun par sa base et par son sommet à un rudiment de spinule: ces tubes fibreux sont les seuls dans lesquels on voit une circulation; — *c.* racine adventive simple; — *d.* racine ramifiée; — les ramifications *f. f.* partent de l'extrémité renflée *i.* de la racine *d.*

Fig. 2. Coupe transversale de la tige de *Chara fragilis*: *a.* tube externe dans lequel on voit les ouvertures des tubes fibreux; — *b.* tube interne doublé intérieurement par les globules verts *c.*

Fig. 3. Tube interne du Chara dépouillé de son tube externe et au travers duquel on voit les séries de globules verts que suit, dans l'intérieur du tube, le liquide qui circule, montant en spirale par la spire *b. b.* et descendant par la spire *c. c.* Ces deux spires sont séparées par des espaces transparents *a. a., a. a., a. a.* nommés *lignes de repos.*

Fig. 4. Portion de tube interne de Chara où l'on voit la spire *n.*, dans laquelle s'opère l'ascension du liquide circulant, offrir une interruption considérable *b.* dans la continuité de ses séries de globules verts. Le courant ascendant s'arrête dans cet endroit, et il se réfléchit vers le courant descendant qui suit la spire *m.*, suivant la direction *i. o.*

Fig. 5. Coupe transversale d'un méritalle du *Nitella flexilis* d'après

Slack : — *a. b. à. e.* tube externe à l'intérieur duquel sont les séries de globules verts ; — *a. c. à. f.* tube interne ; — *d.* cavité de ce dernier.

Fig. 6. Portion de tube interne de Chara. Dans le milieu de la ligne de repos *r. r.*, une série de globules verts *c. d.*, détachée du côté *a.*, affecté au courant descendant, s'est roulée en spirale.

Fig. 7. Répétition de la figure précédente, dans laquelle on voit que la série de globules verts *c. d.*, placée accidentellement dans le milieu de la ligne de repos *r. r.*, a quitté sa disposition en spirale et s'est étendue en ligne droite. Un petit globule flottant *i.* se meut suivant la direction *c. d.* de cette ligne.

Fig. 8. Même figure, dans laquelle on voit la série de globules verts *c. d.* se reployer en *o.* et tendre à se retourner bout pour bout, en marchant suivant la direction des deux petites flèches qui sont auprès d'elle.

Fig. 9. Même figure, dans laquelle on voit la série de globules verts *c. d.* complètement retournée bout pour bout et appliquée contre la plus extérieure des séries de globules verts appartenant au côté *a.*, affecté au courant descendant.

Fig. 10. Ligature opérée sur un tube interne de Chara dénudé. Les deux circulations distinctes qui se sont établies des deux côtés de la ligature n'amènent point le liquide circulant jusqu'auprès de cette ligature. Ce liquide se réfléchit de chaque côté à une certaine distance, ainsi que l'indiquent les flèches.


Fig. 11. Portion de tube interne de Chara, dans lequel on voit que les séries de globules verts se sont fléchies sinueusement et d'une manière irrégulière.

## INFLUENCE DE L'ÉLECTRICITÉ

SUR LA

## CIRCULATION DU CHARA,

PAR MM. BECQUEREL ET DUTROCHET (1).



---

L'observateur qui est témoin pour la première fois du mouvement circulatoire des globules de la lymphe dans le Chara, est porté à l'attribuer à l'électricité. En effet, ces globules, dirigés de bas en haut, redescendent dès l'instant qu'ils rencontrent un nœud ou une ligature qui s'oppose à leur mouvement, pour remonter, et ainsi de suite, d'où résulte un mouvement rotatoire qui a de l'analogie avec celui de l'électricité dans un circuit fermé. Si l'on examine

---

(1) La rédaction de ce mémoire appartient à M. Becquerel.

la constitution du nœud, on y trouve un diaphragme qui arrête les globules et les force à redescendre. Les stries parallèles de globules verts situés à la paroi interne du tube central du Chara paraissent avoir une grande influence sur le mouvement de la lymphe, puisqu'il s'exerce uniquement selon la direction de ces mêmes stries.

On a considéré les globules verts comme des couples voltaïques, et leurs séries comme des piles; mais cette hypothèse ne repose sur aucun autre fait que le mouvement rotatoire dont nous venons de parler.

Nos connaissances en électricité sont tellement avancées aujourd'hui, que l'on a des moyens directs de s'assurer si un phénomène de mouvement dépend immédiatement ou non de l'électricité. Le physiologiste et le physicien doivent donc se réunir pour discuter ensemble toutes les questions de cette nature qui concernent les phénomènes de la vie. Guidés par cette manière de voir, nous avons étudié, M. Dutrochet et moi, le mouvement de la lymphe dans le Chara, afin de savoir si l'on devait lui attribuer ou non une origine électrique.

La chaleur et l'électricité dérivant du même principe, suivant toutes les apparences, et manifestant souvent leur action en même temps, nous devons rappeler d'abord en peu de mots le genre d'influence que la chaleur exerce sur le phénomène du Chara, afin de présenter dans le même cadre les faits généraux relatifs au mode d'action de ces deux principes.

Suivant les observations de l'un de nous, la circulation du Chara est très-lente à zéro; elle s'accélère à mesure que la température monte et devient très-rapide à + 18 ou 19 degrés C.; elle diminue ensuite, et à + 27 elle est extrêmement ralentie.



Sous cette même influence, sa vitesse augmente peu à peu, et deux heures après elle possède une grande rapidité.

Si l'on continue à élever la température d'abord jusqu'à 34°, et ensuite jusqu'à 40, on observe des effets semblables, c'est-à-dire que la plante, après avoir éprouvé une diminution dans la vitesse de la circulation, reprend peu à peu cette vitesse. Ce n'est qu'à 45° que le mouvement rotatoire s'arrête pour ne plus reparaître.

Toutes les fois que la plante éprouve un changement brusque de température de 25° environ, le mouvement rotatoire s'arrête complètement et reprend quelque temps après.

En général, l'abaissement de la température diminue la vitesse de la circulation, tandis que l'élévation de la température, quand elle ne dépasse pas certaines limites, l'augmente; au delà il y a ralentissement dans la vitesse.

Le froid tend bien à ralentir la circulation, mais la réaction vitale redonne à cette circulation une vitesse qui n'est pas aussi grande, à la vérité, que celle qu'elle acquiert sous l'influence de la réaction contre l'élévation de la température.

Nous allons montrer actuellement que l'électricité produit des effets qui ont de l'analogie avec les précédents, mais qui en diffèrent cependant sous certains rapports. Les expériences ont été faites avec un microscope d'un grossissement moyen. La tige du Chara, dépouillée de sa partie extérieure opaque, a été mise sur un verre légèrement concave, avec une petite quantité d'eau, et ses deux extrémités ont été recouvertes de feuilles très-minces de platine, afin de mieux établir la communication avec deux fils de platine en relation avec les deux pôles d'une pile.

Si le mouvement de la lymphe, qui est dirigé dans le sens

des séries de globules verts, est dû à l'électricité, on doit pouvoir l'accélérer ou le ralentir en soumettant la plante à l'action d'un courant dirigé dans le sens de ces séries. Pour nous en assurer, nous avons placé une tige de Chara dans une hélice dont les circonvolutions, parallèles à ces stries ou séries de globules verts, se trouvaient dans un plan vertical; puis nous avons fait passer dans cette hélice la décharge de piles fortement chargées, composées depuis dix jusqu'à trente éléments, sans apercevoir ni augmentation ni diminution dans la vitesse du mouvement rotatoire du Chara. L'hélice a ensuite été placée de manière que ses circonvolutions étaient perpendiculaires aux stries et se trouvaient toujours dans un plan vertical: Le courant électrique, quelle qu'ait été sa direction, n'a exercé aucune influence sur le mouvement rotatoire du Chara. La direction des circonvolutions a été changée de nouveau, et l'on a eu constamment des résultats négatifs. Il paraîtrait donc que le mouvement rotatoire n'est pas dû à l'électricité; on doit, suivant toutes les apparences, l'attribuer à une force particulière dont la nature nous est tout à fait inconnue.

L'action des courants par influence ne nous ayant rien appris, il ne restait plus qu'à transmettre le courant électrique à travers la tige même du Chara. Or, quand l'électricité traverse les corps, elle y produit des actions chimiques ou des effets physiques qui sont accompagnés d'effets calorifiques. Nous n'avons eu égard, dans nos expériences, qu'aux effets physiques.

*Première expérience.*— Une tige de Chara ayant été placée avec un peu d'eau ordinaire sur une lame de verre concave,

on a fait passer dans cette tige, tantôt de haut en bas et tantôt de bas en haut, le courant provenant d'un certain nombre de couples d'une pile chargée depuis deux jours avec de l'eau renfermant un centième de son poids de sel marin. On a employé successivement un, deux, trois couples; au troisième couple, le mouvement rotatoire a été arrêté subitement. Le courant électrique ayant été interrompu pendant quelques minutes, le mouvement rotatoire a repris sa vitesse primitive. L'expérience ayant été recommencée, il a fallu cinq couples pour arrêter le mouvement.

*Deuxième expérience.* — On a fait passer le courant de manière que le pôle positif fût mis en communication avec le haut de la tige; le mouvement rotatoire a été arrêté en employant deux couples. Après quelques instants d'interruption, il n'a pas tardé à recommencer; il a fallu alors six couples pour l'arrêter.

*Troisième expérience.* — On a opéré avec une autre tige dans laquelle le mouvement des globules était très-actif. On a pu alors augmenter la force de la pile depuis un, deux, trois, jusqu'à vingt couples, sans apercevoir de diminution dans la vitesse. En passant de vingt à trente couples, le mouvement s'est arrêté subitement.

*Quatrième expérience.* — On a recommencé les mêmes séries d'observations avec une pile chargée seulement avec de l'eau de Seine, afin d'avoir un courant faible qui ne fût pas capable de réagir chimiquement d'une manière sensible sur les parties constituantes de la plante. Le pôle négatif corres-

pondait au haut de la tige ; il a fallu neuf couples pour arrêter le mouvement rotatoire. La direction du courant ayant été changée, le mouvement rotatoire a été arrêté avec cinq couples ; alors, au lieu d'interrompre le circuit, comme dans les expériences précédentes, on a continué à laisser cheminer le courant électrique dans le Chara ; le mouvement a recommencé au bout d'une minute avec une vitesse successivement croissante. Cinq minutes s'étant écoulées, on a ajouté trois couples les uns après les autres ; au troisième couple le mouvement rotatoire a été interrompu, mais il a recommencé au bout d'une minute ; cinq minutes après, on a augmenté successivement de cinq couples le circuit, et au cinquième le mouvement a été arrêté net, puis il a recommencé au bout d'une minute. Cinq minutes après, on a pu ajouter quatorze couples au courant sans suspendre le mouvement rotatoire immédiatement ; mais il s'est arrêté au bout d'une minute, et n'a repris qu'après un intervalle de plusieurs heures, quand il n'a plus été sous l'influence du courant.

*Cinquième expérience.* — En soumettant à la même expérience un Chara dont le mouvement rotatoire était très-actif, le pôle positif étant en rapport avec la base de la plante, le mouvement a été arrêté à quinze couples, et a repris au bout d'une minute d'influence ; quatre minutes après, on a ajouté successivement un, deux, trois, jusqu'à quarante couples, et le mouvement a été arrêté au quarantième ; il a repris au bout de cinq minutes d'influence. On a augmenté ensuite le nombre des couples jusqu'à cinquante-cinq, et le mouvement rotatoire s'est arrêté quelques minutes après ; il a repris ensuite au bout de deux minutes.

*Sixième expérience.* — On a employé une pile qui n'avait pas servi depuis longtemps, et dont la surface des couples n'était point, par conséquent, décapée; on l'a chargée avec de l'eau de Seine, afin que la réaction de ce liquide sur le zinc fût très-faible. Voici les résultats que l'on a obtenus avec un Chara dont le mouvement rotatoire était rapide: on a fait passer successivement dans la tige la décharge de un, deux, trois, jusqu'à soixante couples; le courant électrique persistant, le mouvement rotatoire s'est arrêté une minute après, et n'a pas tardé à reprendre; quand il a été bien rétabli, on a rétrogradé successivement d'un couple jusqu'au dix-huitième couple; alors le mouvement s'est arrêté, et a repris une minute après.

L'eau de la pile ayant été enlevée, on a chargé celle-ci avec de l'eau renfermant environ un cinquantième de son poids d'une solution saturée de sel marin et quelques gouttes d'acide sulfurique. Avec la même tige de Chara, le mouvement a été arrêté à un couple, et s'est rétabli quelques instants après.

Nous avons fait beaucoup d'autres expériences qui ont conduit, comme les précédentes, aux conséquences suivantes: 1° l'électricité qui traverse la tige du Chara tend à produire, dans les premiers instants, un engourdissement dont l'intensité dépend de la force du courant; 2° le courant électrique agit en même temps et également sur le mouvement ascendant et sur le mouvement descendant; 3° le sens du courant électrique ne paraît établir aucune différence dans son mode d'action; 4° si le courant provient d'une pile chargée avec de l'eau, il faut employer un certain nombre de couples pour arrêter le mouvement rotatoire; quelques instants

après, il recommence peu à peu sous l'influence du courant électrique, et finit par acquérir la vitesse qu'il avait primitivement. En augmentant le nombre des couples, il y a un nouvel arrêt, et ensuite, reprise du mouvement; ainsi de suite jusqu'à ce que le courant électrique ait assez d'intensité pour arrêter le mouvement rotatoire pendant quelques heures. En rétrogradant, c'est-à-dire, en diminuant successivement le nombre des couples, on retrouve encore des arrêts et des reprises du mouvement rotatoire. Le passage de l'électricité ne produit aucune désorganisation, puisqu'un repos plus ou moins long rend à la plante ses facultés naturelles.

En expérimentant avec une pile chargée avec un liquide actif et un bon conducteur, on observe des effets semblables, si ce n'est qu'il ne faut employer qu'un petit nombre de couples pour les obtenir.

Comparons ces effets avec ceux qui sont produits par la chaleur, puisque le courant électrique, en traversant la tige du Chara, a dû élever sa température. A partir de zéro, la circulation du Chara s'accélère à mesure que la température monte; à 18° ou 19°, elle est très-rapide; elle diminue ensuite jusqu'à 27°, où elle est très-ralentie, puis sa vitesse augmente, et ainsi de suite jusqu'à 45°, où tout mouvement cesse pour ne plus reparaître; la plante éprouve alors une désorganisation qui détruit le mouvement rotatoire des globules.

L'électricité produit constamment sur le Chara des alternatives semblables, c'est-à-dire, des arrêts et des reprises de mouvement, même quand on emploie des courants de faible intensité. Mais nous n'avons jamais observé une accélération dans la circulation comme en produit la chaleur. C'est en

cela que consiste la différence que nous avons trouvée entre le mode d'action de l'électricité et celui de la chaleur.

Voici maintenant comment on peut interpréter le mode d'action de l'électricité. Lorsqu'un courant électrique traverse un corps quelconque, il commence par faire perdre à ses molécules leur position naturelle d'équilibre, d'où résulte ordinairement un dégagement de chaleur, et, dans quelques cas particuliers, un abaissement de température. Si l'intensité de ce courant est suffisante, les molécules sont séparées et même décomposées; si elle est trop faible pour produire ces derniers effets, les molécules reprennent peu à peu leur position primitive, aussitôt que l'action du courant a cessé. C'est alors que les propriétés physiques du corps redeviennent ce qu'elles étaient avant que le courant électrique l'eût traversé; mais ce qu'il y a de particulier dans le Chara, et ce que nous signalons à l'attention des physiologistes, c'est qu'après que le courant a produit les effets physiques ci-dessus mentionnés, lesquels sont accompagnés d'une action engourdissante, les forces qui produisent la circulation, et dont la nature est inconnue, font un effort pour lutter avec assez d'avantage contre la force électrique, afin que les molécules organiques, quoique dérangées de leur position naturelle d'équilibre, recouvrent leurs propriétés primitives. L'action qui détermine le mouvement rotatoire l'emportant sur l'action électrique, celle-ci continue à agir sans troubler ce mouvement. Cette lutte cesse quand le courant électrique possède une intensité suffisante; les forces vitales, alors épuisées momentanément, reprennent leurs facultés après un certain temps de repos, une fois qu'elles ne sont plus soumises à l'action de l'électricité.

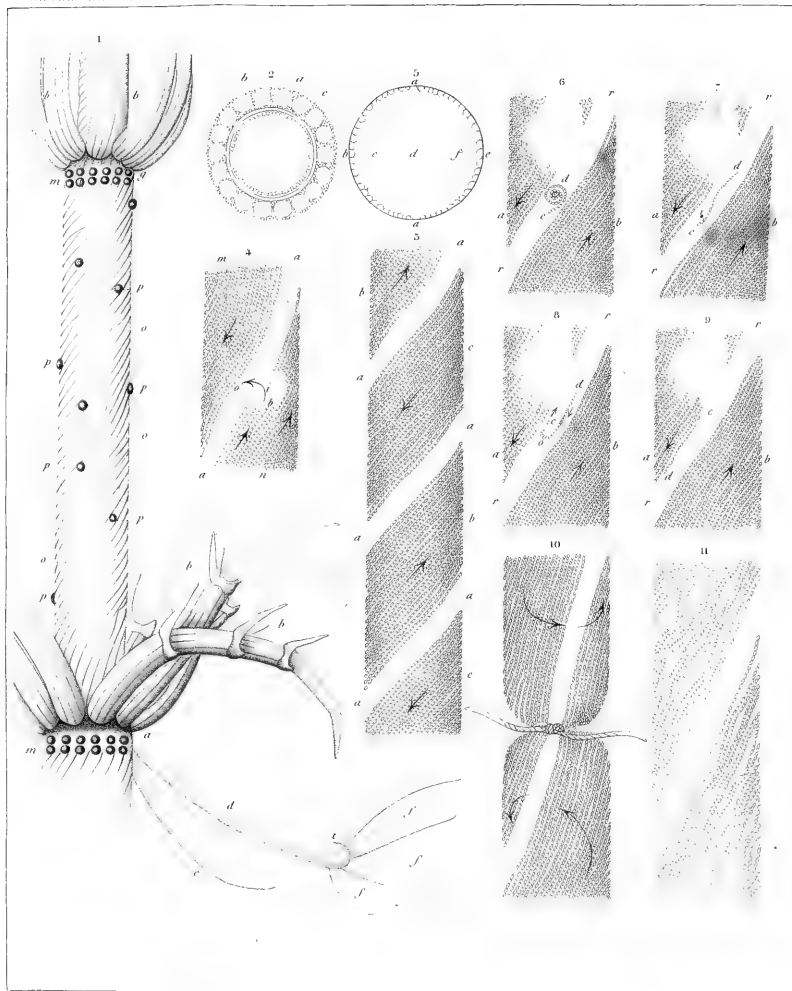
Si l'on compare les effets que nous venons de décrire à ceux qui sont produits par la chaleur, nous trouvons des différences notables qui nous mettent à même de conclure que le courant électrique agit ici d'une manière particulière.

On doit voir que, dans les recherches dont nous venons de rendre compte, nous avons suivi une marche philosophique pour arriver à la connaissance de la force qui produit la circulation de la lymphe dans le Chara; nous l'avons mise en présence d'autres forces dont les effets étaient bien définis, afin de connaître les rapports qui existent entre elles. De la comparaison des effets observés, nous avons conclu que les forces qui produisent le mouvement rotatoire ne peuvent être rapportées, suivant toutes les apparences, à l'électricité, qui agit ici d'une manière particulière dont nous n'avons pas encore eu d'exemple dans l'étude que nous avons faite des propriétés physiques et chimiques de cet agent.

---







Structure et circulation du *Chara fragilis*.

M. J. S. P. 1825

# Några iakttagelser öfver Characeernas groning

af

O. NORDSTEDT.

**E**n nöt eller *sporknopp* (Sporenknospchen, Sporophyas A. Br.) hos Characeerna består af:

1:o) sjelfva *Sporen*, som utgöres af en cell, hvares inre är nästan helt och hållet uppfyllt af stärkelsekoru; på dess undre och yttre sida finnas hos Chara rudimenter af 1 och hos Nitella af 3 celler (de af BRAUN s. k. "Wendungszellen").

2:o) *Sporhylllet* (Sporostegium A. Br.), som består af 5 i spiral omkring sporen vridna celler, hvilka nedtill äro förenade genom en eller flera celler men upptill ligga med sina kanter tätt tillhopa. Ofvan dessa celler sitter den s. k. *kronan*, bestående af hos Chara 5 och hos Nitella 10 (i 2 kransar ställda) celler. Vid mognaden affaller den yttersta, membranösa delen af sporhylllet samt hos Nitella och mången Chara äfven hela kronan.

Sedan VACHER<sup>1)</sup> hade visat, att nötterna gro, och KAULFUSS<sup>2)</sup> ådagalagt, att i nötens inre finnes en cell och att denna vid groningen förlänger sig, dervid söndersprängande det yttre hyllet, så ansåg man en längre tid Characeernas groning vara tillräckligt undersökt. Man trodde neml., att ur denna cell växten utvecklades enligt samma lagar som de, hvilka gälla för den mera utbildade växten. Visserligen hade man iakttagit några olikheter på de nedersta delarna af den groende växten (ss. att de nedersta lederna saknade

<sup>1)</sup> "Mémoire sur les Charagnes" i "Mémoires de la Société d. Physique d. Genève" Tom. I, pag. 1.

<sup>2)</sup> "Erfahrungen über das Keimen der Charen." Leipzig 1825, p. 71 o. fig. 26.

utvecklade blad, men hade rötter m. m.), men man hade dock ej fäst tillräcklig uppmärksamhet dervid <sup>3)</sup>).

Redan C. A. AGARDH <sup>4)</sup> visade, att från lederna kunna grenar utväxa, hvilka äro lika de från nötterna vid groningen framkommande delarne. N. PRINGSHEIM <sup>5)</sup> var den förste, som närmare iakttog utvecklingen af dessa grenar. Han anser dem för Grenproembryoner ("Zweigvorkeime") och de från nötterna framkommande delarne för Proembryoner ("Vorkeime"). Proembryot (hvars utveckling han säger sig ej närmare studerat, sedan han lärt sig inse betydelsen af grenproembryot) säger han vara likt ett grenproembryo, förutom att straxt vid nöten mynning finnes ytterligare en sednare uppträdande rotled, som han kallar nötledd ("Samenknoten"), för hvars uppkomst han dock ej redogör.

L. J. WAHLSTEDT <sup>6)</sup> har iakttagit proembryonerna hos många arter, men ej uppkomsten af nötledden på dem. Hufvudsakligen på grund af några observerade "öfvergångar" mellan grenproembryoner och adventivgrenar, anser han grenproembryonerna för adventivknoppar, hvilka han indelar i:

"a) Vanliga adventivknoppar, med redan från första framkomsten utbildad vegetationspunkt (terminalknopp)."

"b) Knoppgrenar, som icke vid sin framkomst ega någon utbildad terminalknopp."

Tillfölje af "att de från groende Charasporor framkommande plantorna visa från sin första början en tydlig och omisskännelig skillnad mellan rot (om ock blott adventivrot) och stam," och "att verkliga leder bildas på det s. k. prothalliet, hvarigenom en jämförelse med mossprothalliet helt och hållet omöjliggöres"; så anser han "det vara alldeles öfverflödigt för Characeerna, hvilkas

<sup>3)</sup> Pag. 320 uti "Jahrbücher für wissenschaftl. Botanik" III Band. 2 Hft. (1862) uti en afhandling "Ueber die Vorkeime u. die Nacktfüssige Zweige der Charen" säger Pringsheim: "Auch den späteren Beobachtern schien der Vorgang bei der Keimung zu klar, um einer besondern Erörterung unterliegen zu müssen; sie sprechen von der unmittelbaren Entwicklung der Sporenzelle zur Pflanze ebenso, wie Bischoff, als von einer sich von selbst verstehenden Sache, obgleich ihnen die äusseren Verschiedenheiten, welche die unteren Theile einer keimenden Pflanze auszeichnen, durchaus nicht entgangen waren."

<sup>4)</sup> "Über die Anatomie u. den Kreislauf der Charen" i "Nov. Act. Phys. Med. Acad. Cæs. Leop. Carol. Nat. Cur." Tom. XIII. P. I.

<sup>5)</sup> Anf. st.

<sup>6)</sup> Om Characeernas knoppar och öfvervintring, Lund 1864.

sporer innehålla en sådan rik tillgång på näringsämnen, att genomgå ett prothalliumstadium." utan "tror, att de organer, som vid Charers groningen framkomma, snarare äro att jämföra med de delar, som framkomma vid en del monokotyledona vexters groningen."

Redan KAULFUSS <sup>7)</sup> omnämner, att från nöten mynning en hufvudrot ofta utvecklas. Denna uppkomst samt närmare sammanhang med nöten och proembryot är i senare tider <sup>8)</sup> ej närmare undersökt, hvilket man kan finna, af hvad PRINGSHEIM <sup>9)</sup> yttrar. Han säger neml.: "Ist die bisher sogenannte Hauptwurzel der Charen — wie meine ältesten Zeichnungen der Keimung von Nitella syncarpa (aus dem Jahre 1852) andeuten — eine untere Fortsetzung des Vorkeimes, oder eine Seitenwurzel desselben? Diese Frage kann ich augenblicklich nicht entscheiden und muss neuere Beobachtungen von Keimlingen abwarten."

För att lära känna, när och huru denna nötleid och hufvudrot uppkommer, undersökte jag groningen hos flera arter. Som jag haft mest tillgång på groende *Ch. foetida*, afser den följande lilla framställningen af groningen hufvudsakligen denna art.

Det första synbara tecken till börjande groningen <sup>1)</sup> är, att öfversta delen af sporens membran förlänger sig, dervid söndersprängande sporhylllets öfversta del i vanl. 5 flikar (Fig. 1). Den utskjutande delen afskiljes från sporens öfriga innehåll genom en skiljevägg, som ofta, dock ej alltid, är vinkelrät mot

<sup>7)</sup> Anf. st. p. 48 och 72.

<sup>8)</sup> K. MÜLLER ("Zur Entwicklungsgeschichte der Charen" i Bot. Zeit. 1845, pag. 410) säger visserligen: "Sobald nämlich die Haut des Nucleus die Sporenhaut blasenartig durchbrochen und sich schlauchartig auszudehnen begann; sobald auch entwickelte sie sich nach der entgegengesetzten Seite schlauchartig (Fig. 4, 6). Dadurch kommt die Spore aus einer anfangs perpendicularen Lage in eine horizontale. Jener Schlauch aber bildet ein Wurzelchen, dem bald durch einfache blasige Ausdehnung der Nucleushaut mehre folgen, so dass dieselbe an diesem Ende einem ganzen Schopf von Wurzelzserchen erlangt." På fig. 6 synes nedre delen af proembryot och hufvudroten sammanhänga utan någon skiljevägg; på fig. 4 tyckes deremot en sådan finnas. Han tyckes sedan ej ändrat åsigter, emedan han i "Der Pflanzenstaat" (1860) copierat ofvan omnämnde fig. 6 och pag. 245 säger: "Kein Vorgang kann einfacher sein, denn die Bildung der neuen Pflanze ist nur eine einfache Ausdehnung der innersten Fruchthülle zu einem Schlauche nach oben(d), zu fadenartigen Wurzeln nach unten(e)."

<sup>9)</sup> Anf. st. pag. 314, noten.

<sup>1)</sup> De förändringar, som försiggå med cellinnehållet, tagas i det följande ej i betraktande.

sporens längdaxel (Figg. 2, 3). Derefter upphör all tillväxt i riktning af sporens längdaxel, men fortskrider i en häremot mer eller mindre vinkelrät riktning <sup>2)</sup>. Denne cell delar sig neml. i riktningen af sporens längdaxel i 2 celler genom en skiljevägg, som, åtminstone oftast, är vinkelrät mot den nya tillväxtaxeln <sup>3)</sup>. Den ena af dessa 2 celler är vegetationscell och den andra en ledcell.

Vegetationscellen delar sig vidare och utväxer till ett organ, fullt likt ett grenproembryo eller ett Pringsheimskt proembryo, som saknar sin nötled (Figg. 5, 14, 16). Det kan under sin utveckling (tillfölje af nötens läge?) afvika från sin normala riktning att vara vinkelrätt mot sporens längdaxel. Strömmingen i dess nedersta cell går vid väggen mot ledcellen (i vanliga fall <sup>4)</sup>) utifrån inåt sporen. Strömningsplanet är således parallellt och indifferent vinkelrätt med sporens längdaxel. H. SCHULTZ <sup>5)</sup> säger sig ha iakttagit, att i sjelfva sporcellen (eller rättare den del af sporcellen, som kvarblifver inom sporhyllat efter groningen) en strömning förefinnes. Att döma af beskrifningen och den meddelade figuren (Tab. III, f. 9) skulle strömningsplanet gå i riktningen af sporens längdaxel; men i hvilket förhållande det står till strömningsplanet i proembryots nedersta del, har han ej, såvidt jag kunnat se, närmare bestämt. Så länge sporen är fylld med stärkelse, eger sannolikt ingen rotation rum; men, om den inträder sednare, kan vara tvifvel underkastadt. A. BRAUN <sup>6)</sup> upptager sporcellen bland dem, hos hvilka rotation saknas, samt säger, att det ej lyckats honom att få se den af SCHULTZ angifna strömmingen i "Basilarcellen" hos den groende växten.

Stundom kan ledcellen visserligen förblifva odelad eller växa ut till en rot (Fig. 14), men oftast, till och med inna någon delning i vegetationscellen

<sup>2)</sup> Visserligen kan denna cell nu växa ut till ett proembryo, som saknar sin nötled (Fig. 4), men detta måste väl betraktas som ett abnormt förhållande, då det knappt inträffar en gång bland tusen. Liksom proembryot någongång kan sakna sin rotled, tyckes äfven nötleden kunna felslä och ifrågavarande fall bero på ett dylikt felsläende.

<sup>3)</sup> I hvad förhållande denna vägg står till de ofvan anförda "Wendungszellen." har jag ej kunnat iakttaga.

<sup>4)</sup> Om afvikelser härifrån se längre fram pag. 7, 8.

<sup>5)</sup> "Die Natur der lebendigen Pflanze" II pag. 471.

<sup>6)</sup> A. Braun, "Über die Richtungsverhältnisse der Saftströme in den Zellen der Charen" uti "Monatsberichte der Berliner Acad. d. Wissensch." 1852, 53, separataftrycket p. 5.

blifvit påbörjad, delas den i 2 nästan lika stora celler genom en skiljevägg, som, såvidt jag varit i tillfälle att se, aldrig är parallel med väggen mot vegetationscellen (Figg. 5, 6). Oftast, om ej alltid, är denna skiljevägg parallel med väggen mot sporen; i hvilket fall den intager samma läge i förhållande till proembryot (då det tänkes utgå vinkelrätt mot sporens längdaxel) som den första skiljeväggen i proembryots rotled<sup>7</sup>). Hvardera af dessa 2 celler kan förbli odelad eller åter dela sig o. s. v. Denna celledelning tyckes vara oregelbunden, eller åtminstone är det svårt att uppställa några lagar härför. Genom denna celledelning kan uppstå en stor massa celler (Figg. 6, 7, 17), som stundom till en del tränga ned i sporens inre, stundom nästan omsluta proembryots nedre del, stundom bringa det ur sitt ursprungliga läge. Denna cellmassa öfverensstämmer mycket i bildning och funktion med den sedermera på proembryot secundärt uppkommande rotleden; från båda kunna rötter och vanliga adventivgrenar samt äfven, såsom WAHLSTEDT visat<sup>8</sup>), greupryobryoner men icke några blad utvecklas. Jag vill derföre föreslå, att denna led kallades *proembryots primära rotled*.

PRINGSHEIM, som först beskrifvit den secundära rotledens riktiga uppkomst, omnämner äfven den primära rotleden, men tyckes taga för afgjordt, att den endast är ett återupprepande af samma bildning som den vanliga rotleden. Han säger neml.<sup>9</sup>): "Er (der Keimling) beginnt (IX Fig. 1—4) — abgesehen von einem später unmittelbar an der Sporenöffnung auftretendem, kleineren Wurzelknoten, dem Samenknoten, dessen Bildung unbestimmt scheint — wie die Zweigvorkerne, — —".

Stundom tyckes det tubformiga utskottet från sporencellen blifva teml. långt och endast den öfversta spetsen afdelad genom en skiljevägg. Hos *Chara*

<sup>7</sup>) Om celledelningen i rotleden säger Pringsheim på anf. st. pag. 311: "Sie theilt sich nämlich (X. 7) zuerst durch eine gegen den Horizont und den Hauptschnitt des Vorkernes senkrechte Wand in zwei ungefähr gleiche Zellen, welche sich dann wiederum durch Wände, die der ersten Scheidewand nicht ganz parallel sind, in zwei neue Tochterzellen theilen. Durch weitere Theilungen, deren fernere Richtungen bei *Chara fragilis* nicht mehr sicher bestimmbar sind, entsteht ein Kreis kleinerer, peripherischer Zellen (XIII. 6.), aus welchen Wurzeln, jedoch *niemals* Blätter oder blattartige Gebilde hervortreten; dagegen können einzelne dieser peripherischen Zellen später noch zu Vegetationszellen werden und sich zu Seitenzweigen des Vorkernes erheben (XIII. 6. v; IX. 5. v.)."

<sup>8</sup>) Anf. st. pag. 16 och följ.

<sup>9</sup>) Anf. st. pag. 314.

Baueri A. Br. kan detta understundom inträffa. PRINGSHEIM säger neml. <sup>1)</sup> om denna arts proembryo: "Geringere Abweichungen treten nur in der gewöhnlich stärkeren und früheren Entwicklung des Samenknotens auf, der hier öfters noch von einem kurzen Gliede — wie es scheint einer einfachen Verlängerung der Innenzellen der Spore — getragen wird und später ebenso, wie der Wurzelknoten Seitenzweige entwickeln kann." Ett ex. af denna art från Berlin i mitt herbarium afviker ej i detta afseende från det (hos *Ch. foetida*) vanliga förhållandet (Fig. 14). Den primära rotleden, som består af flera till en del stärkelsefyllda celler, intager neml. hälften af sporens mynning, är till en del dold af sporhyllets 5 flikar, och ifrån den utgå 2 större och flera mindre rötter. Internodialcellen mellan den primära och sekundära rotleden är 3<sup>m</sup> lång och vinkelrät mot sporens längdaxel samt stöter med sin nedre del (som intager andra hälften af sporens mynning) omedelbart till sporens inre. Från rotleden utgå 3 vanliga adventivgrenar jemte rötter. I Prof. JOH. LANGES herbarium har jag äfven sett 2 ex. af denna art från samma lokal, hos hvilka likaledes den primära rotleden ej var skaftad. Måhända förekommer det af PRINGSHEIM observerade förhållandet äfven hos andra arter. H. SCHULTZ <sup>2)</sup> tyckes neml. ha iakttagit något liknande. På Tab. 3 figg. 6 och 8 <sup>2)</sup> afbildas en groende "*Ch. vulgaris*," hos hvilken den primära rotleden har ett skaft af ungefär halfva nötens längd (sporhylllet är dock här ej borttaget), men den sekundära rotleden endast utgöres af en enda kort cell.

Såsom ofvan är nämnt, kan någon af de periferiska cellerna i den primära rotleden blifva en vegetationscell och utvecklas till en vanlig adventivgren eller ett grenproembryo. Det förra slaget har jag ytterst sällan påträffat hos *Ch. foetida*, det seduare deremot oftare (Fig. 7) <sup>3)</sup>, fast ej i så stor mängd som hos vissa andra arter t. ex. *Tolypella flexilis* (Lin. It. Gotl.), hos hvilken man stundom kan få se ett helt dussin i olika utveckling stadda grenproembryoner, blandade med några adventivgrenar och rötter.

Rötter utgå nästan alltid från den primära rotleden och stundom kan till-

<sup>1)</sup> Anf. st. pag. 316.

<sup>2)</sup> Anf. st.

<sup>3)</sup> Af 130 ex. groende *Ch. foetida*, hvilka i detta afseende undersöktes, påträffades 1 gång 5 grenproembryoner, 3—4, 3—3, 9—2, 12—1, men inget gång någon adventivgren utgående från denna led.



och med en af dem förgrena sig, innan vegetationscellen börjat dela sig, fast den växt ut ett temligen långt stycke.

Stundom händer det, att, sedan ledcellen delat sig i 2 celler, den yttersta, från nöten mest aflägsna, ej vidare delar sig, utan genast utväxer till rot (Figg. 6, 15). Detta tror jag oftast vara händelsen, då en s. k. hufvudrot finnes förhanden. Denna och proembryot utvecklas då oftast åt diametralt motsatt håll (Fig. 17) <sup>4)</sup>. Der de stöta ihop, äro de ofta uppsvålda och till en del dolda af det sönderspruckna sporhylllets flikar <sup>5)</sup>.

BRAUN <sup>6)</sup> säger, att den s. k. hufvudroten alltid utgår från leden på den sidan, der den nedåtgående strömmen befinner sig; men strömmingen i densamma har han funnit varierande <sup>7)</sup>. KAULFUSS, BISCHOFF, HARLEY afteckna alla strömmen i proembryots nedersta mellanled gående nedåt, der rötterna utvecklas (d. v. s. vid väggen mot den primära rotleden utifrån inåt sporen). Hos Ch. foetida har äfven jag alltid iakttagit samma förhållande. Hos Nit. furculata (Reich.) har jag deremot funnit strömmen i proembryots nedersta internodium (eller i den ännu odelade vegetationscellen) gå än utifrån inåt sporen än i motsatt riktning, under det att strömmen i den från den primära rotleden utgående roten (eller rötterna) gick än utifrån inåt, än tvärtom, och det antingen strömmingen först började i roten eller i vegetationscellen (eller internodialellan) (Jemf. fig. 15). Jag har ej kunnat finna, att riktningen, i hvilken rötterna utgå, inverkar på strömriktningen.

Hos den form af Nit. furculata, som jag undersökt, voro nötterna från sidorna tillplattade (se fig. 12, 13) och sutto på kranstrålen (bladet) 2 och 2 tillhopa med de plattade sidorna mot hvarandra och kanterna utåt och inåt (då kranstrålen tänkes horisontel). Så vidt jag kunnat se, går alltid skiljeväggen mellan den primära ledcellen och vegetationscellen parallelt med dessa sidor, hvadan således proembryot kommer att böja sig åt endera af dem (Fig. 13). Nu skulle man kunna tänka sig, att proembryot böjer sig åt olika håll hos de 2 bredvid hvarandra sittande nötterna, samt att just därförfe måhända strömmen i det nedersta internodiet hos de olika proembryonerna komme att gå åt

<sup>4)</sup> Jemf. Kaulfuss anf. st. pag. 48 och 72 samt figg. 27, 28 och 29.

<sup>5)</sup> Jemf. Vaucher anf. st. fig. I och VII.

<sup>6)</sup> Anf. st. pag. 47.

<sup>7)</sup> Anf. st. pag. 49.

olika håll <sup>8)</sup>). Den af C. A. AGARDH <sup>9)</sup> uppställda lagen: "dass der Strom auf derjenige Seite der Nuss, welche in Bezug auf die Mutterpflanze die äussere war, aufwärts gehen müsse," hvilken lag han grundat på sitt antagande, att nöten endast är en förkrympt gren) skulle således ej hålla streck, utan tvärtom strömmen, i proembryots nedersta internodium bilda en mer eller mindre rät vinkel mot den i kransgrenen, på hvilken nöten sitter.

Hos alla författare i nyare tiden, hvilka skrivit öfver Characeernas groningen eller meddelat figurer deröfver, finner man, att de alla iakttagit proembryot, fastän de äldre ansett proembryospetsen för den fortväxande axeln, de nyare <sup>1)</sup> för det första bladet; men hos ingen finner man, såvidt jag varit i tillfälle att se, någonting, som tyder på, att en bladbärande stängel directe kan framkomma från nöten. Endast WAHLSTEDT <sup>2)</sup> säger sig ha iakttagit ett par dylika fall, men tillägger dock: "En rotled, alldeles lik den, som alltid finnes på knoppgrenar, är dock tydligen förhanden." Dessa vid första påseendet afvikande fall torde kanske kunna förklaras på följande sätt. Som en rotled veterligen ej är observerad utom på ett proembryo (eller grenproembryo) — och tillfölje af sättet för dess uppkomst väl ej kan förekomma annorstädes — bör väl ifrågavarande organ anses för ett proembryo, hvilket ursprungligen <sup>3)</sup> bestått af endast *en* cell, och hos hvilket den derofvan normalt belägna proembryospetsen ("Vorkeimsspitze" Pr.), bestående af 4—7 celler, saknats. All-

<sup>8)</sup> De undersökningar på såväl Ch. som Nit., jag påbörjat för att möjligen utröna, om ofvanstående förmodan är riktig, hafva ännu ej kunnat leda till något resultat, emedan nöterna ännu ej grott.

<sup>9)</sup> Anf. st. pag. 158.

<sup>1)</sup> Den, som, mig veterligt, sednast meddelat figur jemte beskrifning öfver groningen är H. J. Carter ("Further Observations on the Development of Gonidia(?) from the cell-contents of the Characeæ, and on the circulation of the Mucous substance of the cell" (uti Ann. and Mag. Nat. Hist. 2 ser., vol. XVII (1856), pag. 1100 följ. jemte pl. VIII, fig. 35) samt "On the Development of the Root-cell and its Nucleus in Chara verticillata (Roxb.), by H. J. Carter, Esq. Assistant Surgeon St. C. S., Bombay" (uti Ann. and Mag. Nat. Hist., 2 ser., vol. XIX, (1857) pag. 18 o. pl. III, fig. 1 (schematisk)). Han tar proembryospetsen för den fortväxande axeln, oaktadt han iakttagit circulation i cellen ofvanför den öfversta leden, och låter rötter omedelbart framkomma från sporcellen. Han tyckes följa K. Müller, fast han dock gjort sjelfständiga undersökningar.

<sup>2)</sup> Anf. st. pag. 16.

<sup>3)</sup> Oafsedt den primära rotleden, hvilken troligen äfven funns, fast den ej omnämnes. Den inverkar föröfrigt ej mycket på förklaringen.

denstund den på proembryot uppkommande nya vegetationscellen alltid tenderar att växa uppåt, men deri hindras till en början af den ofvanför befintliga proembryospetsen, (hvarföre han också rycker den något åt sidan från dess ursprungliga terminala ställning); så bör, såsom i föreliggande fall, då proembryospetsen saknas, den nya knoppen, som framgår ur den nya vegetationscellen, genast från början riktas uppåt. Hos *Ch. foetida* har jag iakttagit ett par dylika fall (se Fig. 9). Jag har dock ej varit i tillfälle att följa med deras utveckling.

I sammanhang härmed vill jag omnämna några afvikelser från vanliga förhållandet hos proembryot och grenproembryot. Rotleden kan stundom bestå af endast en cell med horisontelt roterande innehåll. Stundom tyckes han helt och hållet saknas på grenproembryot hos *Tolypella flexilis* (Lin. It. Gotl.)<sup>4)</sup>; kommer då ej heller proembryospetsen till utveckling, bör en dylik gren se ut som en adventivgren med sin nedersta internodiacecell afledad genom en skiljevägg i 2 celler<sup>5)</sup>. Hos *Ch. foetida* har jag en gång sett 2 rotleder bildas på ett grenproembryo, som utgick från den primära rotleden (Fig. 8 A & B).

Hos *Lychnothamnus Wallrothii* Rupr. påträffades en gång ett proembryo, hos hvilket internodiet mellan den primära och sekundära rotleden var afdeladt medelst en sned led, sådan som den förekommer på rötterna; från denna led utgingo rötter på vanligt sätt och ställe. Ett likadant fall har jag sett hos *Chara foetida* på en proembryogren, som utgick från den primära rotleden (Fig. 10). Alldenstund hos mossorna skilnaden mellan rötter och proembryotrådar ej är så skarpt markerad som hos *Characéerna*, få väl dylika rotlika leder på proembryoet hos *Characéerna* anses för ett ytterligare stöd för deras proembryonatur. CARTER<sup>6)</sup> säger sig hos *Ch. verticillata* (Roxb.) sett öfvergångar från rot- till stambildning.

Genom mina undersökningar öfver groningen har jag således vunnit en bekräftelse på PRINGSHEIMS antagande, att proembryot hos groende *Characeer*

<sup>4)</sup> Hos *T. glomerata* saknas den ofta enl. Wahlstedt anf. st. pag. 14. På dess proembryo finnes den deremot.

<sup>5)</sup> Jemf. Wahlstedt; anf. st. pag. 7.

<sup>6)</sup> Ann. and Mag. Nat. Hist., ser. 2, vol. XIX, pag. 19: "When a second plantstem is formed, which is not unfrequently the case, this is developed out of one of the root-buds; hence it is not an common to see one of the latter in an intermediate state."

alltid räcker från sporen till den första bladkranen och derifrån fortsättes med "proembryospetsen" <sup>7)</sup>).

Vidare har jag funnit, att genast vid nötens mynning proembryot förändrar riktningen för sin tillväxt så, att det bildar rät vinkel mot sporens längdaxel. Härigenom kommer den primära rotleden ("Samenknuten" Pr.), som anlägges, innan den öfriga delen af proembryot undergått någon delning, att blifva nedersta delen af proembryot. Den s. k. hufvudroten är endast en adventivrot, som utgår från den primära rotleden.

---

<sup>7)</sup> Pringsheim anf. st. pag. 314: "Der Vorkeim der keimenden Pflanze reicht daher immer von der Spore bis zum ersten Blattquirl und setzt sich hier in das bereits mehrfach erwähnte über die anderen Blättchen weit hinausragende, mehrzellige Endgebilde (pt) fort."

## Förklaring öfver figurerna.

Öfverallt beteckna:

sh = sporhylllet;

sm = sporcellens membran;

pr. r. = den primära rotleden;

p = den öfriga delen af proembryot i mer eller mindre utbildadt tillstånd. Oftast är endast nedersta delen aftecknad.

r = en rot.

### Clara foetida A. Br.

- Fig. 1. Öfre delen af en groende nöt; mellan det söndersprängda sporhylllets tänder synes spormembranens tubformigt utskjutande del.
- „ 2 o. 3. En större eller mindre del af spormembranens utskjutande del, som är genom en membran afdelad från sporen.
- „ 4. Det ovanliga fallet, i hvilket ingen primär rotled utbildades. Proembryot utbildades föröfrigt på vanligt sätt, se pag 4, not. 2.
- „ 5. A = från sidan; B = uppförån; C = ideelt vertikalt genomsnitt. Här har ledcellen delat sig i en inre (d) och en yttre cell, hvilken sednare åter delat sig i 2 (b o. c); vegetationscellen (p) har ännu ej börjat synnerligen utväxa på längden.
- „ 6. Den primära rotleden har här uppkommit af en cell, som delat sig i 2, af hvilka den yttre utväxt till en rot ( $r^1$ ) och den inre delat sig i 5 celler af hvilka de 2 (r, r) hålla på att utbildas till rötter.
- „ 7. Från den primära rotleden utgå 2 grenproembryoner (gr. p) samt 2 rötter, af hvilka den ena har två utskott \*).
- „ 8 A. Ett proembryo (förutom den primära rotleden) med redan utbildad secundär rotled; cellen ofvan denna led har ett utskott \*). Två dagar efter det proembryot hade detta utscende, hade cellen med utskottet redan bildat en ny rotled (se B a) och de första cellerna till den nya kuoppen (b).
- „ 9. Visar det på sid. 9 anmärkta fallet, der ingen "proembryospets" utbildats; s. r. = den secundära rotleden.
- „ 10. Ett grenproembryo, utgående från den primära rotleden; en sned led (a) har här bildat sig nedom grenproembryots rotled (b), som ännu består af endast en cell; c = den cell, genom hvars delning den nya kuoppen anläggas.

---

\*) Dylka utskott påträffas emellanåt på proembryot, men oftare på rötterna. C. Agardh, anf. st. Pl. X, Fig. 1 D, afbildar ett sådant på en rot.

**Chara Baueri** A. Br. (*coronata* Wallr.).

Fig. 11. Öfversta delen af nöten jemte den primära rotleden och derifrån utgående rötter samt nedersta delen af den ofvanliggande internodiaceilen, hvilken vid sporhylllets borttagande visade sig till en del gränsa omedelbart intill sporcellen. (Präparatet taget af ett fullvuxet exemplar).

**Nitella furculata** (Rehb. ap. Moesl.) (*N. flexilis* Ag.).

- „ 12. A = En nöt från sidan sedd, B = uppfifrån.  
 „ 13. En groende nöt, uppfifrån sedd; proembryot riktar sig åt den ena af nöten 2 plattade sidor, rötterna ifrån den primära rotleden åt den andra.  
 „ 14. Den primära rotleden har här förblifvit odelad och växt ut till en ännu helt kort rot; i proembryot, som var fullt utbildadt, kunde strömning ej iakttagas längre ned, än pilen utvisar.  
 „ 15. Öfre delen af en groende nöt; den primära rotleden utgöres af (åtminstone) 2 celler, af hvilka en utväxt till en rot, i hvilken strömningen går vid väggen mot vegetationscellen, som ännu ej delat sig, utifrån inåt sporen; i vegetationscellen \*) går strömmen i motsatt riktning.

**Nitella mucronata** A. Br.

- „ 16. Ett vertikalt genomsnitt af öfversta delen af en groende spora; b = ledcellen; p = vegetationscellen.

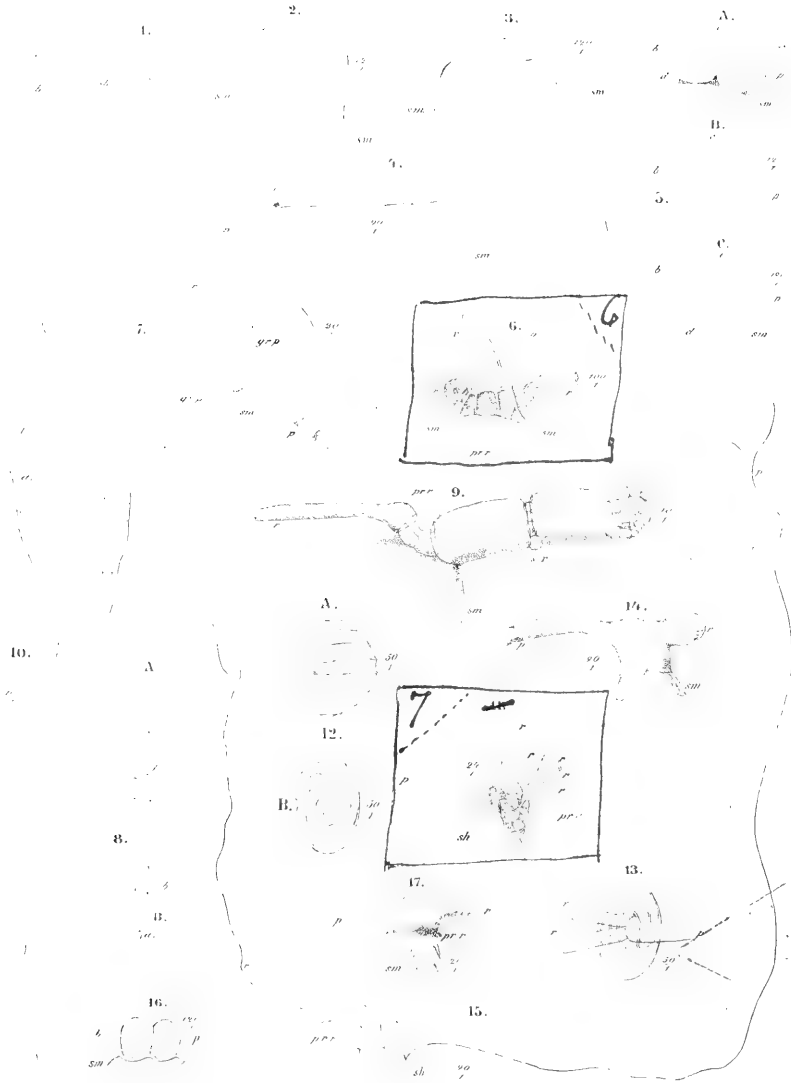
**Tolypella flexilis** (Lin. It. Gotl.) \*\*).

- „ 17. Den från sporhylllet befriade, hopkrympta, sporen, från hvars topp proembryot och en s. k. huivudrot utgå åt motsatt håll.

---

\*) Denna cell, liksom motsvarande hos grenproembryot kan stundom — åtminstone på nötter om vintern inomhus drifna till groning — blifva mycket lång (ända till 21 *mm.*), innan den delar sig. I motsats till vegetationscellen i toppen på den bladbärande stängelen, eger i denna cell strömning rum (utom mot spetsen). Innan spetsen börjat att ansälla är denna cell, äfven hvad innehållet beträffar, ofta förvillande lik en rot, fast tjockare. De pag. 9 omtalade fallen tyda på en omedelbar öfvergång från proembryo till rot och åter till proembryo. Pringsheim (anf. st. pag. 305) säger, att denna cell (hos grenproembryot) endast växer ut ett kortare stycke och ganska snart mot spetsen afdelas genom en mot längdaxeln lodrät vägg och att den derigenom skiljer sig från en utväxande rot.

\*\*) Om orsaken, hvarföre jag återupptagit Linnés gamla namn "flexilis." se Botaniska Notiser för år 1863 pag. 39.



Characéernas gröning.













New York Botanical Garden Library



3 5185 00294 5689

