

## II. BEITRÄGE ZUM CHEMISMUS DER GEWÄSSER VON NEUKALEDONIEN (SW-Pazifik)

par G. WENINGER \*

### RÉSUMÉ

*La particularité des eaux de Nouvelle-Calédonie réside plus dans leur composition inhabituelle que dans leur pauvreté générale en sels dissous. Des éléments indispensables à la vie comme le Calcium, le Potassium et le Phosphore ne se rencontrent qu'en quantité très faible mais sont également presque inexistantes dans les roches (sauf dans quelques couches calcaires). Par contre la teneur en magnésium est anormalement élevée, particulièrement dans la région à péridotite et serpentine.*

### ZUSAMMENFASSUNG

*Die Besonderheit der Neukaledonischen Gewässer besteht also nicht in einer allgemeinen Armut an gelösten Mineralstoffen, sondern in der ungewöhnlichen Zusammensetzung. Lebensnotwendige Elemente wie Kalzium, Kalium und Phosphor kommen nur in sehr kleinen Mengen gelöst vor, sie sind aber auch in den Gesteinen z. T. fast nicht vorhanden (Ausnahme: einige Kalkbänder). Dagegen ist der Magnesium gehalt ungewöhnlich hoch, besonders in der Serpentin-Peridotitregion.*

Neukaledonien, eine rund 400 Kilometer lange und 50 Kilometer breite Insel im SW-Pazifik (20°10' bis 22°30' südl. Breite), nimmt infolge ihrer isolierten Lage eine besondere Stelle in den Flora- und Faunalisten ein, die durch einen auffallend hohen Anteil endemischer Arten gekennzeichnet sind.

Im Verlauf einer sich über die Monate Juli, August, September 1965 erstreckenden Expedition wurden nahezu alle Gewässertypen der Insel biologisch untersucht, um über den Aufbau der Lebensgemeinschaften in den vorwiegend stark fließenden Gewässern Anhaltspunkte zu bekommen. Dabei schien es naheliegend, die Flüsse und wenigen seichten stehenden Gewässer auch chemisch näher zu bearbeiten. Im Hintergrund der gesamten Betrachtung muss die Frage stehen, ob die für tropische Gebiete ausserordentlich dünne Besiedlung allein durch die räumliche Isolation zu erklären ist, wie vor allem die älteren Autoren annahmen oder, ob es daneben auch ganz besondere geologische und chemische Faktoren sind, die sozusagen « Konservierung » der Besiedlung vortäuschen. Aller Wahrscheinlichkeit nach haben beide Ansichten nebeneinander Richtigkeit.

---

\* Vienne (Autriche).

Die Wasserproben wurden zum Teil an Ort und Stelle bearbeitet (elektrische Leitfähigkeit, pH, Alkalinität bzw. SBV, Nitrat-Ammonium-Sauerstoffbestimmungen). Die übrigen Analysen wurden nach Rücktransport der in Plastikflaschen versandten Wasserproben, in Wien durchgeführt.

Zum Vergleich wurden auch Analysen-Ergebnisse des Institut Français d'Océanie in Nouméa von chemisch interessanten Gewässern der Plaine des Lacs angeführt. Sie wurden uns von M. TERCINIER zur Verfügung gestellt und sind deshalb sehr wertvoll, weil sie genaue direkte Magnesium-Bestimmungen auf gravimetrischen Weg enthalten. Das setzt allerdings grosse Wassermengen voraus, die wegen der hohen Zahl der untersuchten Gewässer und des langen Rücktransportes selbst nicht zur Verfügung standen. Es sei an dieser Stelle dem Institut nochmals der Dank ausgesprochen.

## I. GEOLOGISCHER AUFBAU

### *Esquisse géologique*

Neukaledonien ist im Gegensatz zu vielen pazifischen Inseln nicht nur vulkanischen Ursprungs sondern wird aus Sedimentgesteinen, metamorphen Gesteinen und vulkanischen Ergussgesteinen (Peridotite, submarine Ergüsse-Basalte), aufgebaut. Man unterscheidet eine Ablagerungsperiode im Verlauf derer eine Rinne im Ozeanboden (Geosynclinale) immer mehr vertieft und aufgefüllt wurde und deren Beginn ins Paläozoikum fällt, eine Hebungs Faltungs und Erosionsperiode (Jura, Kreide), eine neuerliche Sedimentation (Kreide bis zum Eozän) die mit einer vulkanischen Periode zusammenfällt und zu einer Hebung der benachbarten Schichten damit zu einer Überlagerung der Karbonbänder führt, schliesslich der grösste vulkanische Vorgang der zur Bildung des grossen Peridotitmassivs im Süden der Insel führte.

Anschliessend folgte starke Tektonik, die die Struktur der Insel fixierte und zum Entstehen zahlreicher Bruchlinien führte. Gleichzeitig mit diesen Vorgängen unterlag das in der Tiefe der Geosynclinale abgelagerte Material der Metamorphose, die alle Schichten bis zum Eozän betraf.

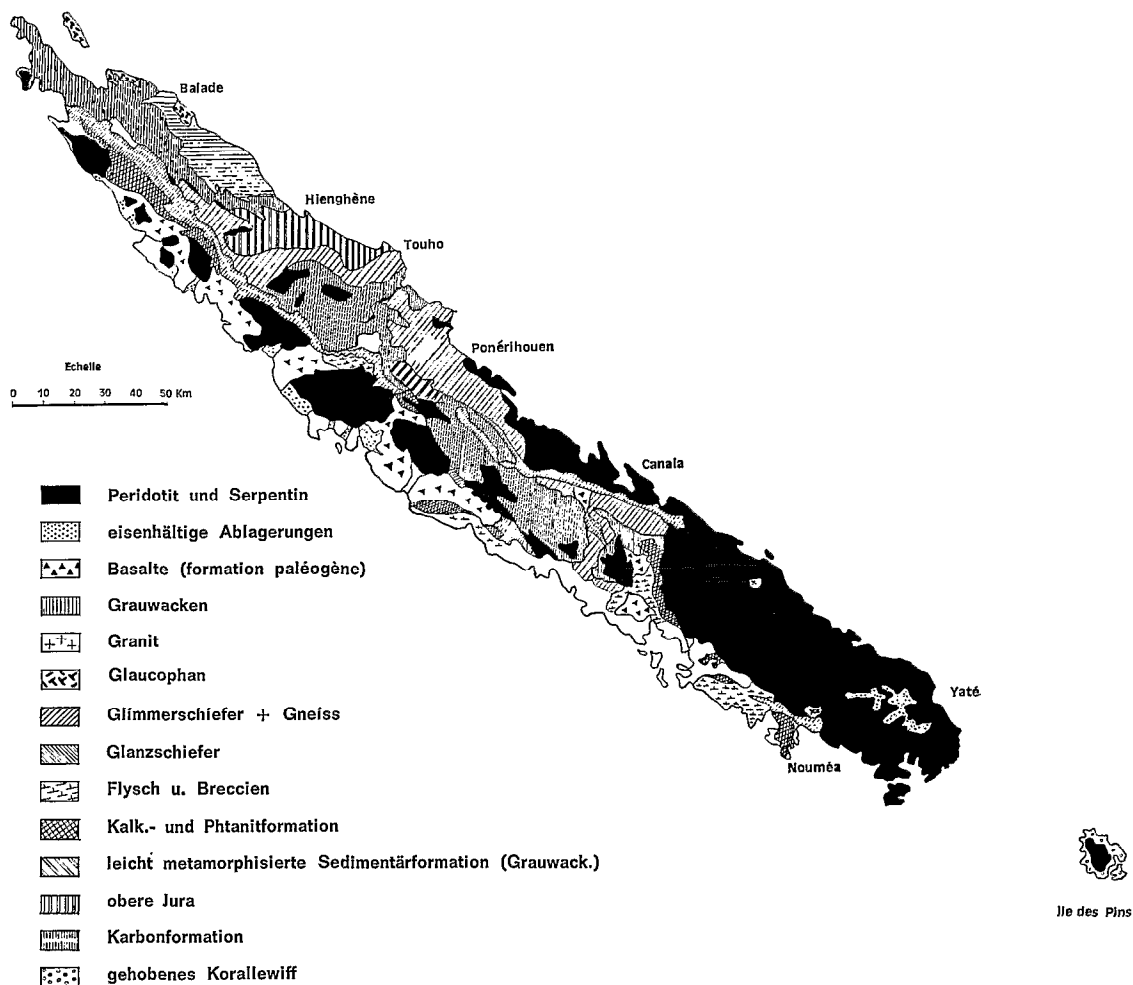
TERCINIER (1962) gibt eine übersichtliche Darstellung des Anteils der Gesteine am Gesamtaufbau der Insel und deren chemische Struktur.

1. **Peridotite und Serpentine** (Süden der Insel, Ile des Pins) [30-35 % der Gesamtfläche, hyperbasische Felsen vom chemischen Aufbau des Olivins  $(Mg, Fe)_2 [SiO_4]$  bzw. Enstatits  $Mg_2 [Si_2O_6]$ . Daneben kommt Nickel, Cobalt u. Chrom vor, die TERCINIER als für die Bodenbildung sehr nachteilig angibt. Allgemein ist diesen Schwermetallen ihre schwere Löslichkeit (vergl. JENKINS 1964). Für die Bodenbildung wichtige Elemente, Aluminium und Calcium, fehlen dagegen fast zur Gänze.

Das den atmosphärischen Einflüssen ausgesetzte Gestein unterliegt chemischen Veränderungen, die in einer durch starke Quellbarkeit des Peridotits verursachten Wasseranlagerung bestehen-Serpentinisation.

SARLIN (1954) gibt folgende chemische Zusammensetzungen an :

	Peridotit	Serpentin	Roterde
Magnesium.....	49,44 %	38,84 %	5,35 %
Silikat.....	43,27 %	41,30 %	12,45 %
Eisenoxyd.....	7,91 %	6,06 %	66,36 %
Wasser.....	— %	13,45 %	12,70 %
Nickel-Cobaltoxyd.....	0,11 %	— %	3,14 %
Chromeisen.....	— %	0,30 %	— %



CARTE I : Aperçu géologique.

TAFEL I : Geologischer Aufbau der Insel Neukaledonien (unter besonderer Vereinfachung der Küstenregionen, nach AVIAS, ARNOULD und ROUTHIER : « Carte géologique de la Nouvelle-Calédonie » 1954).

Die Löslichkeit der Magnesiumanteile ist am grössten, das Silikat wird nur mit einiger Verzögerung ausgewaschen, lagert sich aber wieder ab (nach SARLIN 1954). Bedeutend ist die Anreicherung der Böden mit Eisenoxyden, ebenso wie mit Nickel- und Cobaltoxyd.

## 2. Basalt-Andesit (Südwest-Küste).

12 % der Gesamtfläche, submarine Ergüsse bestehend aus Plagioklasen zu 55 % Anorthit, Augit, Hornblende, Chlorit und Magnet-Titaneisen. Olivin ist nicht enthalten, dagegen kommt Quarz trotz des basischen Charakters von Plagioklas häufig vor. Die chemische Zusammensetzung macht die Felsen reich an Kalzium und Magnesium, aber arm an Kalium und Phosphor. Mangan kommt dagegen in nahezu abbauwürdigen Mengen vor.

## 3. Flysch und Breccien (Südwesten).

3-5 % der Gesamtfläche, rezent geschichtete detritische Sedimentformation. Kalk in der Regel reichlich, allerdings in wenig homogener Verteilung, vorhanden. Silikatreiche Gesteine fehlen. Vorherrschend Kalzium, Magnesium und Kalium, in der Kittsubstanz.

#### 4. Grauwacken.

Mächtige Formation aus dem Perm bis zur Jura, die etwa 20 % der Gesamtfläche einnimmt. Unter starker Druckentwicklung kam es manchmal zu leichtem Metamorphismus. Typische Grauwacken sind kahle Felsmassive aus Plagioklasen zu 35 % Anorthit, etwas Quarz, Augit und Wasserglimmer. Kittsubstanz sind Chlorite, manchmal auch kalkhaltige Stoffe. Daneben sind in ihnen grosse Mengen von Alkalien und Erdalkalien enthalten. Die Gesteine sind neutral bis leicht alkalisch. AVIAS spezifiziert sie als « basische Grauwacken ».

Sandige Grauwackengesteine sind wesentlich mürber, haben einen kalkhaltigen Kittverband, sind reich an Silikaten, dagegen arm an Alkalien und Erdalkalien. Sie kommen an Stellen vor, wo das Relief gesenkt ist. Man stellt sie in die Verwandtschaft der tonigen Schiefer der Karbonformation. Die anderen ähnlichen Gesteine Glanzschiefer, Glaucophanschiefer  $[\text{Na}_2(\text{Mg}, \text{Fe}^{\text{II}})_3(\text{Al}, \text{Fe}^{\text{III}})_2(\text{OH})_2][\text{Si}_3\text{O}_{22}]$  Lawsonit, Glimmerschiefer und Gneis, sind metamorphe Umwandlungen der Grauwackenformation.

#### 5. Karbonformation.

Jura, obere Kreide, nimmt etwa 12 % der Gesamtfläche ein. Sie folgt als Längsband in wechselnder Breite der Grauwackenzone und besteht aus tonhaltigen Schiefen mit Quarzeinschlüssen, wenigen Plagioklasen zu 35 % Anorthit, Wasserschieferchlorit und Pyrit, der an der Luft zu Limonit verwittert. Im wesentlichen bestehen die Schichten jedoch aus einem Aluminium-Silikat.

#### 6. Phtanit und Phtanit-Sandstein.

Diese nur 5 % der Gesamtfläche einnehmenden Felsen sind aus organischen Ablagerungen im Meer entstanden und bestehen fast aus reinem Silikat. Eine einheitliche Gesamtcharakterisierung der Bodenverhältnisse Neukaledoniens ist nach TERCINIER nicht möglich. Erkennbar ist eine allgemeine Tendenz zur Podzolisation, eine sehr tonige Beschaffenheit des Untergrundes, die Vorherrschaft von Eisen und Magnesium, sowie die Häufigkeit von Nickel, Cobalt und Chrom (im Serpentinegebiet). Dagegen treten Aluminium, Kalzium, Phosphor und Kalium sehr in den Hintergrund.

#### KLIMA

Die Luftdruckverhältnisse während der kühlen und warmen Jahreszeit sind in Abbildung 1 und 2 wiedergegeben (aus LE BORGNE).

Hauptsächliche Windrichtung ist Südwest bis Nord, sodass die Nordostküste fast immer in der Luvseite liegt. Die Niederschlagsverteilung zeigt daher ein starkes Gefälle zur Südwestküste hin.

Niederschlagsverteilung während des Jahres :

grosse Regenzeit gegen Ende der warmen Jahreszeit (Februar-März) ;

kleine Regenzeit in der kühlen Jahreszeit (Juli-August) ;

grosse Trockenzeit (September-November) ;

kleine Trockenzeit (Mai).

**Niederschlagsmenge** nach langjährigen Durchschnitten : (von S nach N).

Nouméa SW-Küste.....	1065,5 mm	Yaté	NO-Küste.....	3265,5 mm
La Foa — .....	1301 —	Canala — .....	2065,5 —	
Voh — .....	880,4 —	Hienghène — .....	2115,1 —	
Gomen — .....	1141,1 —	Oubatche — .....	1890,9 —	

Nach Osten zu wird das Niederschlagsgefälle zwischen NO-Küste und SW-Küste immer geringer, weil die zentrale Gebirgskette die vorherrschenden Südwestwinde immer mehr abfängt. Die oberen Bergregionen erhalten überall reichlich Niederschlag, daraus ergibt sich eine für die Kleinheit des Gebietes sehr grosse Anzahl von Fliessgewässern, deren Oberlauf in der Regel in ein dichtes Netz von Quellbächen ausläuft (Abb 1 c).

**Temperaturmittel** von Noumea : 23,6° C, Jännermittel 26,6° C Augustmittel 20,3° C

Die Temperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht betragen in der kühlen Jahreszeit 7° C.

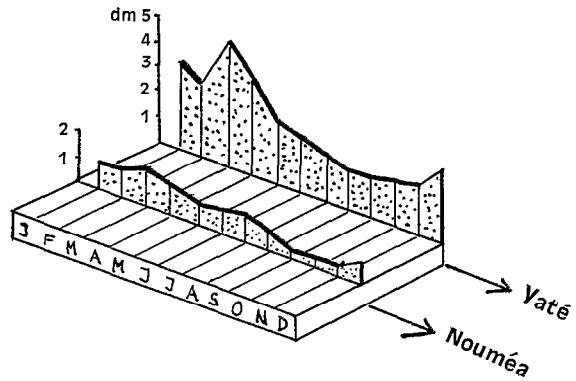


Fig. 1 a. — Précipitations annuelles (d'après LE BORGNE)  
 Abb. 1 a : Jahreszeitliche Niederschlagsverteilung in NOUMÉA (SW-Küste) und YATÉ (NO-Küste) nach LE BORGNE.

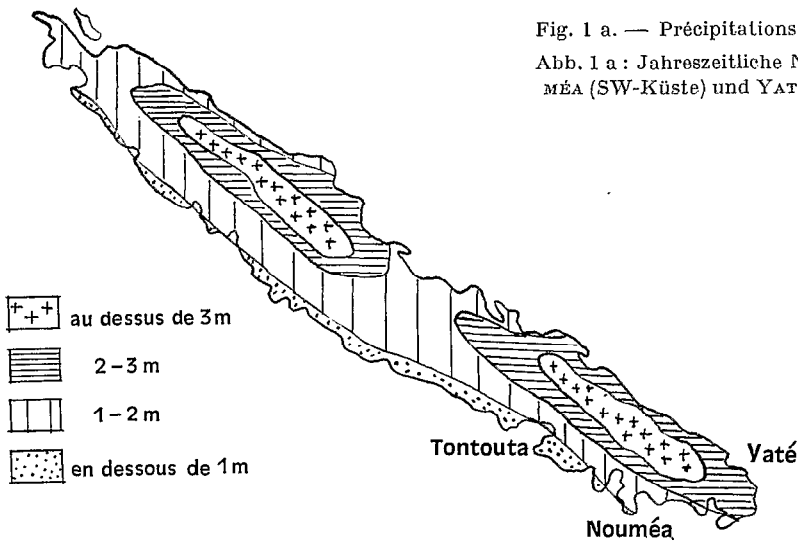


Fig. 1 b. — Répartition des précipitations (d'après LE BORGNE)  
 Abb. 1 b : Niederschlagsverteilung (nach LE BORGNE).

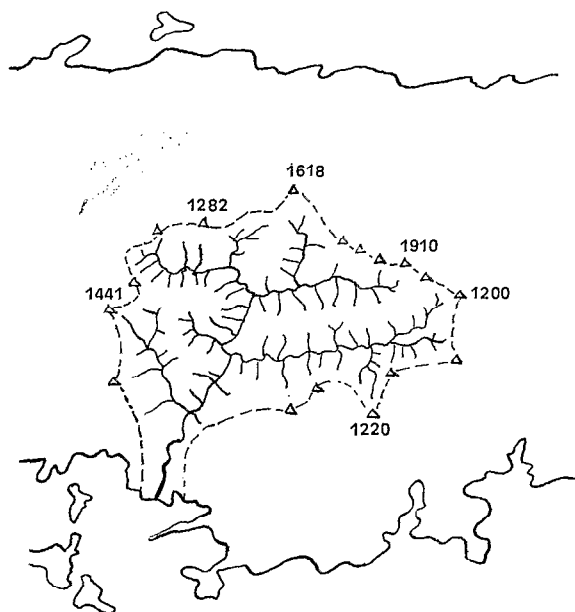


Fig. 1 c. — Bassin de la Tontouta (d'après LE BORGNE)  
 Abb. 1 c : Bassin des Tontouta-Flusses, starke Aufgliederung des Oberlaufes (nach LE BORGNE).

TABLEAU I - LIEUX DE PRÉLÈVEMENTS. (UHRZEIT)

Fleuve (échantillon)	Température θc	Débit m / s	Profon- deur en cm	Lar- geur en m	Déni- vella- tion en m	Environnement
<i>Fluss (Probe)</i>	<i>Temperatur</i>	<i>Strom.</i>	<i>Tiefe</i>	<i>Breite</i>	<i>See- höhe</i>	<i>Umgebung</i>
Dumbea.....	17,4(11)-18,4(15)	0,5-2	60	15	100	Maccie (Serp.)
— Seitenb.....	18,1(14)	0,3-2	10-20	1,5	117	— —
— Unterl.....	20,0-21,2(17)	0,10-0,3	10	40	5	Auwald
1 Bach d. R. Pirogue.....	19,4(12)	0,7	50	1,5-2	183	Urwald
2 Zufl. - - —.....	20 (15)	1	50-80	15	95	Maccie (Serp.)
3 R. Bleu, Yaté.....	18,1(10)	2	120	15	165	Urwald
4 1. Zufl. R. Blanche.....	20(15)-19,7	0,5	30	6	160	Maccie (Serp.)
5 2. — — —.....	18,3(12)	0,5	15-30	1-2,5	280	Urwald
6 3. — — —.....	18,7(16)	0,5-1	30-50	3-6	300	Urwald
7 Coh, Oberl.....	15,3(15)	0,1-2	10-60	10	300	Urwald
8 Mt. Dogny, Quelle.....	13 (12)	—	5-10	50	1.000	Urwald
9 B. Tendea.....	15,2(11)	0,4	30	3	250	Urwald
10 R. Farina.....	16,1(16)	0-0,5	80	10	230	Uferveget.
11 Negropo, Oberl.....	16,5(9)	0,5	200	15	65	Plantagen
12 La Crouen, Bach.....	25 (12)	0,5	20	1,5	40	Schwefelquelle
13 Negropo, Unterl.....	19 (16)	0,2	200	50	20	Plantagen
14 Sarramea, LaFoa.....	17,3(11)	0,5-0,9	60	4	80	Uferveget.
15 R. Coulée.....	18,2(15)	0,5-1	40	5-10	55	Maccie (Serp.)
16 R. Thi.....	17 (10)	1-1,5	40	7	100	Urwald
17 R. Baraoua, R. du Cap.....	19,8(14)	0,8	30	5	80	Niaouli, Pandanus
18 R. Nekliai, Poya.....	19,3(10)-20(12)	0,5-1	35	8	50	Pandanus
19 — — —, Seitenfl.....	19,2(14)	0-1	40	3-4	36	—
20 Col de Boa.....	17,2(11)	0,2	20	0,5	300	Uferveg., Niaouli
21 R. Poya.....	21,3-21,8(16)	1-2	35	15-20	25	Niaouli
22 R. Nepoui.....	19,4(12)	1	35	15	85	Uferv., Niaouli
23 R. des Lacs.....	18,6(10)-19,9(14)	1-2	120	25	180	Maccie (Serp.)
24 Creek Pernod.....	20,8(16)	0,5-1,5	100	8-10	180	— —
25 Yaté Unterl.....	21,4(12)	0-10	—	200	0	— —
26 kleiner Yaté.....	20,9(14)	0,5	25	9	5	— —
27 Bach Tara'.....	20,9(16)	0,1-0,5	35	2	8	Urwaldrest
28 Lac en 8.....	20,3(12)	—	94	800	250	Maccie (Serp.)
29 R. Carenage.....	20 (16)	1	80	10	260	— —
30 Grand Lac.....	19,4-21,1	—	250	1.000	250	— —
32 R. Tchamba, Seitenf.....	15,2(10)-16,4(16)	—	30	4	45	Urwald
33 — — Fischteich.....	20,5(13)	—	200	10	50	Weideland
34 — — Mittell.....	19,6-20,3(15)	0,1-0,8	30	15	10	Äcker
35 R. Nerihouen.....	18,6(10)	0,1-0,7	25	20	8	Kaffeepl.
36 — — Unterl.....	22,7(15)	0,2	100	25	4	Äcker, Bambus
37 — Mou Unterl.....	21,7	0-0,7	15	5	2	Weiden
38 Zufl. d. Neavin.....	19(12)22 lenith.	0-0,5	0-15	2	25	Urwald
39 Seitenfl. Neavin.....	20 (15)	0,1-0,5	50	5-8	12	Uferveg.
40 Unterl. Neavin.....	22,1(17)	0,3	100	15	2	Bambus
41 R. Hienghène mitte.....	22-23,7(13)	0,5-1	10-100	10	10	Niaouli
42 Bach ober Mission.....	21,5(15)	0,1-0,3	15	2	5	Uferveg.
43 R. Hienghène Oberl.....	19 (10)	0,8	50	8	25	— , Weide
44 — — Seitenfl.....	20,7(15)	0-2	—	5	15	Uferveg.
45 Vao, Sturzbach.....	19,6(9)	1-2	30	1-2	30	Niaouli, Pandanus
46 R. Tiouaé, Touho.....	24,8(11)	0,2	20	10	5	Kaffeepl.
47 R. Tipei, Touho.....	20 (16)	0,5-1	30	5	6	Urwaldrest
48 Oubatche, R.....	19 (11)	0,5-1,5	80	8	3	Uferveg., Niaouli.
49 Balade, R.....	21,2(15)	0,3-1	50	2-4	10	Plantagen
50 Col d'Amoss, Bach.....	20,2(17)	0,5-1	30	2-3	250	Urwaldrest
51 Diahot, Oberl.....	20,5(11)	1	80	30	70	Uferveg., Niaouli
52 R. Tiari.....	24,7(11)	0,5	30	2-4	10	Niaouli, Uferv.
53 R. Thiahaté.....	25 (17)	1	15	6	15	Niaouli, Uferv.
54 R. Mayavetch.....	24,5(17)	0,8	40	8	10	Uferveget.
55 Le Cresson, Kalkklippe.....	19,5(10)	—	40	2	60	Urwald
56 — — Abfluß.....	21,5(15)	60	15	2-3	60	Urwald
57 Diahot, Unterl.....	24,6(16)	35	100	30	30	Uferveg. Pl.
58 Creek d. 2. Grotte.....	20,4(9)	0,5-0,7	15	2	10	Sumpf
59 2. Grotte, Höhle.....	—	—	—	—	5	Kalkfelsen
60 3. Grotte.....	—	—	—	—	5	—
61 Greek d. 3. Grotte.....	20 (12)	0,5-0,7	10-50	0,5	15	Sumpfwiese
62 Quellablauf.....	20,9(15)	0,5	0,3	0,5	22	Maccie (Serp.)
63 Bach Galilei.....	20,8(17)	0,5	30	2	10	Uferveg.

TABLEAU II - TENEURS EN OXYDES DE CALCIUM ET MAGNESIUM

Fleuve (échantillon)	CaO mg / l	MgO mg / l	Type pétrographique
<i>Fluss (Probe)</i>	<i>CaO mg / l</i>	<i>MgO mg / l</i>	<i>Petrographie</i>
Oberl. Dumbea	0,56	30,4	Peridotitmassiv, <i>Serpentin</i> , Westküstenabfall
1	2,24	36,4	Peridotitmassiv, <i>Serpentin</i>
2	0,56	24,3	Peridotitmassiv, <i>Serpentin</i>
3	0,56	20,3	Peridotitmassiv, <i>Serpentin</i>
4	2,00	30,0	Peridotitmassiv, <i>Serpentin</i> , Chromeisen
5	0,56	19,6	Peridotitmassiv, <i>Serpentin</i>
6	0,56	20,3	Peridotitmassiv, <i>Serpentin</i>
7	14,6	8,0	Glanzschiefer, Diorit, Basalt, Peridotit
8	0,28	3,8	Grauwacken
9	10,64	17,6	Glanzschiefer
10	8,96	15,8	Glanzschiefer, Peridotit
11	15,12	14,7	Basalt, Glanzschiefer, Karbonformation
12	6,72	9,9	Grauwacken, Thermenbereich
13	8,96	15,8	Grauwacken, Basalt, Glanzschiefer, Peridotit
14	8,40	6,0	Grauwacken, Karbonformation
15	2,80	20,8	Peridotitmassiv, Westküstenabfall, <i>Serpentin</i>
16	2,50	23,2	Peridotitmassiv, Westküstenabfall, <i>Serpentin</i>
17	2,24	27,2	Peridotit, Glanzschiefer
18	8,40	30,8	Basalt, Peridotit
19	0,30	26,8	Basalt
20	36,00	68,0	<i>Kalkband</i> , Jura, Peridotit, Basalt, Karbonform.
21	10,08	24,8	Peridotit, Basalt, Jura, Glanzschiefer
22	4,48	37,2	Peridotit, Flysch, Jura, Karbonformation
23	0,30	9,8	Abfluß des zentralen Peridotitmassivs
24	0,40	16,0	Abfluß des zentralen Peridotitmassivs
25			Yatémündung, Brackwasser
26	0,50	19,2	Peridotitmassiv, Steilabfall zur Ostküste
27	0,60	20,8	Peridotitmassiv, Steilabfall zur Ostküste
28	0,50	6,0	zentrales Peridotitmassiv
29	0,30	14,4	zentrales Peridotitmassiv
30	0,30	5,2	zentrales Peridotitmassiv
32	6,72	6,4	Grauwacken
33	5,60	6,4	Grauwacken
34	6,72	6,8	Grauwacken
35			Grauwacken
36	8,96	88,6	Grauwacken
37			Brackwasser
38	6,70	6,0	Grauwacken
39	6,72	9,6	Grauwacken
40	6,72	4,6	Grauwacken
41	6,72	5,8	metamorphe Sedim. form. (Grauwacken)
42	7,60	9,8	metamorphe Sedim. form. (Grauwack.) Gneis
43			metamorphe Sedimentärformation (Grauwack.)
44	6,72	3,8	metamorphe Sedim. format. (Grauwack.) Glimmersch.
45	4,48	6,2	Glanz-Glimmerschiefer, Gneis
46			Brackwasser
47	3,92	4,4	<i>Grauwacken</i> , metamorphe Sedimentärformation
48	2,24	3,2	Glimmerschiefer, Glaucophan, Gneis
49	3,36	3,8	Glimmerschiefer, Glaucophan
50	5,60	17,6	Glaucophanfelsen, Glanzschiefer, Glimmerschiefer
51			Glanzschiefer, Glimmerschiefer + Gneis
52	3,36	6,8	Glaucophan, Glanzschiefer
53	5,04	4,4	— — —
54	3,36	3,2	— — —, Glimmerschiefer
55	71,00	4,2	<i>Kalkband</i> , Phtanit
56	95,00	3,0	— — —
57	2,24	3,8	Glanzschiefer
58			<i>Peridotit</i> , Sumpfwiesen, gehobener Riffing
59			—
60			—
61			—
62			—
63	2,24	7,8	—
65	21,84	11,0	Glanzschiefer, <i>Basalte</i> , Bruchlinien Diorit, Peridotit

TABLEAU III - RÉSULTATS ANALYTIQUES

Échantillon	Oxydabilité de la matière organique en mg O <sub>2</sub>	Propriétés physiques				Concentration en ions				Concentration		
		PH			TH	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Fe <sup>+++</sup>	Cl <sup>-</sup>	SiO <sub>2</sub>	SO <sub>4</sub>	Traces NO <sub>3</sub>
		<i>PH</i>	<i>El</i> μS	<i>SBV</i>	<i>DH°</i> <i>G.</i> <i>Härte</i>							
<i>Probe</i>	<i>Verbr.</i>	<i>Physische Eigenschaften</i>				<i>ionische Vereinigung</i>				<i>Oxyden Vereinigung</i>		
	Dumbea 10	8,3	111	1,2	4,31	3,4	0,55	—	12	15	—	—
1	8	7,1	133	1,4	5,32	5,3	—	—	10,7	13	—	o
2	6	7,0	98	0,8	3,47	4,8	—	—	12,4	13	—	o
3	8	6,9	83	0,8	2,91	2,9	—	—	8,5	8	—	o
4	10	7,3	147	2,2	4,50	4,8	0,30	—	9,9	22	—	o
5		7,6	95	1,0	2,80	3,9	—	—	8,9	14	—	o
6		7,3	93	0,8	2,91	4,1	—	—	15,2	13	—	o
7	9	7,1	129	0,9	2,58	9,6	1,45	—	11	20	—	o
8		5,3	34	0,2	0,56	3,9	0,80	o	—	7,5	—	o
9		7,2	114	0,9	3,53	10,0	—	—	12,1	26	—	o
10	14	7,4	106	0,8	3,13	8,7	—	—	14	18	—	o
11		7,4	124	1,3	3,58	7,8	—	—	10,3	20	—	o
12		7,2	106	1,0	2,07	18,0	—	—	13	19	—	o
13	16	7,7	114	1,2	3,13	7,0	0,40	—	9,2	17	—	o
14		7,0	76	0,4	1,68	6,9	—	—	12,2	12	—	o
15		8,0	111	1,2	3,19	3,8	—	—	8,2	15	—	—
16	9	7,7	119	1,2	3,50	5,35	0,70	—	9,9	17	—	—
17	6	8,0	129	1,2	4,03	3,1	0,10	—	7,1	16	—	o
18		8,2	159	1,6	5,15	4,6	—	—	10	19,5	—	o
19		7,7	160	1,2	3,81	2,8	—	—	6,7	16	—	o
20	10	8,2	384	4,8	13,20	8,2	0,30	o	11,7	36	—	o
21	9	8,2	156	1,8	4,48	6,4	—	—	8,5	18	—	o
22		7,8	167	2,0	5,66	4,2	—	—	10	21	—	o
23		7,1	53	0,4	1,40	5,0	—	—	11,4	4	—	o
24		7,1	78	0,6	2,13	4,6	—	o	12,5	8	—	o
25	Brack	7,5	18.650	1,8	—	1.300	—	—	7.400	6	120	o
26	5	7,7	95	0,8	2,75	4,6	0,45	—	11,8	10	—	o
27		7,5	109	1,2	2,97	—	—	—	12,4	—	—	o
28		6,6	56	0,5	0,89	6,6	—	—	12,5	3,5	—	o
29		7,3	77	0,6	2,07	4,7	—	o	9,9	11	—	o
30	12	6,7	52	0,3	0,78	5,6	0,40	—	12,1	2,7	—	o
32		7,2	75	0,8	1,57	3,8	—	—	9,9	20,5	—	—
33		7,5	80	0,8	1,46	11,0	—	o	12	21	—	—
34		7,5	81	0,8	1,62	4,3	—	—	8,9	18	—	—
35		7,6	91	0,8	2,13	11,2	—	—	10	18	—	—
36	Brack	7,4	—	0,8	13,30	100	—	—	540	17	15	—
37		7,3	81	0,6	1,62	5,2	—	—	11	17	—	—
38		7,6	89	1,0	1,51	10,2	0,60	—	10,7	18	—	—
39		7,6	85	0,5	2,02	8,8	—	—	—	18	—	—
40		7,4	76	0,8	1,34	4,9	—	—	8	7,4	—	—
41		7,3	74	0,6	1,51	4,9	—	—	8,2	12	—	—
42	11	7,7	99	0,8	2,13	7,9	1,55	—	11,4	13	—	—
43	16	7,5	62	0,4	1,12	6,7	0,75	—	7,8	13	—	—
44		6,9	56	0,4	1,23	5,3	—	—	10	8	—	—
45		6,8	67	0,4	1,34	3,4	—	—	9,9	10	—	—
46	Brack	7,0	—	1,4	145,6	1.300	—	—	2.400	5	60	—
47		7,2	75	0,6	1,01	6,3	—	o	12,6	14	—	o
48		6,8	36	0,4	0,67	4,6	—	—	16	5	—	—
49		7,0	71	0,2	0,89	5,3	—	—	18,8	6	—	—
50		7,5	126	1,0	2,74	6,5	—	—	26	16	—	—



TABLEAU III - RÉSULTATS ANALYTIQUES (suite)

Échantillon	Oxydabilité de la matière organique en mg O <sub>2</sub>	Propriétés physiques				Concentration en ions				Concentration		
		PH			TH	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Pe <sup>+++</sup>	Cl <sup>-</sup>	SiO <sub>2</sub>	SO <sub>4</sub>	Traces NO <sub>3</sub>
		PH	El μS	SBV	DH° G. Härte							
<i>Probe</i>	<i>Verbr.</i>	<i>Physische Eigenschaften</i>				<i>ionische Vereinigung</i>				<i>Oxyden Vereinigung</i>		
51		6,7	28	0,4	0,45	3,25	1,00	—	6	5	—	—
52		7,1	96	0,5	1,29	7,5		—	21,7	13	—	—
53		7,4	114	0,6	1,12	7,7		—	14	15	—	—
54		7,2	96	0,6	0,78	8,3		—		12	—	—
55		7,5	423	5,2	7,70	9,2	0,70	—	15,6	11	—	—
56		8,0	314	3,4	10,2	7,8	0,05	—	12,4	13	—	—
57		7,1	39	0,4	0,78	2,7		—		7	—	—
58		7,5	104	0,8	2,02	5,3		—		14	—	—
59	6	8,0	557	2,6	8,00			—	62	18	—	0,04
60		7,8	1.909	2,0		105		—	640	17	—	—
61		7,6	148	0,8	4,90	7,8		—	23,4	30	—	o
62		7,4	117	1,0	3,9	13,5	0,1	—	22,7	32	—	o
63		7,1	71	0,4	1,34	5,9		—	17	12	—	0,04
64		5,7	32	0,1		2,9		—	7,5	3	—	—
65		7,8	144	1,2	3,72	8,5		—	11	19	—	—

## II. VERSUCH EINER EINTEILUNG DER GEWÄSSER NACH IHREM CHEMISMUS

*Essai de classification des eaux d'après leurs compositions chimiques*

## 1. Peridotitgebiet.

a) Die grosse Entfaltung und geologische Besonderheit des Peridotitmassivs wirkt sich natürlich entsprechend auf den Chemismus der Fliessgewässer aus. Der Einfluss ist aber nicht so stark, wie z. B. jener auf die Bodenbildung.

Die hohe Niederschlagsmenge in den Quellbergen bewirkt eine rasche Ausschwemmung der leichter löslichen, verwitterten Serpentinsschichten. In den Flussbetten der wasserreichen Flüsse steht demnach fast immer das schwarze vulkanische Gestein an. Nur an den Uferändern und an den obersten Kappen der umströmten Felsen findet man die roten Verwitterungsprodukte, hauptsächlich Eisenoxyde.

Eine grosse Rolle spielt neben der Flusslänge auch die Ausgesetztheit zu den regenbringenden Südwest-Winden und die Vegetation des Quellgebietes.

Am elektrolytreichsten sind die Flüsse der Westküste. Die geringe Regenmenge bedingt eine verzögerte Auswaschung der Verwitterungsprodukte. Je näher der Westküste die Quellen der kahlen Serpentinmaccie entspringen, desto höher steigt bisweilen die elektrische Leitfähigkeit an (vergleiche Dumbea mit Dumbea-Seitenbach im Oberlauf). Die untersuchten Flüsse dieser Region entspringen fast alle den *Montagne des Sources* und deren Ausläufern, einem Gebirgsmassiv von annähernd 1000 bis 1200 Metern Höhe.

Demselben Bergstock entspringt auch der wasserreichste Fluss der Insel, der durch einen Staudamm im Unterlauf zu einem gewaltigen See aufgestaute Yaté, mit seinen vielen Nebenflüssen aus den ostseitigen Urwäldern der *Montagne des Sources*.

Diese Urwaldflüsse sind ebenso wie die Gewässer der Serpentinhalbwüste, der Plaine des Lacs, Elektrolyt-ärmer, ihre elektrische Leitfähigkeit liegt durchwegs unter 100 μS

Die Plaine des Lacs ist ein Gebiet spärlichster Vegetation mit ganz spezifischen Serpentinpflanzen, vorwiegend Koniferen. Versuchte Aufforstungen zeigen die ausserordentliche Langsamwüchsigkeit der Bäume (*Agathis lanceolata*), die Blätter sind meist gelblich gefärbt. Eine Humusdecke fehlt nahezu. Dagegen bedecken Massen ausgewaschenen Chromeisens den Boden. Die Niederschlagsmenge ist auf der Hochfläche sehr hoch (über 3 m im Jahr). Es sind hier die Abflüsse der Quellweiher Lac en 8 und Grand Lac zu nennen, die sich im Rivière des Lacs vereinigen und in den Yaté münden. Die kurzen Flüsse der Ostküste, die hier in der Maccie entspringen, nehmen eine Mittelstellung zwischen den Westküsten- u. Plaine des Lacs-Flüssen ein.

Ausschlaggebend scheint somit ebenfalls die Lage zum Wind, damit die Niederschlagsmenge im Quellgebiet und dem der Zuflüsse zu sein. Die Zuflüsse im Bereich der Westküste sind elektrolytreicher als die Quellen in der Hauptkette. Unterschiede können aber auch kleinräumig festzustellen sein, z. B. Zufluss des Rivière Blanche. Allgemein ist den Peridotitflüssen der ausserordentliche geringe Kalziumgehalt, während Magnesium ja direkt aus den Silikatketten des Gesteins herausgelöst wird. *Das Verhältnis Kalzium zu Magnesium* erscheint als Angelpunkt der Betrachtungen, besonders im Serpentinegebiet. Neben Kalzium befinden sich aber auch Kalium, Phosphate und Nitrate nur in nahezu verschwindenden Mengen in Lösung.

Im Bereich der Serpentinmaccie der Westküste und der Montagne des Sources liegende Flussläufe haben sehr hohe Magnesiumgehalte, Beispiel La Coulée, der südlich von Noumea ins Meer mündet

	MgO	22	mg / l
	CaO	2,5	mg / l
Rivière rouge (Koné, Massif Minière)	MgO	25,2	mg
	CaO	0,8	mg

Das Verhältnis *MgO : CaO* ist somit 20-30 : 1.

Im zentralen Seengebiet liegen die Magnesium-Werte nicht so hoch. Die Flüsse (Urwald) und Quellen des Randgebirges, der Montagne des Sources in der Luvseite, die Bäche des nördlichen Yaté-Systems haben ebenso wie die Bäche der Ostküste (Bach Tara bei Touaourou) der Reihe nach die Werte : MgO 16, 0 mg / l (CaO, 0,3 mg/l), MgO 13,4 mg/l (CaO 0,2 mg/l) und MgO 10 mg/l (CaO 0,6 mg/l).

Im direkten Bereich der Plaine des Lacs sinken die gesamten Elektrolytwerte stark ab, somit auch der Gehalt an Magnesium (Quellbach des Lac en 8 und Brèche du Carenage : MgO 7,7 mg/l, CaO 0,2). Noch niedriger sind die Werte der grossen stehenden Gewässer, da sich bei deren riesigen Oberfläche die Verdünnung durch die Regenfälle (über 3 m im Jahr) möglicherweise ebenso auswirkt, wie die Tatsache, dass die Serpentinisation am Seegrund praktisch aufhört.

Die zuführenden Bäche sind aber sehr kurz und können nur gut lösliche Substanzen aufnehmen. Daraus würde sich der relativ hohe Chloridgehalt des Grand Lac und Lac en 8 erklären (siehe Versuche über Löslichkeit der Anteile im Peridotitsand). Der Elektrolytgehalt steigt gleich dem Silikatgehalt nach dem Einleiten von Kohlensäure besonders stark an. Damit wird die ausserordentliche Bedeutung der, wenn auch noch so dünnen Humusdecke, bzw. des Bodenlebens als CO<sub>2</sub>-Zuführer für den Chemismus der Gewässer klar.

Ein schematisierter Querschnitt durch die Insel etwa entlang 22°20' südlicher Breite, zeigt den typischen Verlauf des für die elektrolytische Leitfähigkeit entscheidenden Gehalts des Gewässer ein gelösten Salzen. Im Peridotit-Gebiet zeigt sich allgemein ein fast wölliges Fehlen des Kalziums, während der Magnesium-Gehalt gegen die Westküste stark zunimmt (Abb. 2).

Besonders hohe Magnesium-Werte haben kleine Bäche, die direkt in der Serpentinmaccie in mittleren Höhenlagen (unter 500 m) entspringen. Die Verhältnisse konnten an einem kleinen Seitenbach des dumbea in der Nähe Noumeas untersucht werden.

Der Bach wies gegenüber dem Hauptfluss beträchtliche Unterschiede auf.

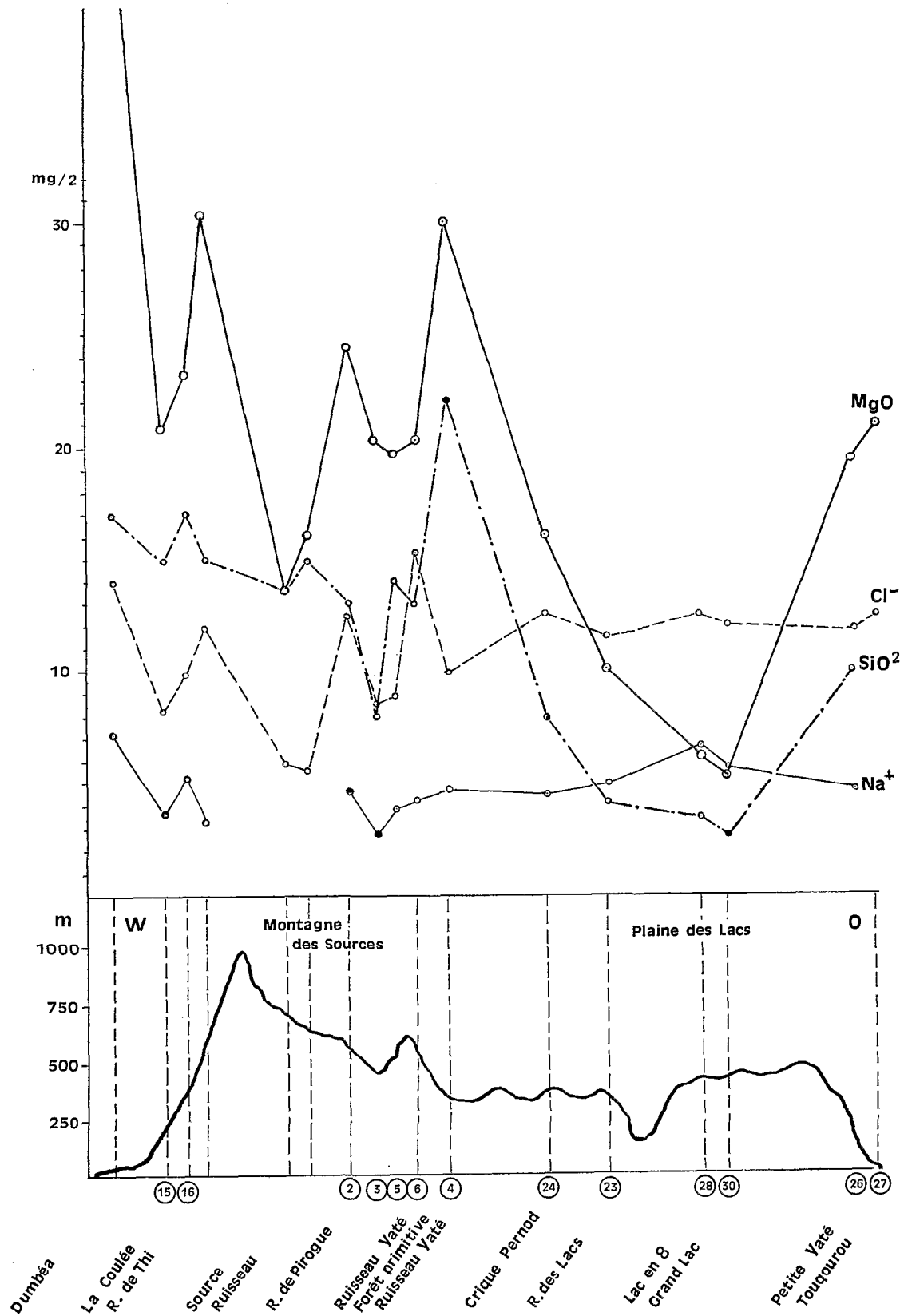


Fig. 2. — Massif à péridotite coupe transversale selon le 20°20' long. Sud.

Abb. 2 : Querschnitt entlang 22°20' südlicher Breite, stark schematisiert. Verlauf der Magnesium, Natrium, Chlorid und Silikatkurve.

	<i>Dumbéa Oberlauf</i> (Entnahme in 100 m Seehöhe)	<i>Dumbéa Seitenflüsschen</i> (117 m)
Temp. °C.....	18,4 (15 h)	18,1 (14 h)
El <sub>18</sub> .....	111	162
pH.....	8,3	8,3
SBV.....	1,2	2,0
GH DH°.....	4,3	5,6
CaO mg/l.....	0,5	0,2
MgO mg/l.....	30,4	40,0
Na mg/l.....	3,5	3,8
Cl mg/l.....	12	14
SiO <sub>2</sub> .....	15	24

Bei Quellen, die stark verwittertem Abräumzonen der Serpentinmaccie entspringen (vgl. Serpentinisation) steigt der Gehalt an den gesteinsaufbauenden *Magnesium-* und *Silikatverbindungen* stark an!

(Bedeutung der Kohlensäure, S. 8). Ein Seitenbach des Rivière Blanche, einem der beiden Yaté-Quellflüsse, war infolge einer ausgeschwemmten Brückenverbauung mit rotem, scharfkantigem Chromeisengeröll angefüllt. (vergl. Wasserprobe Nr. 4!). Auch dieser Bach entsprang in der Serpentinmaccie und enthielt ebenfalls einen hohen Anteil an gelöstem Magnesium. Fließt ein Fluss im Mittellauf durch eine ganz andersartige Gesteinsformation (Rivière de Thi, Quelle im Peridotit und Serpentin, durchquert dann eine grosse Urwaldzone auf reinem Granituntergrund), kann sich im Anschluss daran eine leichte Abschwächung des Elektrolytgehaltes zeigen.

	Rivière de Thi <i>Oberlauf</i> (Peridotit)	<i>Mittellauf</i> (Granit)
SBV.....	0,30	0,34
GH DH°.....	3,50	2,80
CaO mg/l.....	2,5	5,6
MgO mg/l.....	23,2	16,0

Gleichzeitig mit dem Sinken des gelösten Magnesiums, steigt der Kalziumgehalt etwas an.

Im Unterlauf der Flüsse, die, besonders an der Westküste stets einen breiten Mangrovegürtel durchfließen, ist der Einfluss des Meeres zu beachten. Der Flutrückstau beim Dumbéa beträgt noch 4 Kilometer oberhalb der Mündung an die 2 m.

	Entnahme bei Ebbe	(Oberlaufwerte in Klammer)
El <sub>18</sub> .....	158	(111)
SBV.....	1,3	1,8-bei ½ Ebbe (1,2)
GH DH°.....	9,9	(4,3)
CaO mg/l.....	2,2	(0,5)
MgO mg/l.....	69,6	(30,4)
Na mg/l.....	7,2	(3,4)
K mg/l.....	0,50	(0,55)
Cl mg/l.....	14	(12)
SiO <sub>2</sub> mg/l.....	17	(15)
NO <sub>3</sub> .....	0,03	(0,00)

Der Einfluss des Meeres war hier nicht übermässig gross, offenbar lag die Entnahmestelle gerade an der oberen Grenze der Brackwasserzone. Schärfer ausgeprägte Trennung zwischen Süss- und Brackwasser bzw. Meereswasser haben die kürzeren Flussläufe der Ostseite Neukaledoniens (siehe Wasserproben 25, 36, 41, 46 mit Chloridgehalten von teilweise über 1500 mg/l = Gehalt des Meerwassers und Natriumwerten von 1300 mg/l). Sulfat ist allein in den Brackwässern nachzuweisen-15 bis 120 mg/l. Ebenso steigen die Magnesium-Werte weit über die selbst für das Serpentinegebiet üblichen Anteile. Starker Meereseinfluss herrscht auch in den Kalkgrotten des gehobenen Riffings der Ile des Pins (Probe 59, 60).

*Anhang:*

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE LÖSLICHKEIT DES UNTERGRUNDS IM GEBIET DES GRAND LAC (Plaine des Lacs).

Um etwas über die ungefähre Stärke und Schnelligkeit der Anreicherung des Regenwassers mit elektrolytisch wirksamen Stoffen zu erfahren, wurde etwa 300 g roter Peridotit-Sand, der in der Nähe des Ufers des Grand Lac aufgesammelt worden war, mit 1 Liter Aqua bidest. überschüttet und in einer Plastikflasche stehengelassen. Die Raumtemperatur betrug ungefähr 15° C. Die Probe wurde wiederholt durchgeschüttelt und musste bei der Ausarbeitung filtriert werden.

	nach 1 Tag		nach 6 Tagen	nach 8 Tagen	nach CO <sub>2</sub> -Einleit.	
El <sub>20</sub> .....	19,9	(50)	27,6	28,7	157	(147)
SBV.....	—	(0,3)	—	—	2,2	(2,2)
GH DH°.....	—	(0,7)	—	—	5,0	(4,5)
Cl mg/l.....	6,0	(12,1)	6,0	6,0	6,5	(9,9)
SiO <sub>2</sub> mg/l.....	2,0	(2,7)	4,5	5,0	18,0	(22)
CaO mg/l.....	—	(0,3)	—	—	2,24	(2,0)
MgO mg/l.....	—	(5,2)	—	—	34,4	(30)
		(Grand Lac)				(Serpentinbach)

Die Kohlensäure spielt bei der Auflösung der Mineralsalze eine fundamentale Rolle, deshalb wurde hier im Versuch über den etwa 8 Tage stehenden Bodenansatz rund 4 Liter CO<sub>2</sub> aus kleinen Patronen eingeleitet (Löslichkeit bei Normaldruck 1,7 Liter CO<sub>2</sub> im Liter H<sub>2</sub>O). Die Probe wurde nach zweimaligem Durchleiten im Abstand von 8 Stunden, untersucht. Mit Ausnahme des Chlorid-Gehaltes stiegen alle Werte um das 4 bis 5 fache an! Das Bodenmaterial der Serpentinhochfläche (Plaine des Lacs) ist somit keineswegs besonders arm an Härtebildnern, sondern es bedarf nur der nötigen Menge an Kohlensäure um die Salze in Lösung zu bringen. Infolge der fehlenden Humusdecke versickert das Regenwasser sofort im groben Geröll, ohne Kohlensäure aufzunehmen, oder es sammelt sich in den grossen Quellseen und nimmt nur die rasch löslichen Chloride (Na Cl) auf. Entspringt die Quelle jedoch in den Gipfelregionen der Bergketten (Montagne des Sources), so reichert sich das in zahlreichen Kaskaden zu Tal stürzende Gewässer, mit CO<sub>2</sub> an und löst wesentlich mehr Mineralstoffe auf (Bäche der Serpentinmaccie). Auch in der Brandungszone des Grands Lacs steigt die Lettfähigkeit geringfügig an (E<sub>18</sub> Seemitte 50, Seeufer 52, pH Seemitte 6,7, Ufer 6,75).

c) UNTERSUCHUNGEN DES INSTITUT FRANÇAIS D'OCÉANIE IN NOUMÉA (Probenentnahmen von Juni-Juli 1957) sollen diesen Eindruck der grossen Plastizität der Peridotitgewässer noch deutlicher machen.

## PERIDOTIT.

<i>Bassin der Plaine des Lacs und Mont. des Sources</i>	pH	Trockenrückstand	SiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Cl (alle mg/l)
Quellbach des Lac en 8.....	6,3	40		0,2	7,7	10,5
Quelle (depress. double).....	7,3	26		0,2	7,0	13,0
Brunnenschacht +.....	5,9	23		0,2	0,6	9,6
Grand Lac +.....	7,2	34		0,2	3,7	8,0
Quelle (Lac an Y).....	4,9	22		0,2	1,2	9,4
kleiner Teich +.....	5,7	19		0,2	1,1	9,4
Lac Y +.....	5,2	35		0,2	1,3	9,6
Becken von Kubini +.....	6,5	41		0,2	4,5	
Lac du Col +.....	5,5	25		0,2	1,8	9,6
Bach bei den Coulet.....	6,5	49	3,5	0,2	6,4	9,0
Fluss (über d. Strasse des Carenage).....	7,7	92	9,0	0,2	13,8	9,0
Creek Pernod.....	7,9	46	8,0	0,2	10,2	12,1
Rivière de Carenage.....	7,7	57	6,5	0,2	11,8	10,4
Quellbächedes Lac en 8.....	7,7	68	4,0	0,2	11,8	9,2
Quellbächedes Lac en 8.....	7,4	56	10,0	0,2	9,1	9,3
Quellbach in den Montagne des Sources...	7,9	64	15,0	0,2	16,0	5,7
Quelle, Mont. des Sources.....	7,8	67	13,5	0,2	13,4	5,9
Rivière Rouge (Koné Massif Minière).....	7,7	146	26,6	0,8	25,2	11,6
<i>Gewässer anderer Gesteinsformationen</i>						
Bach in Boghen.....	6,7	63	17,0	1,9	6,4	
300 m entfernt im Niaculi.....	6,2	74	21,1	1,9	12,3	58,3
Teich bei Boghen +.....	6,5	124,5	21,5	8,1	9,2	19,6
Bondé, Quelle.....	5,8	162	73,9	3,6	1,5	21,7
Bach zw. Koumac / Quegoa (Kalkklippen).	7,6	200	23,3	76,0	11,9	11,4

+ = stehende Gewässer

Diese Analysen bekräftigen das vorher im Versuch erhaltene Ergebnis. Die niedersten Gehalte an elektrolytisch wirksamen Stoffen haben im Peridotitmassiv die stehenden Gewässer. Entscheidend dafür ist vor allem der Anteil des gelösten Magnesiums. Kalzium dagegen bleibt in sämtlichen Gewässern dieser geologischen Formation sehr, sehr untergeordnet. Parallel mit dem Magnesiumanteil geht auch der Silikatgehalt. (Abb. 2).

Chlorid zeigt dagegen keine Abhängigkeit, ausser vom Na-Gehalt sein Anteil ist im trockenen Norden grösser (vergl. Quelle in Bondé, Col d'Amoss, etc.). Stehende Gewässer anderer Gesteinsformationen (Schiefer) zeigen keine Abschwächung ihres Elektrolytgehalts! (vergl. Teich bei Boghen, Fischteich am Tchamba).

**2. Gebiete am Col d'Amieu und Poya**, grosse Gesteinsvielfalt Schiefer, Basalte, Peridotiteinschlüsse, Kalkfelsen(nur Poya).

Entgegen der ausserordentlichen Einheitlichkeit des Peridotitmassivs dessen einzige Differenzierung durch die mehr oder weniger starke Serpentinisation gegeben ist, zeigen die übrigen 2/3 des geologischen Aufbaus Neukaledoniens eine ziemliche Vielfalt.

Trotzdem kommt es nur in beiden hier erwähnten Gebieten besonderer Gesteinsvielfalt und geologischer Bruchlinien zu einer merklichen Beeinflussung des Elektrolytgehaltes der Fließgewässer.

Im Gebiet der Urwälder und Niaoulisavanne um den Pass und die Wasserscheide Col d'Amieu lassen sich zwei ziemlich verschiedene Gewässerzonen unterscheiden.



CARTE II

Aperçu hypsométrique et hydrographique et diagramme des conductibilités (sans les eaux saumâtres). Les numéros correspondent aux prélèvements d'eau. Les courbes de niveau correspondent aux altitudes 670 et 1000 m.

Tafel II : Flußläufe und 670, 1000 Meter Höhenschichtenlinien (gezeichnet nach der « World Aeronautical Chart » 1238, 1 : 1.000.000). Entnahmeplätze mit Probennummern angegeben, daneben elektrische Leitfähigkeiten als Diagramm in der Längsrichtung der Insel.

a) GRAUWACKENGEBIET um das Plateau des Dogny, Quellflüsse des La Foa aus rund 1000 Meter Seehöhe. Sehr niedere Leitfähigkeit (34-76), SBV 0,2-0,4 mval/l, GH 0,56-1,6 DH°, CaO 0,2-8,4 mg/l, MgO 3,8-6,0 mg/l, SiO<sub>2</sub> 7,5-12 mg/l, pH 5,3-7,0. Urwaldflüsse starken Gefälles.

b) QUELLGEBIET um den Table Unio, geologische Mischzone, Riv. Negropo Glanzschiefer, Peridotitreste, östlich Basalt und Karbonformation. Elektrolytreichere Flüsse mit Leitfähigkeiten von 114-144,

SBV 0,9-1,3 mval/l, GH 2,6-3,7 DH°, CaO 8,9-21,8 mg/l.  
MgO 8,0-17,6 mg/l, SiO<sub>2</sub> 17-26 mg/l, pH 7,1-7,8.

Zwischen diesen beiden Gewässertypen gibt es noch kleinere Flüsse, die sich nicht hier einteilen lassen und deren Werte etwa in der Mitte liegen (Probe 10 und 12 mit Leitfähigkeiten von 106, SBV 0,8-1,0, GH 2,0-3,1 DH°, CaO 6,7-9,9, MgO 9,9-15,8 mg/l, SiO<sub>2</sub> 18-19 mg). Sie entspringen in der Randzone der Grauwackenformation. Hier ist auch die Thermalquelle von La Crouen zu erwähnen :

Temp. 42° C, 250 m<sup>3</sup> pro Stunde (Analyse des Hospitals von Nouméa).

Sulfid.....	1,5 mg/l (als NaS)
Kalziumsulfat.....	1,2 —
Kalziumkarbonat.....	7,9 —
Magnesiumkarbonat.....	3,3 —
Natriumchlorid.....	49,7 —
Silikat.....	75,2 —
Aluminium.....	5,7 —
Eisen.....	Spuren
Barium, Lithium.....	Spuren
Arsen.....	Spuren

Die Fließgewässer der mittleren Südwest-Küste im Bereich von POYA, gehören zu den Elektrolyt-reichsten der Insel.

Im engen Bereich treffen hier grosse Peridotitmassive, Kalkbänder, Schichten der Jura-formation, Flysch, Basalt, Karbonformation und Glanzschiefer zusammen.

Auch klimatisch ist dieser Abschnitt durch die Ausweitung der Niederschlags-ärmeren Zone über den ganzen Inselquerschnitt gekennzeichnet. Die Quellflüsse entspringen gerade am Rand der regenreichen Nordkette (vergleiche Niederschlagsverteilung Abb. 1) Niaoulisavanne und flussbegleitende Pandanus, dazwischen Maquis serpentineux an den Hängen der von der Nickelgesellschaft teilweise abgeschürften Peridotitmassive, charakterisieren die Vegetation.

Rivière POYA-System (Proben 18-21).

Rivière NÉPOUI (Probe 22).

Leitfähigkeit.....	129 -167	Kalkquelle	384 (Probe 20)
pH.....	7,7- 8,2	(+Peridotit)	8,2
SBV.....	1,2- 2,0		4,8
GH DH°.....	3,8- 5,6		13,2
CaO mg/l.....	2,2- 10,0		36,0
MgO mg/l.....	23,2- 37,2		68,0
SiO <sub>2</sub> mg/l.....	16 - 21		36

Die Kalkquelle weist auf noch sehr hohe Magnesium-anteile im umgebenden Gestein, hohe Anreicherung mit Kohlensäure beim Versickern im tiefgründigen schwarzen Humus der umgebenden schütterten Wälder (Niaouli, Ufervegetation). Die Kalkbänder stossen an Peridotit und Basalt. Der Rivière NÉPOUI liegt bei der obigen Aufstellung an der obersten Stelle (El<sub>18</sub> 167,



GH 5,6 DH<sup>o</sup>, höchster Magnesiumgehalt), er hat die Quellen im Flysch und Breccien, durchfließt anschliessend reines Peridotitgebiet. Diese Gewässer enthalten somit gleichviel Magnesium wie die Flüsse der südlichen Serpentin, nehmen aus anstehenden Flyschen und paläogenen Schichten aber Kalzium auf. Liegt die Quelle im Peridotit (Probe 19, Seitenbach des R. Nekliai-Poya, so könnte man sie dem Chemismus nach dem südlichen Serpentin zurechnen (CaO 0,3 mg/l, wie in der Plaine des Lacs).

### 3. Flüsse der Nord-Ostküste.

Bei der Besprechung der Flüsse des südlichen Peridotitmassivs fielen bereits die etwas niederen Elektrolytmengen zweier kleiner Ostküstenbäche bei Touaourou auf (Probe 26, 27). Allgemein sind diese Gewässer meist kürzer, ihr Gefälle ist im Oberlauf stark (Kaskaden), der Mittellauf ist sehr kurz, der Flutrückstau des Meeres ist kürzer, beeinflusst aber den Chemismus sehr einschneidend (Proben 25, 36, 41 Unterlauf und 46). Die Grenze zwischen Süss- und Salzwasser ist daher schärfer, als an der breiten Westküste, die Probenentnahme erleichtert, da man auf der Strasse meist fast an der Küste entlang fährt und die Trichtermündungen der Flüsse direkt übersetzt, die in der Regel marinen Charakter haben (Meeresalgen). An der Südwestküste erschwert der kilometerbreite Mangrovegürtel, durch den keine Wege führen, den Zugang zum Fluss.

Die Flüsse um Ponérihouen (Proben 32 bis 40, Rivières Tchamba, Nérihouen, Néavin, Mou) durchfließen ein geologisch ausserordentlich einheitliches Gebiet der *Grauwackenformation*.

Elektrische Leitfähigkeit El<sub>18</sub> von 75-91, pH 7,2-7,6, SBV 0,8-1,0, GH DH<sup>o</sup> 1,3-2,0, CaO 5,6-9,5 mg/l, MgO 4,6-9,6 mg/l, SiO<sub>2</sub> 8-20,5 mg/l.

Calzium-Magnesium verhältnis also etwa 1 : 1, niedere Leitfähigkeit, sehr gleichmässige Zusammensetzung, geringer Unterschied im Chemismus zwischen Quellfluss und Mittellauf. Rivière Tchamba Quellfluss (El<sub>18</sub> 75) Mittellauf (El<sub>18</sub> 81), kleine, z.T. austrocknende Seitenbäche können etwas höhere Leitfähigkeit und höheren Silikatgehalt haben als der Unterlauf — Rivière Néavin Zufluss zu Seitenbach El<sub>18</sub> 89, Seitenbach 85, Unterlauf 76, Silikat 18-8 mg/l abfallend, SBV 1,0-0,8 mva/l. Die starke ackerbauliche Nutzung der grösseren Flusstäler bewirkt keine merkliche Erhöhung des Salzgehalts der Gewässer.

Ganz ähnlich liegen die Verhältnisse auch bei den nördlich davon gelegenen Flüssen im Bereich von HIENGHÈNE, des Rivière Hienghène, einiger Sturzbäche und des Vieux Touho. Geologisch ist die Region durch metamorphe Sedimentärformationen (vorwiegend Grauwacken), aber mit zusätzlichen Gneis -Glanz -u. Glimmerschiefervorkommen gekennzeichnet. Ein bei Hienghène entlang dem Küstenstrich laufendes Kalkband beeinflusst den Chemismus der Flüsse nicht.

#### *Rivière Hienghène.*

	<i>Oberlauf</i>	wasserreicher <i>Seitenfluss</i>	<i>Mittellauff</i>
El <sub>18</sub> .....	62	56	74
pH.....	7,5	6,9	7,3
SBV.....	0,4	0,4	0,6
GH DH <sup>o</sup> .....	1,1	1,2	1,5
CaO mg/l.....	4,8	6,7	6,7
MgO mg/l.....	4,6	3,8	5,8
SiO <sub>2</sub> mg/l.....	13,0	18,0	12,0

Die Zunahme an elektrolytisch wirksamen Stoffen ist im Verlauf des Flusses somit sehr gering, im Gegenteil bringt der hier als Seitenzufluss angeführte Kaskadenbach sehr reines Quellwasser aus dem Bereich des Mt. Panié (höchster Berg der Insel mit 1628 m).

Küstennahe Bäche können im Bereich menschlicher Siedlungen leicht erhöhte Leitfähigkeitswerte haben (Bach oberhalb der Missionsstation El<sub>18</sub> 99, GH 2,13 DH<sup>o</sup>) oder aber wieder extrem niedere, wie die Sturzbäche in der Bucht von VAO, nördlich von HIENGHÈNE, oder der

Wald-Kaskadenbach bei TOUHO (Proben 45, 47, El<sub>18</sub> 67 und 75, GH 1,3 und 1,0 DH°, CaO : MgO mg/l 4,4 : 6,2 und 3,9 : 4,4).

Bei TOUHO beginnt schon die reine Grauwackenformation, die Härte ist daher noch etwas geringer.

Die kleinen Flüsse an der obersten Nordost-Küste um BALADE entspringen durchwegs in Küstennähe an den Hängen der Nordkette, nördlich des Mt. Panié. Alle liegen in der trockenen nördlichen Niaoulisavanne. Nur die Region über 800 Meter erhält sehr grosse Niederschläge. Von Südost nach Nordwest vorgehend ergibt sich folgendes Bild :

Probe	48	49	54	53	52
Gestein	Glimmer- schiefer Glaucophan Gneis	Glimmer- schiefer Glaucoph.	Glaucoph. Glanz- schiefer Glimmer- schiefer	Glaucoph. Glanz- schiefer Glimmer- schiefer	Glaucoph. Glanz- schiefer
El <sub>18</sub>	36	71	96	114	96
pH	6,8	7,0	7,2	7,4	7,1
SBV	0,4	0,2	0,6	0,6	0,5
GH DH°	0,6	0,9	0,8	1,1	1,3
CaO mg/l	2,2	3,3	3,3	5,0	3,3
MgO mg/l	3,2	3,8	3,2	4,4	6,8
SiO <sub>2</sub> mg/l	5,0	6,0	12,0	15,0	13,0

Nach Norden mit zunehmender Abflachung und Trockenheit zeigt sich eine geringfügige Zunahme an Kalzium, Magnesium und Silikat, ein der besseren Pufferung entsprechendes Ansteigen des pH, der bei den Kaskadenbächen unterhalb des Mt. Panié leicht sauer ist (Probe 45).

#### 4. Fließgewässer des Diahot-Beckens.

Dieser längste Fluss der Insel, von dem allerdings fast ein Drittel seiner Länge in den Bereich des Brackwassers gehört, ist durch ein ausserordentlich Elektrolyt-armes Wasser gekennzeichnet und übertrifft hier sogar die Bergquellen des Mt. Dogny und Mt. Panié.

Tatsächlich liegen ja auch die Quellflüsse des Diahot im Bereich der höchsten Berge des Landes (Mt. Panié, Nordkette), hat aber ganz im Gegensatz zu den Flüssen des Peridotitmassivs sehr wenig Nebenflüsse. Er führt somit reines Quellwasser durch ein Becken das fast zur Gänze aus Glanzschiefer, hier aber ohne jeden Peridotiteinschluss aufgebaut wird. Die Quellen liegen im Gneis-Glimmerschiefer.

<i>Diahot</i>	<i>Mittellauf</i>	<i>beginn.</i>	<i>Unterlauf</i>	<i>Seitenbach</i>	<i>Col d'Amoss</i>
El <sub>18</sub> .....	28	39		126	
pH.....	6,7	7,1		7,5	
SBV.....	0,4	0,4		1,0	
GH DH°.....	0,4	0,8		2,7	
CaO mg/l.....	1,5	2,2		5,6	
MgO mg/l.....	2,0	3,8		17,6	
SiO <sub>2m</sub> g/l.....	5,0	7,0		26,0	

Am Rande des Diahot-Beckens, am Pass über die Küstenkette (Col d'Amoss), sind wieder auffallend hohe Werte anzutreffen. Hier ragen Basaltfelsen aus dem Schiefer, sogar eine äusserst schmale Peridotitader verläuft südöstlich davon, der Silikat- und Magnesiumgehalt steigt sprunghaft an, desgleichen der Chloridgehalt (Vorkommen von Chloritschiefer).

An der Wasserscheide zur Westküste hin schliessen an das Becken des DIAHOT breite Kalkbänder an. Die Kalkquellen zeigen hier erstmals keine Beeinflussung durch den Peridotit und die Kalziumwerte liegen wesentlich über dem Magnesiumsgehalt.

Proben 55, 56	Quelle	Bach
El <sub>18</sub> .....	423	314
pH.....	7,5	8,0
SBV.....	5,2	3,8
GH DH°.....	7,7	10,2
CaO mg/l.....	71,0	95,0
MgO mg/l.....	4,2	3,0
SiO <sub>2</sub> mg/l.....	11,0	13,0

a) DER SAUERSTOFFGEHALT der Gewässer war allgemein sehr hoch und entsprach den Sättigungswerten oder er lag darüber, besonders in stark veralgten lenithischen Buchten.

Rivière Bleue (Yaté).....	130 %	Sättigung O <sub>2</sub>	
Rivière Blanche (Yaté).....	100 %	—	
Dumbéa.....	110 %	—	
Lac en 8 (Seemitte).....	100 %	—	
Grand Lac (Seemitte).....	100 %	—	
Grand Lac (Uferzone).....	120 %	—	
Rivière Poya (Flussmitte).....	150 %	—	— Flüsse mit besonders
Rivière Poya (lenith. B.).....	160 %	—	starker Veralgung
Rivière Nepoui.....	138 %	—	
Rivière Tchamba (Mittellauf).....	116 %	—	
Rivière Hienghène (Oberlauf).....	144 %	—	
Rivière Diahot (Unterlauf).....	80 %	—	

b) DIE AGGRESSIVITÄT der Gewässer gegenüber Kalk ist sehr gross. Liess schon die starke Korrosion von Schneckengehäusen am Fundort derartiges erwarten, so zeigte die Berechnung des der geringen Ca-Menge entsprechenden Gleichgewichts-pH, die starke Neigung der Gewässer zur Kalkaufnahme ( $\text{pH} = 8,60 - 2 \log [\text{Ca}^{++}, \text{mval/l}]$ ). Die Gleichgewichts-pH-Werte lagen in den Flüssen des Peridotitmassivs bei 8,59-8,60, die gemessenen pH jedoch bei 7,7-8,3 (Westküste), sonst noch tiefer, 6,6-7,7.

Im zentralen und nördlichen Schiefergebiet ergab sich kaum ein anderes Bild, Gleichgewichts-pH 8,59 (Diahot), sonst meist bei 8,48-8,52. Demgegenüber lag der gemessene pH-Wert bei 6,8-7,5.

Nur in den Flüssen, die zum Teil mit Kalkschichten in Berührung kamen, lag die Bilanz anders (Poya, Le Cresson-Proben 18, 20, 21 und 55, 56). Bei der Probe 56, Ablauf der Jura-Kalkklippe « Le Cresson » in der Nähe von Koumac, bestand sogar eine Tendenz zur Kalkabscheidung.

## DISKUSSION UND ZUSAMMENFASSUNG

70 Proben aus nahezu allen Gewässertypen der Insel Neukaledonien und der angrenzenden kleinen Ile des Pins wurden untersucht. Wie erwartet zeigten vor allem die Gewässer des grossen Peridotitmassivs, dem auch die Ile des Pins zugehört, eine starke Beeinflussung ihres Chemismus durch die Besonderheit des Gesteins, das in der Hauptsache aus Magnesium (49 %), Silikat (43 %) und Eisenoxyd (7,9 %) besteht. Im Gegensatz zu den ersten beiden Anteilen, wird Eisenoxyd ebenso wie die ausserdem vorhandenen Nickel-, Cobalt- und Chromoxyde im Boden durch die

Verwitterungsvorgänge angereichert (sehr geringe Löslichkeit, vergl. JENKINS 1964) zum grossen Nachteil der Bodenentwicklung (Vergl. TERCINIER 1962).

Der am leichtesten lösliche Anteil ist das Magnesium, das daher den Chemismus der Gewässer weitestgehend beeinflusst. Die Löslichkeit des Silikats ist zwar um ein Vielfaches kleiner, zeigt aber manchmal eine auffallende Parallelität zum Magnesiumanteil. Kalzium fehlt fast vollkommen. Versuche über die allgemeine Löslichkeit des Peridotit-Sandes zeigten, dass es in erster Linie der Gehalt an Kohlensäure ist, der den Elektrolytgehalt der Gewässer bestimmt, und nicht allein die, wie anfangs vermutet wurde, Auswaschung des Gesteins durch den Regen. Die Auswaschung wirkt sich nur indirekt durch die Beseitigung der an und für sich schon sehr dünnen Erdschicht stark aus. Eine dicke Humusschicht führt dem durchsickernden Regenwasser nämlich bedeutende Mengen an Kohlensäure zu.

Den niedrigsten Anteil gelöster Elektrolyte haben daher die seichten stehenden Quellweiher der Plaine des Lacs, einer fast humusfreien Hochfläche, die über 3000 mm Niederschläge im Jahr erhält, deren Vegetation aber Halbwüsten-Charakter hat.

Die Fliessgewässer der Bergketten, die von rund 1000 Meter Seehöhe über riesige Flächen der Serpentinmaccie in starkem Gefälle zu Tal stürzen und dabei eine meist ungewöhnlich grosse Anzahl von kleinen Seitenbäche aufnehmen, haben durchwegs einen wesentlich höheren Gehalt an gelösten Salzen. Dabei ist ein Ansteigen der Werte von Ost (Luvseite, kürzere Flussläufe) nach West (langsam abfallend, Leeseite, Niederschläge 1000 bis 2000 mm) deutlich festzustellen. Auch ENTZ (1959) betont, dass im Bereich des Balaton (Plattensees) in Ungarn parallel mit der Abnahme der Niederschläge, eine Zunahme des Magnesium-, Natrium-, Sulfat- und Chloridgehalts der Gewässer nachzuweisen ist.

Die Gewässer des hauptsächlich aus Grauwacken- und deren metamorphen Abkömmlingen bestehenden übrigen Teile der Insel haben allgemein einen höheren Kalziumgehalt.

Die Leitfähigkeit der Gewässer ist in der Grauwackenzone sehr nieder und entspricht mitunter jenen tiefen Werten der Plaine des Lacs. Besonders die Sturzbäche am Abhang der Nordkette sind derart Elektrolyt-arm dass auch ihr pH unter den Neutralwert absinkt. Ihr Kalzium-Magnesium-Verhältnis ist jedoch immer annähernd 1 : 1, während im Peridotit das Verhältnis etwa 1 : 20 bis 1 : 30 lautet.

Es sei hier nur angedeutet, dass OVERBECK (1962) bei Untersuchung des Phosphathaushalts von Grünalgen eine physiologische Wirkung von  $Mg^{+}$  Ionen feststellte, die in einer Förderung der Phosphatasentätigkeit besteht. Dies gilt aber nur für den alkalischen Bereich, im sauren Milieu wirkt  $MgCl_2$  deutlich hemmend (ROCHE 1950 zit. bei OVERBECK). Bei pH 3,8 beträgt die Hemmung 9/10, bei pH 6,2 immer noch 1/2, Versuchsansätze mit m/500 Lsg. zeigten maximale Förderung. Im allgemeinen können die gemessenen Elektrolytgehalte keineswegs als sehr nieder bezeichnet werden. Tiefste gemessene Leitfähigkeit hatte der Diahot mit  $El_{18}$  28, S.

Äquatoriale Flüsse haben Leitfähigkeiten von oft nur 6 bis 12  $\mu S$   $El_{28}$  (GESSNER 1962) wie die Schwarzwasserflüsse der Amazonasniederung und des Kongo. Dabei haben die Quellen des Amazonas eine  $El_{22}$  von 172 und die sog. Weisswasserflüsse aus dem Urgestein etwa eine  $El_{28}$  von 20. GESSNER betont die Bedeutung der Elektrolytmenge für die Verbreitung der Fauna und Flora. Als Beispiel gibt er Quellbäche aus einer Karbonformation an,  $El_{28}$  74,8-164,6  $\mu S$ , die einen hohen Kalkgehalt haben und in denen die einzige Characee des ganzen Amazonasgebietes vorkommt (*Nilella oligospira*), sowie eine Planorbide (*Tropicorbis papavensis*) Zwischenwirt von *Schistosoma mansoni*, die das Gebiet zu einem der wenigen Billharziose-Herden macht.

Die Besonderheit der Neukaledonischen Gewässer besteht also nicht in einer allgemeinen Armut an gelösten Mineralstoffen, sondern in der ungewöhnlichen Zusammensetzung. Lebensnotwendige Elemente wie Kalzium, Kalium, und Phosphor kommen nur in sehr kleinen Mengen gelöst vor, sie sind aber auch in den Gesteinen z.T. fast nicht vorhanden (Ausnahme : einige Kalkbänder). Dagegen ist der Magnesiumgehalt ungewöhnlich hoch, besonders in der Serpentin-Peridotitregion. Es wurde hier die Frage aufgeworfen, ob nicht auch eine physiologische Wirkung, namentlich des Magnesiums, auf die Organismen möglich ist, schon deshalb weil die Flora und Fauna derartige Eigenheiten aufweist (geringe Artenzahl, hoher Grad von Endemismus).

## LITERATUR

- ARNOULD (A.), AVIAS (J.), ROUTHIER (P.), 1946-1954. — Carte géologique de la Nouvelle-Calédonie. O.R.S.T.O.M., Paris.
- ENTZ (B.), 1959. — Chemische Charakterisierung der Gewässer in der Umgebung des Balaton (Plattensees) und chemische Verhältnisse des Balatonwassers. *Annal. Biol. Tihany*, 26.
- GESSNER (F.), 1962. — Der Elektrolytgehalt des Amazonas. *Archiv f. Hydrobiol.*, Bd. 58/4, 1.
- LE BORGNE (J.), 1964. — Géographie de la Nouvelle-Calédonie et des Iles Loyauté. Ministère de l'Éducation, de la Jeunesse et des Sports, Nouméa.
- SARLIN (P.), 1954. — Bois et Forêts de la Nouvelle Calédonie. Centre technique forestier tropical.
- RÖMPP (H.), 1966. — Chemie Lexikon, 6. Auflage, *Stuttgart*.
- TERCINIER (G.), 1962. — Les Sols de la Nouvelle-Calédonie. Institut Français d'Océanie, O.R.S.T.O.M., Paris.
- OVERBECK (J.), 1962. — Untersuchungen zum Phosphathaushalt von Arünalgen. *Archiv f. Hydrobiol.*, 58.
- JENKINS, KNEIGHT, HUMPHREYS, 1965. — The Solubility of heavy metal hydroxides in water, sewage and sewage sludge. *Air and Water Poll.*