

III-ème Conférence hydrologique des États baltiques
Warszawa, mai 1930.



La dénudation chimique en Suède

par

J. V. ERIKSSON (Suède).

WARSAWA

Édité par le Ministère des Travaux publics

1930

III-ème Conférence hydrologique des États baltiques

Warszawa, mai 1930.

La dénudation chimique en Suède

par J. V. Eriksson (Suède).

Le matériel des présentes recherches a été recueilli au cours des années 1909—1925 par le Bureau d'Hydrographie et (à dater de 1919) par le Service National de Météorologie et d'Hydrographie dans le but d'étudier d'une façon à peu près complète le transport par les cours d'eau suédois de matières en suspension et de matières dissoutes. Chaque échantillon d'eau était de 2 litres et le prélèvement a eu lieu en un point situé au milieu du cours d'eau et à 1 mètre au-dessous de la surface. Dans le cas, où la profondeur était inférieure à 2 mètres, le prélèvement a été effectué à égale distance de la surface et du fond. Les échantillons ont été ultérieurement étudiés et analysés à Stockholm. Après filtrage, le filtre est séché et pesé; il est ensuite porté au rouge et pesé à nouveau, après quoi le filtratum est évaporé à sec. Le résidu ainsi obtenu est séché, pesé, porté au rouge et à nouveau pesé. Dans le présent travail, les matières en suspension n'ont été l'objet d'aucun traitement. Dans certaines stations, on a procédé au dosage de CaO et dans certaines régions calcaires à celui du MgO . Le dosage a été fait sur un même échantillon pour le SO_3 et pour le Cl (par titrage); dans certaines stations on a déterminé l'alcalinité, la consommation d'oxygène au cours de l'oxydation des matières organiques, ainsi que la coloration de l'eau d'après une échelle au caramel. Au cours des années 1924 — 1925, on a procédé dans 13 stations à la détermination colorimétrique de la concentration en hydrogène ionique d'après la méthode de Sørensen. Dans quelques cas isolés, on a déterminé le degré de dureté de l'eau par titrage au stéarate de potassium et la teneur en acide carbonique libre ou à demi combiné par l'hydrate de baryum.

Le nombre total des stations était 69. Le nombre des analyses principales (matières inorganiques et matières organiques) est de 3,594 et le nombre total des analyses de détail atteint 11,313. On constate par des analyses simultanément effectuées par deux stations voisines dans un même cours d'eau (61—136 Karlslund et 61—137 Åby) que les différences concernant les matières inorganiques et les matières organiques s'élèvent au maximum à 0,5 mgr. par litre.

Matières inorganiques. Les analyses de la totalité des matières inorganiques ont été effectuées dans l'ensemble des stations et sur l'ensemble des échantillons prélevés. On note des teneurs très différentes selon la nature géo-

logique et géographique des différents bassins. Les stations ont été réparties en divers groupes: I. Bassins de moraines et d'argiles calcaires, fond rocheux partiellement calcarifère et boisement relativement insignifiant; II. Bassins de moraines et d'argiles calcaires avec forêts étendues; III. Plaines argileuses pauvres en calcaire et peu boisées; IV. Régions forestières pauvres en calcaire a) de moins de 1,000 km² de superficie, b) de 1,000 à 10,000 km², c) de plus de 10,000 km²; V. Bassins alpins. Les résultats moyens obtenus dans les divers groupes sont indiqués par ce petit tableau:

Groupe	Inorgan. teneur mgr./lit.	CaO teneur mgr./lit.	Superficie du bassin km ²	Précipitat. mm	Débit ‰
I	148.9	59.5	2,694	604	44
II	63.4	21.5	1,174	580	45
III	36.3	8.1	1,460	664	47
IV: a.	27.9	5.1	198	695	61
b.	27.7	5.9	4,065	763	55
c.	24.3	6.0	18,055	759	59
V	23.7	5.3	1,000	1,193	68

D'une façon générale on constate que, pour des bassins par ailleurs comparables, la teneur de l'eau des fleuves en matières inorganiques dissoutes décroît en raison inverse de la superficie du bassin, de l'abondance des précipitations et du pourcentage d'écoulement. Dans certains bassins fluviaux, les travaux se sont poursuivis simultanément dans plusieurs stations. En ce qui concerne les régions argileuses pauvres en lacs, on a constaté dans ces conditions que les teneurs en matières inorganiques dissoutes augmentent au fur et à mesure que l'on se rapproche de l'embouchure du fleuve. Connaissant l'écoulement, la superficie du bassin et la teneur observée dans les différentes stations, on peut donc calculer mathématiquement la teneur nette pour les territoires entre les stations. Des calculs analogues ont également pu être faits pour un bassin boisé riche en lacs et ont permis de constater que les conditions étaient ici inversées, les territoires inférieurs, situés en aval des lacs, étant les plus pauvres en matières inorganiques dissoutes. Il se produit évidemment une précipitation de ces matières inorganiques dans les lacs. La teneur absolue la plus élevée en matières inorganiques dissoutes s'observe dans les cours d'eau des régions calcaires. L'eau des terrains argileux présente une teneur plus élevée que celle des bassins boisés. Les teneurs les plus faibles se retrouvent dans les cours d'eau des régions alpêtres. La carte fig. 1 indique la répartition géographique sur les divers bassins des teneurs en matières inorganiques dissoutes.

Teneur en chaux et en magnésie. Les dosages de CaO ont été effectués dans 56 stations (1,527 analyses) et ceux de MgO dans 13 stations (171 analyses). La teneur absolue en chaux varie d'environ 90 mgr. par litre dans les ré-

gions calcaires proprement dites à 2—7 mgr. par litre dans les régions forestières et alpines. La répartition géographique de la teneur en chaux ressort de la carte fig. 2. Évaluée en pourcentage de l'ensemble des matières inorganiques dissoutes, la teneur en chaux est de 35—45% dans les régions calcaires et de 10 à 30% dans les régions forestières et alpines. Le teneur procentuelle en chaux est plus élevée dans les grands bassins de précipitations des régions forestières que dans les bassins de moindre superficie (16·3% en moyenne pour les bassins inférieurs à 1,000 km², 21·3% dans les bassins de 1,000 à 10,000 km² et 24·8% dans les bassins supérieurs à 10,000 km²), ce qui semblerait indiquer que la chaux a moins de tendances à se déposer au cours du trajet vers la mer. Si l'on admet une teneur d'environ 50 mgr. par litre en matières inorganiques dissoutes comme valeur limite entre les pays de forêts et les pays de plaines, on peut ranger les stations en deux groupes. Dans le groupe „de plaines”, la teneur moyenne en chaux est de 37·1%; elle est de 21·9 dans le groupe „forestier”. Il existe un rapport manifeste entre la teneur totale en matières inorganiques dissoutes et la teneur en chaux. La valeur de ce rapport est caractérisée pour la région de plaine par le coefficient de corrélation $r = 0·987 \pm 0·005$ et, pour la région forestière par $r = 0·83 \pm 0·03$. Pour les stations dans lesquelles les déterminations de la teneur en chaux manquent cette teneur peut donc être établie avec une approximation très poussée par la méthode de corrélation. On a alors, pour les cours d'eau des plaines (x_1 étant la teneur totale et x_2 la teneur en chaux): $x_2 = 0·464 x_1 - 8·6$ (écart probable, $\pm 3·1$ mgr. par litre), et pour les cours d'eau des régions forestières, $x_2 = 0·305 x_1 - 2·3$ (écart probable, $\pm 1,4$ mgr. par litre). Mais il est plus difficile d'établir la corrélation entre chacune des analyses des matières inorganiques dissoutes et les dosages de la chaux effectués dans une seule et même station. Les coefficients de corrélation pour trois stations particulières sont en ce cas: pour 92—189 Kävlinge $r = 0·82 \pm 0·03$, pour 67—804 Bjärka-Säby $r = 0·52 \pm 0·07$ et pour 18—39 Myrheden $r = 0·56 \pm 0·06$. Les dosages de la magnésie n'ont été faits que dans les cours d'eau particulièrement calcarifères, et il n'est pas possible, en partant des moyennes dont on dispose de teneur totale ou de teneur en chaux, de calculer soit par corrélation, soit par évaluation procentuelle, la teneur en magnésie des cours d'eau qui n'ont pas été l'objet d'analyse.

Le degré de dureté. Le degré de dureté des eaux analysées a été établi d'après l'échelle allemande (1° = 10 mgr. CaO ou une quantité équivalente de MgO par litre). On a constaté que dans les régions forestières et alpines l'eau est en général „très douce” et a souvent un degré de dureté inférieur à 1°. Peuvent être considérées comme „eaux douces” (4°—8°) certaines eaux qui ont des rapports directs ou indirects avec des roches calcaires et comme „moyennement dures” les eaux issues des formations crétacées de Scanie et pour une part des formations siluriennes de Västergötland. Dans un certain nombre de cas, la détermination du degré de dureté a été faite directement à l'aide du stéréate de potassium et les résultats ainsi obtenus se sont trouvés concordant avec ceux qu'on avait calculés d'après la teneur en chaux (et en magnésie). Dans 8 stations on a déterminé à la fois la dureté temporaire de l'eau (dureté par carbonates) et sa dureté permanente (dureté par acides minéraux); ces recherches ont permis de con-

stater que dans le degré total de dureté de l'eau le premier facteur intervient pour 70 et le second pour 30%.

Alcalinité. L'alcalinité a été déterminée dans 40 stations par titrage avec $n/10$ HCl. On établit ainsi la teneur de l'eau en acide carbonique combiné et la dureté temporaire de l'eau. On a constaté qu'en ce qui concerne les cours d'eau des plaines, le degré de dureté ainsi obtenu est inférieur à celui que donne le calcul d'après la teneur en chaux dans les régions de plaines, le calcium est combiné dans une plus large mesure avec des acides autres que l'acide carbonique. La situation est exactement inverse dans les cours d'eau des régions forestières, ce qui indique la présence de quantités abondantes de carbonates autres que les carbonates de chaux ou de magnésie.

Acides minéraux. Le dosage du chlore et de l'anhydride sulfurique a été fait dans la plupart des échantillons ayant été l'objet d'un dosage de la chaux. Tous les dosages du chlore ont donné des résultats qui peuvent être considérés comme équivalents. Par contre, les dosages de l'anhydride sulfurique effectués de 1909 à 1914 donnent des valeurs supérieures à celles des années suivantes. La proportion moyenne est de 100 : 56 pour les régions forestières et de 100 : 95 pour les régions de plaines. Les valeurs les plus faibles étant vraisemblablement les plus exactes, les chiffres des premières années ont été corrigés en conformité avec les proportions ci-dessus. La répartition géographique des différents teneurs en chlore et en acide sulfurique ressort des cartes fig. 3 et 4. La carte de la fig. 5 indique la répartition régionale du rapport $Cl : SO_3$. Les plaines argileuses dans lesquelles l'argile provient de la désagrégation de roches siluriennes sont spécialement riches en sulfates. Ceux-ci ont certainement été formés par oxydation de sulfures métalliques inclus dans les roches siluriennes, et notamment de sulfure de fer. Des recherches faites en vue d'établir le rapport entre la chaux et les acides (les uns et les autres étant considérés comme des ions : Ca , Cl_2 , SO_4 , et CO_3) ont montré que dans la Suède méridionale le facteur de corrélation est très élevé (0.99 ± 0.005) pour Ca et CO_3 , un peu plus faible (0.93 ± 0.02) pour Ca et SO_4 ; pour Ca et Cl_2 , il est égal à 0.70 ± 0.07 . Pour la Suède septentrionale, ces facteurs sont respectivement de 0.92 ± 0.03 , 0.27 ± 0.15 et 0.37 ± 0.14 , c. — à — d. moins favorables dans l'ensemble. De même que pour la corrélation obtenue antérieurement entre des analyses isolées d'une seule et même station, des résultats sont notablement moins satisfaisants que ceux que donne l'établissement de la corrélation entre les chiffres moyens des différentes stations.

Acide carbonique libre et à demi-combiné. On a procédé à un nombre restreint de dosages de l'acide carbonique à l'état libre et à l'état demi-combiné. Ces déterminations ayant été faites après l'envoi des échantillons à Stockholm, il y a lieu de supposer qu'une partie de l'acide carbonique libre s'était échappé antérieurement à l'analyse. On a constaté dans certains cas, où le dosage de l'acide carbonique libre et à demi-combiné a été fait à la fois avant et après le filtrage par aspiration, qu'une part très notable de l'acide carbonique ainsi déterminé doit être considérée comme acide carbonique libre et que les cours d'eau suédois renferment un excédent considérable d'acide carbonique libre, excédent notablement supérieur à la quantité qui serait nécessaire pour maintenir en état de dissolution les carbonates de chaux et de magnésie. Les précipitations ne libèrent des terrains et des roches de la Suède que la quantité de chaux

que les eaux ont le temps de dissoudre au cours de leur trajet vers la mer, et non la quantité que ces eaux seraient capables de dissoudre pendant un temps illimité.

Concentration en hydrogène ionique. Cette concentration a été étudiée dans 13 stations, avec un total de 188 déterminations. On a constaté que la valeur de *pH* croît avec la quantité de matières inorganiques dissoutes (pour 20—30 mgr. de matières inorganiques, la valeur moyenne de *pH* est de 6.2; elle est de 6.8 pour une quantité de 40—60 mgr. et de 7.55 pour des quantités excédant 200 mgr.). Ce fait est en relation avec le rapport signalé ci-dessus qui existe entre la totalité des matières inorganiques dissoutes et la teneur en chaux. Pour une teneur en chaux de 2—3.9 mgr. par litre, dans les stations étudiées, la valeur de *pH* est en moyenne de 6.0; pour une teneur de chaux de 4—5.9 mgr., *pH* est égal à 6.4, pour une teneur de chaux de 6—8.9 mgr., *pH* devient 6.6 et dans les cas où l'on a constaté une teneur en chaux supérieure, la valeur de *pH* devient supérieure à 7.0 c.—à—d. que l'eau a une réaction alcaline. Dans les cas où l'on constate, soit par pesées, soit par la détermination de la consommation en oxygène, soit par la coloration, une augmentation de la teneur en matières organiques dissoutes, la valeur de *pH* décroît. Selon toute vraisemblance, c'est surtout à la teneur calcaire de l'eau fluviale qu'il y a lieu d'attribuer sa réaction alcaline, tandis que l'acidité des eaux fluviales est surtout due à la teneur en acides humiques. D'une façon générale, les eaux fluviales suédoises sont acides (*pH* inférieur à 7.0) et n'ont une réaction alcaline que dans certaines régions nettement calcaires.

Matières organiques. L'analyse des matières organiques a été faite sur tous les échantillons prélevés. De l'étude statistique du matériel suédois, il ressort que les teneurs les plus élevées en matières organiques dissoutes se retrouvent dans les cours d'eau des régions calcaires et des plaines argileuses, où ces teneurs sont généralement supérieures à 30 mgr. par litre. Cette teneur décroît dans les régions forestières proportionnellement à l'étendue des bassins de précipitations, ce qui tient évidemment aux phénomènes d'oxydation. La teneur la plus faible en matières organiques dissoutes s'observe dans les cours d'eau des régions alpines, où les marais et les forêts sont rares. La répartition géographique de la teneur en matières organiques, exprimée en mgr. par litre, est indiquée par la carte de la fig. 6. —La consommation d'oxygène due à l'oxydation des matières organiques a été déterminée dans 40 stations. Dans leurs grandes lignes, ces recherches indiquent que les matières organiques en dissolution dans les eaux naturelles suédoises sont de nature très variable. La consommation d'oxygène est en effet très différente suivant les diverses catégories de cours d'eau. Dans les régions alpines, elle est tout à fait insignifiante et atteint en moyenne (cette moyenne ne provient cependant que de 2 stations) 1.7 mgr. O par litre, ce qui correspond à 5.6 mgr. de matières organiques par milligramme d'oxygène. Dans les régions calcaires à teneur calcaire excédant 15 mgr. de CaO par litre, la consommation d'oxygène est, par suite de la plus grande quantité de matières organiques dissoutes, notablement supérieure et atteint en moyenne 7.2 mgr. par litre, ce qui correspond à 4.5 mgr. de matières organiques par mgr. d'oxygène. Les eaux des régions forestières font également une assez grande consommation d'oxygène pour l'oxydation des matières organiques et on

a constaté que cette consommation est plus élevée pour les petits cours d'eau (de moins de 50 km²): 14.5 mgr. par litre, que pour les bassins de précipitations plus étendues: 6.8 mgr. par litre. On observe en même temps que la quantité de matières organiques correspondant à 1 mgr. d'oxygène n'est que de 1.9 mgr. dans le premier cas pour 2.9 dans le second. De toute évidence, ce fait tient à la constitution chimique des matières organiques et au stade d'oxydation auquel elles sont parvenues. Dans les cours d'eau riches en calcaire, de même que dans ceux des régions alpines, ces matières organiques existent surtout sous forme de sels, infiniment plus oxydables que les acides eux-mêmes. Dans les cours d'eau des régions forestières, au contraire, les matières organiques dissoutes sont le plus souvent constituées par des acides humiques ou huminiques. C'est sous cette forme que les matières organiques sont d'abord libérées du sol; elles ne sont oxydées que peu à peu et transformées dans les grands cours d'eau en combinaisons plus facilement oxydables. Une étude du rapport qui existe entre la quantité en poids des matières organiques dissoutes et la consommation d'oxygène nécessitée par leur oxydation donne pour les régions riches en calcaire des résultats notablement inférieurs ($r = 0.45 \pm 0.16$) à ceux des régions forestières ($r = 0.95 \pm 0.02$). On a constaté que la constante d'addition dans la corrélation de l'ensemble des analyses faites dans chaque station doit être négative. Ceci semble indiquer que l'oxydation des matières organiques à la température de l'ébullition exige une quantité d'oxygène supérieure à celle qui est fournie au cours du titrage par le $KMnO_4$. Cet oxygène pourrait alors être considéré comme provenant des matières inorganiques dissoutes, le titrage s'effectuant à une température qui n'est jamais atteinte dans la nature. Une nouvelle corrélation tenant également compte des quantités de matières inorganiques dissoutes dans l'eau, donne pour résultat un facteur de corrélation total qui a pour valeur $R = 0.91$ pour les régions riches en calcaire et $R = 0.99$ pour les régions forestières ce qui paraît confirmer l'hypothèse ci-dessus. Des déterminations de la coloration d'après une échelle au caramel ont également été effectuées dans 40 stations dans le but spécial de donner une expression de la teneur de l'eau en matières humiques dissoutes. On a constaté à cette occasion que les eaux alpines sont moins colorées que les autres. De même, les eaux fortement calcaires ne sont que faiblement colorées. Dans les cours d'eau des régions forestières, les stations des grands bassins de précipitations accusent une coloration plus faible que les autres, ce qui tient évidemment à ce que la précipitation et la neutralisation des acides humiques a le temps de s'effectuer d'une façon plus complète. Dans les régions à pourcentage élevé de lacs, la coloration est, d'une façon générale, notablement plus faible que dans les régions pauvres en lacs. En ce qui concerne les régions forestières, il faut s'attendre, en raison de la nature uniforme de ces régions, à trouver un rapport relativement élevé entre la quantité en poids des matières organiques dissoutes et la coloration de l'eau. La méthode corrélatrice donne un facteur de corrélation $r = 0.79 \pm 0.06$. Ce rapport est moindre que celui qu'on a pu observer entre la quantité en poids de matières organiques dissoutes et la consommation d'oxygène. Dans les cours d'eau des régions riches en calcaire, le rapport entre la coloration et la quantité en poids précitée est pratiquement nul ($r = 0.04 \pm 0.20$). Il est évident que le pourcentage de marais que comprend le bassin joue un rôle important dans la coloration de l'eau.

Périodicité. En raison de l'inégale répartition des essais, surtout suivant les diverses périodes de l'année, le matériel suédois se prête moins bien à une étude sur la périodicité de l'apparition des matières dissoutes dans nos cours d'eau. Le prélèvement des échantillons avait lieu au début une fois par mois; il ne fut ultérieurement fait que tous les deux mois. Les examens de détail (CaO, MgO, Cl, SO₃ etc.) n'ont eu lieu que 4 fois par an. La teneur en matières inorganiques atteint généralement son maximum pendant les périodes d'étiage et son minimum aux fortes eaux. Les matières organiques suivent partiellement une marche inverse; la teneur minima correspond habituellement aux mois d'hiver. On observe un maximum de matières organiques à la crue du printemps et pendant les crues alpines; un nouveau maximum—généralement plus faible—s'observe en outre, dans la Suède méridionale, pendant l'automne et au début de l'hiver, en relation avec la fin de la période de végétation. La teneur en chaux est nettement sous la dépendance du niveau des eaux, et a son maximum normal en hiver, pour le Norrland, et à la fin d'été pour la Suède méridionale. Le minimum coïncide avec le début de l'été. Il est à peu près de même pour le chlore et l'acide sulphurique. La consommation d'oxygène et l'intensité de la coloration atteignent généralement leur maximum pendant les premiers mois d'hiver, tandis que le minimum correspond à la fin de l'hiver pour le Norrland, et à la fin de l'été ainsi qu'à l'automne pour la Suède méridionale. D'une façon générale on constate qu'un débit moyen annuel faible correspond à une teneur plus élevée et vice versa. Il semble que dans le Norrland la teneur en chaux ait son maximum pendant le semestre hiver-printemps, tandis que le contraire se produit dans les cours d'eau de plaines. C'est la teneur en chlore qui présente peut-être le caractère saisonnier le plus net: dans la presque totalité des cours d'eau étudiés, elle atteint son maximum pendant le semestre été-automne. La teneur en acide carbonique, déterminée d'après l'alcalinité, suit une marche analogue, tandis que la teneur en acide sulphurique se comporte comme la teneur en chaux.

Quantité absolue de matières dissoutes. Les quantités absolues de matières entraînées par la dénudation chimique ont été évaluées en tonnes par an et par km^2 . Les chiffres ont été établis en utilisant les teneurs moyennes et les volumes d'écoulement. Les régions franchement calcaires se distinguent par des chiffres généralement élevés, atteignant 60—70 tonnes par an et km^2 de matières inorganiques; les régions forestières présentent des chiffres notablement inférieurs, s'élevant au maximum à 20 tonnes par an et km^2 , mais se maintenant généralement aux environs de 10 tonnes. Les chiffres s'élèvent de nouveau pour les régions alpines, atteignant 15—20 tonnes ou plus, ce qui tient à l'abondance plus grande de l'écoulement. La répartition géographique des quantités absolues des matières inorganiques et organiques dissoutes (en tonnes par an et par km^2) ressort des cartes fig. 7 et 8. Les résultats moyens obtenus dans les divers groupes des stations sont indiqués par ce petit tableau :

Groupe	Inorg.	Org.	CaO	MgO	Cl	SO ₃	CO ₂
I	40.33	10.43	15.98	1.32	3.41	6.58	9.14
II	16.62	7.85	5.81	1.20	1.56	2.13	4.71
III	11.29	9.59	2.77	0.78	2.22	2.00	2.41
IV: a.	11.64	10.65	2.07	—	2.15	0.90	2.23
b.	11.91	9.42	2.62	—	2.38	1.91	2.04
c.	11.19	7.61	2.84	—	1.49	0.79	3.00
V	18.88	7.43	4.61	—	2.30	1.82	4.34

Ces chiffres pour les divers groupes géographiques de cours d'eau ne constituent cependant que des moyennes arithmétiques des chiffres établis par chacune des stations, c.—à—d. en quelque sorte des moyennes qualitatives. Si l'on veut obtenir des moyennes quantitatives pour chaque groupe géographique de cours d'eau, il est par suite nécessaire, la superficie de chaque bassin de précipitation variant pour chaque station, d'introduire dans les calculs les valeurs de ces superficies. Les chiffres ainsi obtenus se trouvent réunis dans ce petit tableau:

Groupe	Inorg.	Org.	CaO	MgO	Cl	SO ₃	CO ₂
I	21.44	7.50	7.72	0.88	2.30	3.49	4.45
II	14.39	6.04	3.89	0.95	1.41	2.22	3.26
III	14.98	10.72	3.32	0.94	3.06	2.33	2.55
IV: a.	12.35	10.27	2.04	—	2.16	1.29	2.32
b.	10.94	8.43	2.35	—	2.03	1.41	2.19
c.	11.45	7.53	2.90	—	1.47	0.83	3.14
V	17.91	7.14	3.74	—	2.09	1.57	3.67

Ces nouveaux chiffres diffèrent notablement des moyennes qualitatives mais leurs indications essentielles restent les mêmes.—Les présentes recherches ont permis de reconnaître, au point de vue de la dénudation chimique, 57% de la superficie du pays. On ne saurait cependant, pour obtenir le total général de la dénudation pour l'ensemble du pays, majorer le total obtenu (mill. de tonnes par an) dans la proportion 57:100, les territoires qui n'ont pas encore été étudiés étant dans une large mesure constitués par des terrains côtiers et par des argiles. En répartissant les territoires étudiés aussi bien que ceux qui ne l'ont pas été en moraines, zones argileuses et régions calcaires et à l'aide pour ainsi dire de certains chiffres-types on obtient des quantités calculées et, par addition avec les chiffres réellement déterminés, les totaux (mill. de tonnes par an) pour la Suède:

	Determ.	Calcul.	Totaux
Matières inorganiques	3.43	2.68	6.14
Matières organiques	2.16	1.77	3.93
CaO	0.90	0.67	1.57
Cl	0.47	0.46	0.93
SO ₃	0.33	0.35	0.68
CO ₂ (combiné)	0.54	0.89	1.43

Signification géographique de la dénudation chimique. L'immense matériel américain recueilli par Baulig (Annales de Géographie T. XIX, Paris 1910) semble montrer que, dans les territoires primitivement recouverts de glace, la dénudation chimique atteint 87—96% de la dénudation totale. Dans le bassin de Mississipi, au contraire, cette dénudation chimique ne s'élève qu'à 13—46% de la dénudation totale. Les études faites dans les cours d'eau de plaine de l'Europe centrale indiquent une dénudation chimique atteignant de 80—90% de la dénudation totale. Des recherches effectuées sur un fleuve alpin, le Rhône (au Pont de Scex), il résulte que la dénudation chimique n'est prépondérante que pendant le semestre de basses eaux; elle n'est par contre que de 19% de la dénudation totale pendant le semestre de hautes eaux; le débit des hautes eaux étant très considérable, cette particularité influe grandement sur le résultat annuel, si bien que le pourcentage total de la dénudation chimique annuelle n'est que de 23%. Les analyses effectuées sur le matériel suédois, en ce qui concerne les matières en suspension donnent une faible quantité de limon. Ainsi que nous l'avons précédemment indiqué, ces chiffres ne peuvent cependant être considérés comme entièrement caractéristiques et le transport de limon est probablement plus considérable que ne l'indiquent les analyses. On peut cependant, en ce qui concerne la Suède, évaluer la dénudation chimique à 70—90% de la dénudation totale. Et la dénudation chimique constitue ainsi—abstraction faite de la précipitation—le transport le plus gigantesque de matériaux qui ait lieu aux dépens du sol de la Scandinavie.





Fig. 1.

Répartition géographique des teneurs en matières
inorganiques dissoutes.



Fig. 2.

Teneur en chaux

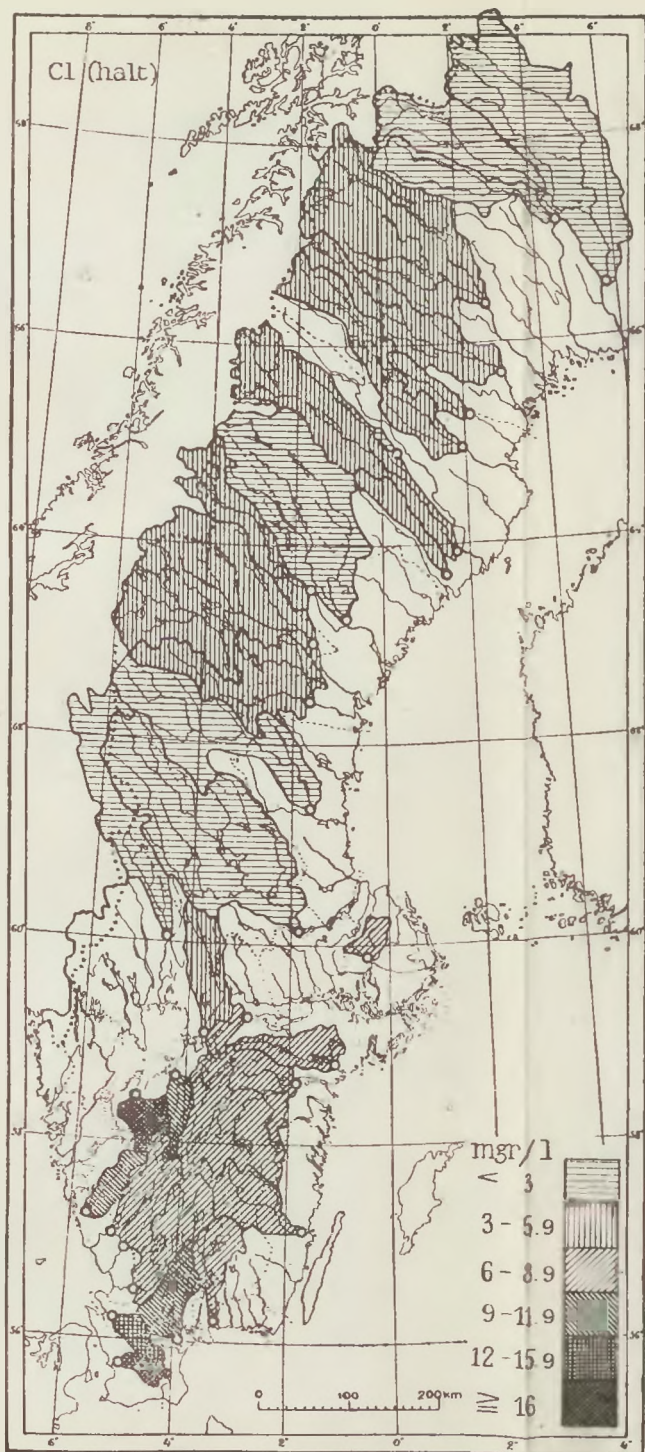


Fig. 3.

Teneur en chlore.



Fig. 4.

Teneur en acide sulphurique.

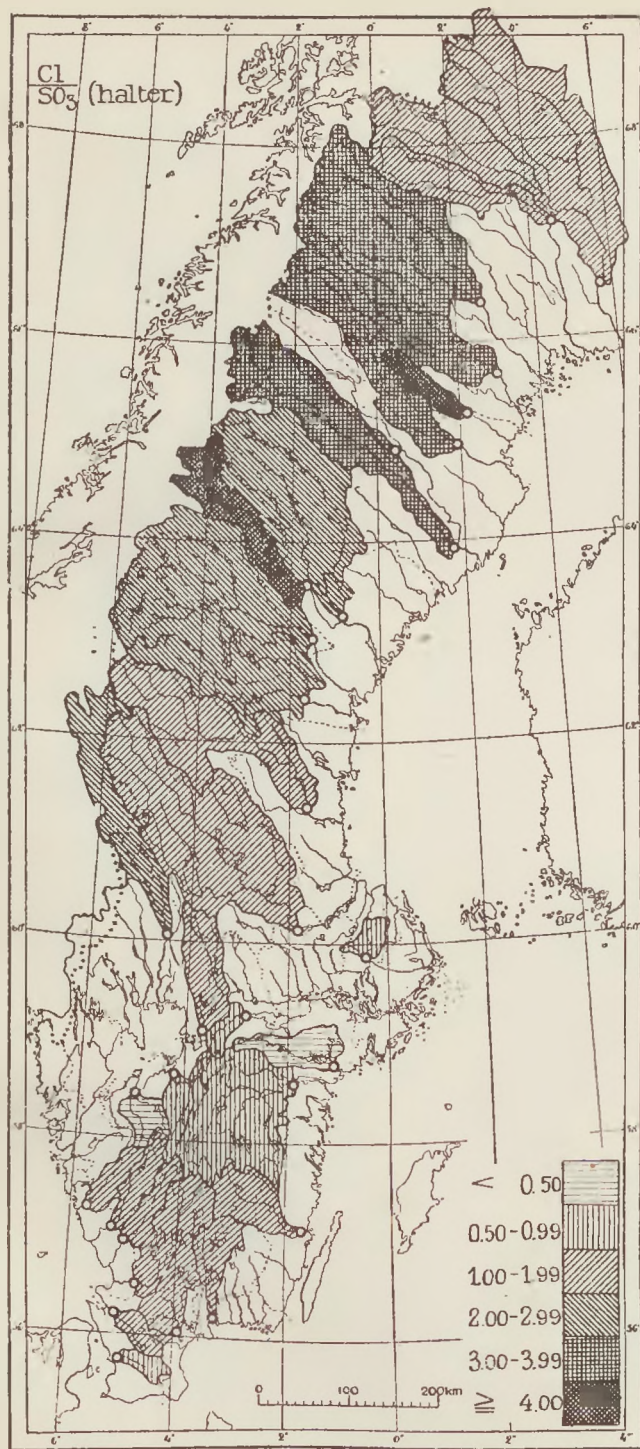


Fig. 5.

Rapport Cl: SO₃.



Fig. 6.

Teneur en matières organiques.



Fig. 7.

Quantités absolues des matières inorganiques dissoutes
en tonnes par an et par km².



Fig. 8.

Quantités absolues des matières organiques dissoutes
en tonnes par an et par km².

BIBLIOTEKA
UNIERSYTECKA
GDAŃSK

946699

677