

Arbeitsberichte der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt
Rapports de travail de l'Institut Suisse de Météorologie
Rapporti di lavoro dell'Istituto Svizzero di Meteorologia
Working Reports of the Swiss Meteorological Institute

Zürich

No 73

La sécheresse de 1976 et ses conséquences

Die Dürre 1976 und ihre Auswirkungen

Courvoisier Hans, Mäder Fritz und Primault Bernard

MZA, Zürich

Aug. 1977

Climatologie

551.577.62

Météorologie agricole

63 (494)

RESUME

Le printemps 1976 a présenté des déficits hydriques très importants. Après avoir examiné l'évolution du temps de décembre 1975 à octobre 1976, les auteurs s'attachent à l'étude des répercussions de ces conditions particulières sur la vie nationale et plus spécialement sur l'agriculture et la sylviculture. Cette analyse est accompagnée de quelques tables et de nombreuses cartes.

ZUSAMMENFASSUNG

Der Frühling 1976 brachte unserem Lande ein sehr grosses Wasserdefizit. Nach der Analyse der Witterungsverhältnisse

von Dezember 1975 bis Oktober 1976 wenden sich die Verfasser dem Studium der Auswirkungen der Trockenheit auf verschiedene Lebensbereiche, insbesondere die Landwirtschaft und das Forstwesen, zu. Diese Untersuchung wird durch einige Tabellen und zahlreiche Karten vervollständigt.

RIASSUNTO

La primavera 1976 ha presentato deficits pluviometrici molto importanti. Dopo aver esaminato l'evoluzione del tempo dal dicembre 1975 all'ottobre 1976, gli autori studiano le ripercussioni di tali condizioni particolari sulla vita nazionale e più specialmente sull'agricoltura e la selvicoltura. Questa analisi è accompagnata da alcune tavole e da numerose carte.

SUMMARY

Spring 1976 has shown a very important deficit in the water balance. Starting with a survey of the weather between December 1975 and October 1976, the authors examine the various effects of this singularity on national economy, especially on agriculture and silviculture. This study is enhanced by tables and numerous charts.

1. PROLOGUE

Début juillet 1976 ! La presse suisse et les agences internationales annoncent de presque partout en Europe une situation catastrophique en raison de la sécheresse prolongée. De France, on signale des hécatombes de bétail. Les paysans de Bretagne ne peuvent plus fournir le marché des grandes villes en légumes frais. Dans le Berry, la Beauce, les champs de blé jaunissent prématurément et dans les Vosges les paysans laissent leurs vaches pâturer dans les prairies. Ce n'est que du sud de la France et du Mezzogiorno italien qu'on annonce des récoltes normales, voire surabondantes.

En Suisse aussi, les conditions météorologiques du printemps tracent des sillons profonds dans la nature. Les pâturages du Jura sont roux. Dans la région des lacs jurassiens et jusque vers Bière tous les bouleaux semblent morts. Cette essence n'est cependant pas la seule à subir les effets du sec, les hêtres donnent des signes de faiblesse et la viorne a péri.

Les champs de blé présentent des pailles courtes et les épis sont à moitié vides. L'herbe est rare, voire inexistante et les plants de tabac ne dépassent guère 25 à 30 cm. Quant au maïs, si certains champs présentent un aspect normal, la plupart des plantes n'ont pas une hauteur dépassant 85 cm.

Le voyageur qui passe d'Yverdon à Sainte Marguerite voit peu à peu la situation se transformer. Dans l'est du pays, les prés sont encore verts et les champs semblent prendre

un aspect de plus en plus normal. Certes, les champs de tabac de Thurgovie sont malingres et les plants de pommes de terre petits.

Dans les Alpes, la situation est très variable d'une vallée à l'autre. Si le Domleschg a un aspect de désolation en raison de ses prés roux jusque sur les crêtes, la vallée de l'Albula par contre est verdoyante et les paysans y récoltent un foin abondant.

En passant le Lukmanier en direction du sud, on croirait descendre dans la steppe et cela jusque dans la plaine de Magadino.

"Au grands maux les grands remèdes" dit le proverbe. Une situation exceptionnelle demande des remèdes exceptionnels. Les paysans ayant longtemps attendu la pluie se décident à réagir et les pouvoirs publics leur viennent en aide en mettant à leur disposition du matériel de défense contre l'incendie. Même la troupe est mobilisée pour aider la paysannerie afin de ravitailler en eau les troupeaux sur les pâturages de montagne - en particulier dans le Jura - et arroser les champs les plus desséchés. Jour et nuit les pompes tirent des rivières et des lacs des tonnes et des tonnes d'eau pour les apporter sur les prés et les camions citernes sillonnent les routes.

Le déficit est tel cependant que tous les efforts déployés ne peuvent qu'apporter un soulagement local et souvent trop tardif.

2. Die Dauer und das Ausmass der Trockenheit in der Schweiz

Die Trockenheit des Jahres 1976, von der ganz West- und Mitteleuropa sowie Südkandinavien betroffen wurde, dauerte in der Schweiz von Dezember 1975 bis Mitte Juli 1976. In England war es eine Rekordtrockenheit seit Jahrhunderten. In der Schweiz waren die Niederschlagsmengen von Dezember 1975 bis Juni 1976 gegenüber dem langjährigen Mittel wesentlich unternormal. In dieser Zeit betrug die Niederschlagsmenge im Durchschnitt der Schweiz nur 51% der Norm bzw. es bestand ein Niederschlagsdefizit vom 49%. Dies entspricht einem Wassermanko von 319 Litern pro Quadratmeter im Landesmittel bzw. von rund 13 Milliarden Kubikmetern Wasser für die ganze Schweiz.

Wie die beigelegte Karte 1 zeigt, verzeichneten der nördliche Teil des Tessins und das Greinagebiet mit weniger als 30% der Norm den geringsten Niederschlagsprozentsatz. Auf 30 bis 40% des Durchschnitts kamen das Gebiet zwischen Olten-Solothurn-Bern-Neuenburgersee und dem Orbetal, das Saastal, der grösste Teil des Mittel- und Südtessins, das Misox, das Vorderrheintal von Somvix bis Versam, das Domleschg und das Engadin von Celerina bis Sent. Relativ günstig mit über 70% der Norm waren nur kleine Gebiete (Interlaken/Mürren, Altdorf/Oberiberg und Heiden). Mehr als 80% wurden - im Gegensatz zum Trockensommer 1947 - nirgends erreicht.

Auch die Karte 2 mit den absoluten Niederschlagsmengen (Dezember 1975 bis Juni 1976) zeigt ungefähr die gleiche Verteilung. Hier wiesen auch grösstenteils das Engadin, das Walliser Rhonetal und die Visper Täler ebensowenig Niederschlag auf wie das Nordtessin. Die grösste Niederschlagsmenge verzeichnete in den 7 Monaten die Station Grimsel-Hospiz (1950 m) mit 810 Litern pro Quadratmeter.

Zum Niederschlagsdefizit traten ab Februar/März ein Sonnenscheinüberschuss und ab Mai eine übernormale Temperatur hinzu, so dass das Zusammenwirken von Trockenheit, starker Einstrahlung und Hitze - d.h. überdurchschnittliche Evapotranspiration - nicht ohne negative Folgen für die landwirtschaftlichen Kulturen blieb.

Der erste Monat, welcher der Schweiz wieder grösstenteils einen Niederschlagsüberschuss brachte, war der Juli 1976. Die Niederschläge des Juli, die vor allem in der zweiten Monatshälfte fielen, waren jedoch nur teilweise nutzbringend; teilweise verursachten sie Schäden, da sie häufig als intensive Gewitterregen und Schauer auftraten.

3. Historische Vergleichsfälle zur Trockenheit 1976

Da der Juli 1976 meist überdurchschnittliche Niederschläge brachte und auch der August keine längere Trockenperiode aufwies, kann der meteorologische Sommer 1976 (Juni-August) nicht als markanter Trockensommer bezeichnet werden, vielmehr handelte es sich in der Schweiz um eine Trockenheit, die vom Winter 1975/76 bis zum Frühsommer 1976 andauerte. Dementsprechend können wir auch nicht - wenn wir nach historischen Vergleichsfällen suchen - die relativ häufigen Trockensommer früherer Jahre anführen, sondern müssen die Vergleichsfälle in der gleichen Jahreszeit suchen.

In der 112-jährigen Beobachtungsreihe der schweizerischen meteorologischen Stationen finden wir nur den Fall vom Januar bis Juni 1870, der eine Trockenheit von ähnlich zeitlichem und räumlichem Ausmass wie diejenige von 1976 brachte. Das Niederschlagsdefizit betrug damals im Mittel der Schweiz 51%, während es 1976 49% betrug, allerdings nur während 6 Monaten (1976 7 Monate). Man kann demnach 1976 von einer

sehr seltenen, extremen Trockenheit in der 1. Jahreshälfte sprechen, und da in die 1. Jahreshälfte die wichtige erste Wachstumsphase der Pflanzen fällt, ist unter diesem Aspekt auch die starke Dürreauswirkung zu verstehen. Im berühmten Sommer 1947 dauerte die Trockenheit von April bis Oktober, umfasste also auch noch die für die Vegetation wichtige Zeit Frühjahr/Frühsummer. Das Niederschlagsdefizit betrug im Mittel der Schweiz 40% (also weniger als 1976) und speziell der Juni war nicht so extrem trocken, jedoch nahmen die Folgen für die Landwirtschaft wegen der noch grösseren und längerdauernden Hitze im Hochsummer katastrophale Ausmasse an. Im Unterschied zu 1976 traten im Jahre 1947 die längsten Hochdruckperioden erst nach dem 20. Juli ein, während 1976 gerade um diese Zeit häufigere Tiefdruckentwicklungen im Alpengebiet einsetzten.

4. Die Witterung der einzelnen Monate

4.1. Dezember 1975 (s. Karte 3): In diesem ersten Trockenmonat erhielt etwa 3/4 der Schweiz weniger als 30% der normalen Niederschlagsmenge. Die Temperatur war in den Niederungen etwas unternormal, in Hochlagen übernormal.

4.2. Januar 1976 (s. Karte 4): Wesentlich zu trocken waren vor allem die Westschweiz, das Wallis, die Alpensüdseite und das Oberengadin. Die übrigen Regionen waren etwas niederschlagsreicher, teilweise gab es auch Niederschlagsüberschüsse. Die Temperatur war in den Niederungen übernormal, in den Bergen etwas unternormal.

4.3. Februar 1976 (s. Karte 5): Besonders die südöstliche Landeshälfte war wesentlich zu trocken. Der Nordwesten und Westen war niederschlagsreicher, in der Westschweiz überstieg der Niederschlagsprozentsatz z.T. 100%. Die Temperatur

war übernormal, besonders in den Bergen. Die Hochlagen waren sonnenscheinreich.

4.4. März 1976 (s. Karte 6): Dieser Monat war in der ganzen Schweiz sehr trocken. Die Temperatur war leicht unternormal, die Sonnenscheindauer war nun wegen des Nebelrückganges auch in den Niederungen übernormal.

4.5. April 1976 (s. Karte 7): Der April zeigte ein grosses Niederschlagsdefizit im Mittelland westlich von Bern, im Jura westlich des Weissensteins und in Teilen Graubündens. Sonst war es regenreicher mit z.T. überdurchschnittlichen Mengen (Wallis, Zentralalpen). Die Temperatur war normal und die Sonnenscheindauer wiederum übernormal.

4.6. Mai 1976 (s. Karte 8): Es herrschte vor allem auf der Alpensüdseite, im Wallis und im westlichen Jura grosse Trockenheit; in den übrigen Gebieten war es niederschlagsreicher. Der Monat war $\frac{1}{2}$ bis 2 Grad gegenüber dem Mittel zu warm und die Sonnenscheindauer war wiederum übernormal.

4.7. Juni 1976 (s. Karte 9): Der Juni war in der West- und Nordwestschweiz sowie auf der Alpensüdseite extrem trocken. In der West- und Nordwestschweiz sowie im Gebiet Bern-Luzern-Zürich fielen im Juni noch nie seit der Jahrhundertwende (in Genf, Neuchâtel, Basel und Zürich sogar seit 1864) so geringe Regenmengen. Die Temperatur war 1 bis $3\frac{1}{2}$ Grad übernormal (in Bern, Neuchâtel und Lausanne war es der wärmste Juni seit 1901). Auch die Sonnenscheindauer war sehr gross: vielfach über 300 Stunden, mit Rekordwerten seit 1901.

4.8. Juli 1976 (s. Karten 10/10a): Der Juli war in seiner 1. und 2. Hälfte sehr unterschiedlich: die 1. Hälfte war noch sehr warm mit meist unternormalen Niederschlagsmengen, die 2. Hälfte war kühl und meist niederschlagsreich. Gesamthaft

war der Juli 1976 der erste Monat seit November 1975, der der Schweiz vorwiegend wieder übernormale Niederschlagsmengen brachte (bis zu 250% der Norm). Weniger als 100% erhielten der grösste Teil des Tessins, das Vorderrheintal, das Goms, das Simplongebiet, die Region um Martigny, das juraseitige Mittelland vom Neuenburgersee bis Nyon, Teile des westlichen Juras und das Rheintal von Stein-Säckingen bis Basel. Die Sonnenscheindauer wies keine stärkeren Abweichungen von der Norm auf.

4.9. Ursachen der Trockenheit: Die die Trockenheit bewirkenden Hochdruckgebiete waren in den einzelnen Monaten über folgenden Gebieten vorherrschend:

Dezember 1975: Ostatlantik (auf 50° Breite)
Januar 1976: Ostatlantik (auf 45° Breite)
Februar 1976: Osteuropa
März 1976: Mitteleuropa, Nord- und Nordosteuropa
April 1976: Ostatlantik, Nordmeer
Mai 1976: Hochdruckbrücke Azoren-Nord-/Nordosteuropa
Juni/Anfang Juli 1976: Mitteleuropa, Nordeuropa (zwischen 55 und 70° Breite) (s. Wetterkarte 17).

4.10. August 1976 (siehe Karte 11): Der August war vorwiegend zu trocken (überdurchschnittliche Niederschlagsmengen wurden nur gebietsweise auf der Alpensüdseite und im südlichen Wallis verzeichnet). Man sollte jedoch den August nicht mehr zur extremen Trockenheit des 1. Halbjahres dazurechnen, da erstens die niederschlagsreiche 2. Julihälfte dazwischenlag und zweitens der August keine längere Trockenperiode aufwies. Der Monat war allgemein zu kühl und die Sonnenscheindauer war regional unterschiedlich (im Westen und Nordwesten übernormal, in den Zentral- und Ostalpen unternormal, sonst normal).

4.11. September 1976 (s. Karte 12): In diesem Monat traten beim Niederschlag grössere regionale Unterschiede auf. Sehr grosse Mengen fielen im Tessin (häufige Südstaulagen), in Graubünden und in der Region Genf. 100-150% der Norm erhielten der Jura, das Mittelland und die östlichen Voralpen, während in den Zentral- und Westalpen sowie im Wallis nur 60-90% der Norm verzeichnet wurden. Temperatur und Sonnenscheindauer waren allgemein unterdurchschnittlich.

4.12. Oktober 1976 (s. Karte 13): Der Oktober brachte auf der Alpennordseite unternormale Niederschläge, in den Alpen normale bis übernormale und im Tessin stark übernormale Niederschläge (wiederum häufige Südstaulagen). Die Temperaturen waren, abgesehen vom Tessin, überdurchschnittlich. Die Sonnenscheindauer war meist normal oder etwas übernormal, im Tessin und im Wallis stärker unternormal.

5. Fand bis zum Oktober 1976 ein Ausgleich der Anomalien der verschiedenen Wetterelemente statt ?

Ueber diese Frage geben uns die Tabellen 1 bis 4 und die Karten 14 bis 16 Auskunft. Betrachten wir zunächst den Niederschlag: Von den 11 Stationen der Tabelle 1 wurde das grosse Niederschlagsdefizit der Periode Dezember - Juni nur in Lugano bis Oktober überkompensiert (102%); in Genf wurde mit 95% (Dezember - Oktober) annähernd ein Ausgleich erreicht, an den übrigen Stationen bestanden auch bis zum Oktober immer noch Fehlbeträge von 18 bis 43%. Auf der Karte 16 sieht man, dass neben einem grossen Teil des Tessins auch noch gebietsweise Graubünden, ein kleiner Teil des Wallis und die Gegend von Rorschach bis zum Oktober einen Ausgleich der Niederschlagsmengen auf $\geq 100\%$ aufwiesen.

Ueber die Temperaturen (Tabelle 2) wäre zu sagen, dass auch hier vor allem der Wärmeüberschuss von $+1.0^{\circ}$ in Lugano

(Dezember-Juni/Juli) auf einen Wert von $+0.3^{\circ}$ (Dezember-Oktober) zurückgegangen ist, an den übrigen Stationen betrug der Rückgang des Ueberschusses zwischen den Perioden Dezember - Juli und Dezember - September meist nur 0.4° .

Bei der Sonnenscheindauer (Tabelle 3) wurde der Ueberschuss an den Stationen Genf, Lausanne, Luzern und Zürich (Dezember - Juni) bis zum Oktober nahezu kompensiert (103%), während an den anderen Stationen der Ueberschuss zwar auch verringert wurde, jedoch teilweise bis Oktober ziemlich hoch blieb (La Chaux-de-Fonds 125%, Basel 122%).

Bei der Evapotranspiration, für welche erst 4-jährige Mittel zur Verfügung stehen, verhält es sich ähnlich: Nur in St.Gallen wurde der Ueberschuss (Dezember - Juni) bis zum Oktober annähernd ausgeglichen (105%), an den übrigen Stationen ging der Ueberschuss zwischen den Perioden Dezember - Juni und Dezember - Oktober zwar meist um 30% zurück, blieb aber z.B. in Basel bis Oktober auf der Höhe von 168%.

6. Detaillierter Witterungsverlauf in den Monaten Juni und Juli 1976

In den ersten Monatstagen des Juni (bis 4.) verursachten Tiefdruckstörungen aus West bis Nord regnerisches und kühles Wetter auf der Alpennordseite und in den Alpen. Die Niederschläge vom 2. bis 4. Juni waren vielfach die letzten grösseren Regenfälle für über einen Monat. Es folgte vom 5. bis 8. Juni Hochdruckeinfluss mit trockenem Wetter und Erwärmung. Vom 9. bis 11. Juni Durchzug von 2 Gewitterstörungen aus Westen mit meist nur geringen Regenmengen oder sogar ohne Niederschläge. Vom 12. bis 15. Juni ausgedehntes Hoch von den Azoren bis Mitteleuropa, trocken und warm. Am 16. Juni letzter kurzer Polarlufteinbruch aus

Norden mit meist nur geringen Regenmengen (am zentralen und östlichen Alpennordhang etwas stärkeren Mengen), Nordwest-, Westschweiz, Wallis und Alpensüdseite meist niederschlagsfrei. Vom 17. Juni bis 8. Juli meist Hochdrucklagen, wobei die Hochzentren zunächst auf der Breite der Alpen, dann auf 50 - 70° Breite lagen. Vom 23. Juni bis 8. Juli waren das Azorenhoch und die nördlich davon verlaufende Polarfront gegenüber ihrer normalen Lage weit nach Norden verschoben (blockierendes Hoch), eine Erscheinung, die auch für die Sommer 1947 und 1911 charakteristisch war (s. Wetterkarten 17).

Die Trockenheit des Juni und 1. Juliviertels wurde nur durch einige regionale Gewitter etwas gelindert. Wie dies oft bei sommerlichen Wärmeperioden vorkommt, bestand zeitweise eine labile Luftschichtung, so dass vor allem in den Alpen und auf der Alpensüdseite Gewitter auftraten. Diese Gewitter können naturgemäss örtlich stärkere Niederschläge verursachen (z.B. in Davos am 26. Juni 52 Liter pro Quadratmeter).

Als Vorläufer des eigentlichen Witterungsumschwungs vom 18./19. Juli drangen vom 9. bis 13. Juli die ersten Tiefdruckstörungen vom Atlantik bis zur Schweiz vor. Es traten die ersten verbreiteten Niederschläge nach der Trockenperiode Juni/Anfang Juli auf. Dabei kam es in Glarus bei einem Gewitter in der Nacht 9./10. und am Morgen des 10. zu einem Starkregen von 128 Litern pro Quadratmeter. Es trat jedoch nur ein leichter Temperaturrückgang ein. Vom 14. bis 17. Juli nochmals Hochdruckeinfluss mit Temperaturen über 30°. Am 17. abends regionale Gewitter (Starkregen in Bellelay im Jura mit 99 Litern pro Quadratmeter).

Witterungsumschwung 18. bis 20. Juli: Von den Pyrenäen nach Norditalien wanderndes Höhentief: Verbreitete, örtlich sehr heftige Gewitterniederschläge mit Ueberschwemmungen (Morges am 18. 149, Lausanne am 19. 123 und Unterägeri 171 Liter pro

Quadratmeter). 21. bis 27. Juli: Zwei markante Polarlufteinbrüche aus Nordwesten mit verbreiteten, am Alpennordhang z.T. ergiebigen Niederschlägen (Säntis Niederschlagssumme 235 Liter pro Quadratmeter) (s. Wetterkarten 18 und Karte 19). Auf dem Julierpass fiel 25 cm Neuschnee. Vom 28. bis 30. Juli unter dem Einfluss eines Hochdruckausläufers vom Atlantik gegen Mitteleuropa Wetterberuhigung. 31. Juli/ 1. August: Neuer Kaltlufteinbruch aus Nordwesten mit Niederschlägen.

7. Die Trocken- und Hitzeperiode im Juni/Juli 1976

Im Juni und im 1. Juliviertel 1976 traten vielfach lange niederschlagsfreie Perioden auf. Diese werden in der Klimatologie "Trockenperioden" genannt. Es ist hier also nicht vom ganzen Zeitraum Dezember 1975 bis Juni/Juli 1976, der auch verschiedentlich als Trockenperiode bezeichnet wurde, die Rede, sondern von der Serie aufeinanderfolgender Trockentage. Trockenperioden von mehr als 30 Tagen sind im Sommer in der Schweiz sehr selten.

Was sagt hierüber die klimatologische Statistik aus? Die längste Statistik über Trockenperioden besitzen wir von Basel (1755-1803 und 1827-1955) [1]. Sie wurde für die Sommermonate bis 1976 ergänzt, so dass sie nun 199 Sommer umfasst. Für Basel gilt nach A. Riggenbach/M. Bider folgende Definition der Trockenperiode: Serie von Tagen mit weniger als 0.1mm Niederschlag. An der meteorologischen Station Basel-Binningen (Observatorium St. Margarethen, am Stadtrand von Basel) trat im Sommer 1976 eine 36-tägige Trockenperiode (3.6. bis 8.7.) auf. Die vor 1976 längste Trockenperiode im Sommer in Basel war mit 32 Tagen diejenige vom 12.6. bis 13.7.1949. Demnach wäre an sich die Trockenperiode 1976 die längste gewesen; da aber seit 1972 - wie vor 1929 - auch wieder im Stadttinnern

von Basel Niederschlag gemessen wird, sollte man auch diesen berücksichtigen (3/4 der 199-jährigen Statistik basiert auf Messungen in der Stadt Basel). Nun verzeichnete aber die Station Stadt Basel 1976 eine Trockenperiode von "nur" 30 Tagen (4.6. bis 3.7.). Man wird daher wohl besser die Trockenperiode vom 12.6. bis 13.7.1949 (32 Tage, St. Margarethen) als die längste Trockenperiode in Basel und der nächsten Umgebung in 199 Sommern bezeichnen. Im Sommer 1949 hatten übrigens die 6 Stationen im Umkreis bis 15 km von Basel eine Trockenperiode von 33 Tagen, so dass kaum anzunehmen ist, dass in der Stadt Basel die Trockenperiode 1949 weniger als 32 Tage dauerte. Die längste Trockenperiode des ganzen Jahres in Basel war mit 44 Tagen diejenige vom 20.3. bis 2.5.1893.

Von Zürich besitzen wir eine Statistik über Trockenperioden seit 1893 (84 Jahre). Für Zürich ist die Definition der Trockenperiode nach V. Conrad/H. Uttinger massgebend: Als Trockenperiode gilt eine Serie von mindestens 5 Tagen mit weniger als 0.3mm Niederschlag. Eine Trockenperiode von mindestens 5 Tagen Dauer wird durch einen einzelstehenden Tag mit weniger als 1mm Niederschlag nicht unterbrochen. In Zürich trat im Sommer 1976 eine Trockenperiode von 21 Tagen (17.6. bis 7.7.) auf. Hier war die bisher längste Trockenperiode im Sommer mit 33 Tagen diejenige vom 12.6. bis 14.7.1949. Die zweitlängste Trockenperiode dauerte vom 24.8. bis 15.9.1959 (23 Tage). Als längste Trockenperiode des ganzen Jahres wurde in Zürich mit 47 Tagen diejenige vom 30.9. bis 15.11.1920 verzeichnet. Für die ganze Schweiz ist als eine der längsten Trockenperioden im Sommer bekannt: 49 Tage (2.7. bis 19.8.1911) in Kaiserstuhl (AG) und 43 Tage (2.7. bis 13.8.1911) in Niederneunforn (TG) und Andelfingen (ZH) (nach Zürcher Definition), und als eine der längsten Trockenperioden des ganzen Jahres: 64 Tage

(3.1. bis 7.3.1949) in Biasca, Mesocco und Soglio (nach Basler Definition). *)

In der gleichen Zeit, in der die Trockenperiode auftrat, wurden auch in den Niederungen längere Perioden von aufeinanderfolgenden Sommertagen (Temperaturmaximum $\geq 25^{\circ}$) und von Hitzetagen (Temperaturmaximum $\geq 30^{\circ}$) verzeichnet. Die Temperaturmaxima wurden mittels Extremthermometern oder Thermographen bestimmt. Die längste Periode von Hitzetagen im Sommer 1976 wurde mit 17 Tagen (21.6. bis 7.7.) in Basel beobachtet. Dies ist zugleich die längste Hitzetage-Periode in Basel seit mindestens 1894. 14-tägige Hitzetage-Perioden traten in Basel in den Sommern 1947 und 1911 auf. Es ist jedoch dazu zu bemerken, dass die höchste Temperatur während der Hitzeperiode Ende Juni/Anfang Juli 1976 in Basel "nur" 34.3° (1.7.) betrug und auch später, am 16.7.1976, "nur" 34.6° betrug, während sie am 29.7.1947 37.9° (reduziert) betrug und zudem 1947 eine Serie von 11 Tagen mit Temperaturmaxima $\geq 35^{\circ}$ (25.7. bis 4.8.) auftrat.

Die längste Periode von Sommertagen 1976 wurde auch in Basel mit 31 Tagen (18.6. bis 18.7.) verzeichnet. Dies ist ebenfalls die längste Sommertage-Periode in Basel seit mindestens 1894. Eine 30-tägige Sommertage-Periode trat in Basel im Sommer 1911 auf. An anderen Orten der Schweiz wurden allerdings im Sommer 1911 noch längere Sommertage-Perioden beobachtet (Zürich 37, Genf 38, Lugano 40 und Neuchâtel 41 Tage).

*) (Ueber Trockenperioden und ihre ökologische Bedeutung s.[2].)

8. Gibt es eine Erklärung für die Ursachen der Trockenheit 1976 ?

Die synoptische Ursache für die Trockenheit des 1. Halbjahres 1976 war, wie bereits unter 4.9. kurz dargelegt wurde, eine Anomalie der grossräumigen Luftdruckverteilung bzw. der Zirkulation im atlantisch-europäischen Raum. Während der ganzen Zeit der Trockenheit bestand eine aussergewöhnlich grosse Neigung zu Hochdrucklagen, wobei es sich teils um Hochdruckgebiete mit Zentren über Mitteleuropa selbst oder aber um weiter entfernt zentrierte Hochdruckgebiete mit Ausläufern nach Mitteleuropa handelte. In engem Zusammenhang damit war die in andern Jahren häufig auftretende Zonalzirkulation über Europa abnormal selten. Diese Zonalzirkulation ist es aber gerade, die sonst unsere Witterung wesentlich bestimmt und - wenigstens für die Alpennordseite - Niederschläge bringt.

Bei der Grosswetterlage der Trocken- und Hitzeperiode Juni/Anfang Juli 1976 handelte es sich um eine Anomalie der Luftdruckverteilung, wie sie für trocken-heisse Sommer charakteristisch ist: ein gegenüber seiner normalen Lage weit nach Nordosten verschobenes Azorenhoch, das damit zum blockierenden Hoch wird. Dementsprechend ist auch die nördlich des Subtropenhochs verlaufende Polarfront weit nach Norden verschoben und beeinflusst überhaupt nicht die Witterung in West- und Mitteleuropa. Als Kompensation dazu war der Frühsommer in Russland wesentlich zu nass und zu kühl (Moskau im Juni 1976 100% Niederschlagsüberschuss und 3° zu kalt). Vgl. [3] und [4].

Eine weitergehende Frage als nur diejenige nach der die Trockenheit bedingenden Zirkulationsanomalie wäre die Frage nach der Ursache dieser Zirkulationsanomalie. Diese Frage

haben sich schon W. Kuhn 1947 [3] und R. Billwiller II 1911 [4] bei der Betrachtung jener trocken-heissen Sommer gestellt. Schon damals wurde festgestellt, dass die rein beschreibende synoptische Erklärung der Witterungsanomalie den Naturwissenschaftler nicht restlos befriedige, sondern, dass nach der primären Ursache bzw. einer physikalischen Deutung der "langfristigen Gleichgewichtsstörungen der Atmosphäre" gesucht werden müsse.

R. Billwiller II hat schon 1911 die Vermutung ausgesprochen, die Sonnenflecken-tätigkeit könne einen Einfluss auf die irdische Witterung haben. Seither war es vor allem F. Baur, der die Auffassung von einer Beziehung zwischen Sonnenfleckenzyklus und Witterung vertrat und durch Auffindung vieler signifikanter Korrelationen zwischen Sonnenfleckenzyklus und Witterung in mehreren Gebieten der Erde den statistischen Nachweis eines solchen Zusammenhanges erbracht hat [5, 6].

Dieser Zusammenhang ist nicht einfacher Natur; der 11-jährigen Sonnenfleckenperiode ist nicht eine 11-jährige Periode der atmosphärischen Zirkulation bzw. der Witterung zugeordnet. Baur sagt dazu folgendes: "Im Grosswetter der gemässigten Zone ist die 11-jährige Sonnenfleckenperiode als einfache Welle nicht enthalten, das Grosswetter steht vielmehr mit dem Sonnenfleckenzyklus in der Weise in Zusammenhang, dass in bestimmten Abschnitten des Sonnenfleckenzyklus bestimmte Formen der allgemeinen atmosphärischen Zirkulation und des Grosswetters besonders häufig auftreten".

Baur hat es nicht bei statistischen Nachweisen bewenden lassen, sondern hat auch physikalische Vorstellungen über die Wirkung von Solaraktivitätsschwankungen auf die allgemeine Zirkulation bzw. die Witterung entwickelt. Trotzdem muss man wohl sagen, dass eine wissenschaftliche Basis

für solar-terrestrische Beziehungen nur durch die Statistik geliefert worden ist, während bis heute die physikalische Erklärung auf dem Niveau von Hypothesen stehen geblieben ist.

Ueber den extrem trockenen Juni 1976 haben wir nun von W. Brunner, der sich in der Schweiz mit solar-terrestrischen Beziehungen befasst, eine unveröffentlichte Mitteilung erhalten. Brunner hat darin die interessante Feststellung gemacht, dass nahezu alle sehr trockenen Junimonate in Zürich seit 1864 (Niederschlagsmenge \leq 40% der Norm) 0.7 bis 2.2 Jahre vor einem Sonnenfleckenminimum lagen:

Juni 1865 (56mm*)	1.7	Jahre	vor	Sonnenfleckenminimum	1867.2
Juni 1866 (45mm*)	0.7	"	"	"	1867.2
Juni 1877 (51mm*)	1.4	"	"	"	1878.9
Juni 1887 (47mm*)	2.1	"	"	"	1889.6
Juni 1899 (41mm*)	2.2	"	"	"	1901.7
Juni 1949 (41mm*)	4.8	"	"	"	1954.3 **)
Juni 1962 (56mm)	2.2	"	"	"	1964.7
Juni 1976 (34mm)	ca.0.7	"	"	"	ca.1977.2

Es bleibt allerdings die Frage, warum in der 1. Hälfte unseres Jahrhunderts keine Fälle sehr trockener Junimonate 0.7 bis 2.2 Jahre vor einem Sonnenfleckenminimum aufgetreten sind. Ferner fragt es sich, ob eine einzelne Station wie Zürich genügend repräsentativ ist, um solar-terrestrische Beziehungen herauszufinden, und dies besonders für den Niederschlag im Sommer (grosse regionale Unterschiede möglich, vor allem bei Gewittern).

*) auf MZA Krähbühlstrasse reduzierte Werte

**) (Ausnahme)

Betrachten wir nun noch einen bemerkenswerten statistischen Befund von E. Dinies über Hochsommer (Juli + August). Wie zwar schon unter 3 dargelegt wurde, dauerte die exzessive Trockenheit in der Schweiz von Dezember 1975 bis Anfang Juli 1976. Der Hochsommer 1976 (Juli + August) war relativ zu den Vormonaten wesentlich niederschlagsreicher und die 2. Julihälfte wies zudem bedeutende lokale Starkregen auf. Trotzdem hatte der Hochsommer gesamthaft in der Schweiz keine übernormalen Niederschläge, sondern es wurden nur 93% der Norm erreicht. In der Bundesrepublik Deutschland dauerte die Trockenheit abgeschwächt und in England extrem den ganzen Sommer über an. In Deutschland war der Hochsommer 1976 grösstenteils zu trocken d.h. er wies im Mittel unternormale Niederschläge auf [7].

Nun hat E. Dinies 1965 zwei bemerkenswerte 12-jährige Rhythmen trockener Hochsommer in der Bundesrepublik Deutschland gefunden [8]. In einem dieser Rhythmen liegt das Jahr 1976. Von den 11 Hochsommern 1856, 1868, 1880, 1892, 1904, 1916, 1928, 1940, 1952, 1964 und 1976 hatte nur 1940 übernormale Niederschläge (+47 Liter pro Quadratmeter im Mittel von 14 Stationen der BRD), alle andern waren zu trocken. Der andere 12-jährige Rhythmus umfasst die 11 Hochsommer 1851, 1863, 1875, 1887, 1899, 1911, 1923, 1935, 1947, 1959 und 1971 (darunter viele wesentlich zu trockene Hochsommer). Hier hatte einzig 1851 leicht übernormale Niederschlagsmengen (+7 Liter pro Quadratmeter im Mittel von 14 Stationen der heutigen Bundesrepublik Deutschland). Dieser Zwölfer-rhythmus ist sogar nach Dinies statistisch signifikant, was bedeutet, dass er kaum durch Zufall erklärt werden kann. In diesem Rhythmus liegen auch die für die Schweiz berühmten trocken-heissen Sommer 1911 und 1947. Zu 12-jährigen Rhythmen ist zu sagen, dass die Sonnenfleckperiode zwar auch hin und wieder 12 Jahre beträgt, dass jedoch das langjährige Mittel der Sonnenfleckperiode 11 Jahre beträgt.

Ein langjähriger Zwölferrhythmus lässt sich daher nicht mit dem Sonnenfleckenzyklus in Uebereinklang bringen (der trockene Hochsommer 1964 war z.B. zur Zeit eines Sonnenfleckenminimums, derjenige von 1928 zur Zeit eines Sonnenfleckenmaximums).

Dinies gibt keine Erklärung für die 12-jährigen Rhythmen. Handelt es sich bei diesen Zwölferrhythmen, die Dinies übrigens auch für nasse Hochsommer festgestellt hat, um Eigenrhythmen unserer Atmosphäre? Warum gibt es solche Rhythmen gleicher oder anderer Länge nicht auch für sehr kalte Winter? Nach Baur [5] waren in Mitteleuropa folgende Winter (Dezember bis Februar) seit 1865 mindestens 2° zu kalt: 1870/71, 1879/80, 1890/91, 1892/93, 1894/95, 1923/24, 1928/29, 1939/40, 1940/41, 1941/42, 1946/47 und 1962/63. Hier ist offensichtlich kein regelmässiger Rhythmus vorhanden. Auch für sehr kalte Hochwinter in Mitteleuropa (Januar + Februar mindestens 2° zu kalt) ist kein Rhythmus zu erkennen: 1855, 1858, 1864, 1865, 1870, 1871, 1881, 1888, 1891, 1895, 1901, 1917, 1929, 1940, 1941, 1942, 1947, 1954, 1956 und 1963.

Der oben zuerst erwähnte 12-jährige Rhythmus trockener Hochsommer in Deutschland 1856, 1868 usw. bis 1976 gilt übrigens für die Schweiz nur eingeschränkt. Hier bildeten nicht nur das Jahr 1940, sondern auch die Jahre 1916 und 1880 Ausnahmen. Erfahrungsgemäss ist der Niederschlagscharakter in der Schweiz und insbesondere im Alpengebiet nicht selten abweichend von demjenigen in den Flachlandgebieten Mitteleuropas. Der Grund dafür dürfte nicht nur in der grösseren Gewitterhäufigkeit, sondern vor allem auch in der im Alpengebiet bevorzugten Bildung von Konvergenzlinien und kleineren, aber sehr aktiven Höhentiefdruckgebieten liegen.

Abschliessend müssen wir sagen, dass nach diesen Darlegungen über die Ursachen der Trockenheit der Naturwissenschaftler auch heute noch nicht restlos befriedigt sein wird. Immerhin wissen wir jetzt, dass Hochsommer wie diejenigen von 1911, 1947 und 1976 meist unternormale Niederschläge aufweisen und dass in diesen Jahren die Wahrscheinlichkeit extremer Trockenheit erhöht ist.

9. Répercussions de la sécheresse sur le sol et le tapis végétal

L'examen des chiffres globaux d'un mois, que ce soit la somme des précipitations ou la température moyenne ne saurait refléter très exactement l'impact des éléments météorologiques sur le développement des plantes. A ce propos, les chiffres du mois de juillet 1976 en sont la preuve éclatante. Si la moyenne de température est quelque peu supérieure à la normale, elle est la résultante d'une première période extrêmement chaude et d'une seconde très fraîche (cf.6). Quant aux précipitations, la somme mensuelle révèle un excédent notable dans la plus grande partie du pays. Pourtant, les 15 premiers jours du mois en furent pratiquement exempts et de très grosses averses ont apporté par endroit en un seul jour des quantités correspondant, voire dépassant, la somme moyenne du mois entier.

En outre, ce que ne révèlent nullement les sommes de précipitations c'est l'état effectif du bilan hydrique du sol. Si l'on prend en considération les 6 premiers mois de l'année 1976, on obtient une évapotranspiration potentielle double de ce qu'elle fut en moyenne des 5 années précédentes pour la même époque. Par conséquent, pour les plantes, l'étude du seul déficit des précipitations ne donne qu'une première approximation de l'état de contrainte de sec auquel elles ont été soumises durant tout le printemps de 1976. Ainsi, avec des précipitations de 50% environ et une évaporation potentielle de 200%, la réserve du sol en eau utilisable a été pratiquement épuisée durant le printemps et le début de l'été.

Le sol ne s'est donc pas desséché seulement en surface comme chacun a pu l'observer, mais aussi, voire plus encore

en profondeur. Il en est résulté le tarissement de certaines sources, signe visible d'un tel dessèchement. Le plus important nous semble-t-il fut le tarissement quasi absolu de l'approvisionnement en eau des arbres de nos forêts. Pour survivre, ces derniers ont dû faire appel à leurs dernières réserves, à leur substance même.

Comme les couronnes étaient exposées à de fortes pertes d'eau - nous l'avons vu en examinant l'évapotranspiration potentielle - et que ces pertes ne pouvaient être compensées par un approvisionnement adéquat, il en est résulté un déséquilibre complet du flux des sucs dans la plante et, partant, de tout son métabolisme.

Si ce déséquilibre ne fut visible en été que pour un nombre relativement restreint d'essences, il s'est manifesté de façon spectaculaire par la suite. Les températures de fin juillet et du mois d'août ayant été inférieures à la normale, les précipitations fréquentes et, par places, abondantes de cette époque n'ont pu être valorisées de façon optimum par des plantes débilitées par la sécheresse.

Ainsi, si, météorologiquement parlant, la période de sec s'est terminée le 18 juillet (dans certaines parties du Jura le 17 déjà), au point de vue du bilan hydrique du sol on ne peut parler de la fin de la période de sec ni pour la fin juillet, ni même pour la fin du mois d'août. Même à ce moment-là les couches profondes du sol ne sont en maints endroits pas encore réapprovisionnées en eau de façon suffisante pour offrir de l'eau facilement assimilable par les plantes.

Dans les Alpes, et vu les situations orageuses qui s'y sont développées dès la fin de juin, on a des conditions très variables d'un endroit à l'autre, au gré des averses orageuses qui s'y sont produites. Ainsi, en remontant au début de juillet de Coire à Samedan on pouvait constater que le Domleschg avait extrêmement souffert du sec, les pentes des montagnes étant brunes, alors que la vallée de l'Albula était verdoyante et présentait des conditions bien meilleures pour l'affouragement. Il en est de même de vallée à vallée, chacune ayant reçu ou n'ayant pas reçu de précipitations orageuses.

Il en va souvent de même ailleurs, mais sur de plus grandes distances. Ainsi, si la station de Lausanne indique pour juillet 244% des précipitations moyennes, Yverdon n'en recevait que 47%.

En outre, dans l'estimation des dégâts possibles ou probables, il faut distinguer ceux provenant de la sécheresse de ceux qui proviennent de la période extrêmement chaude qui a régné de fin juin à la mi-juillet.

Le printemps 1976 n'est pas seulement caractérisé par une sécheresse prolongée, mais aussi par l'absence de fortes gelées. En raison de la contrainte de sec, la floraison des arbres fruitiers et de la vigne a été retardée et l'absence de gel a permis une fécondation optimale des fleurs. Seuls quelques endroits du Valais ont souffert de gelées tardives qui ont endommagé quelque peu la récolte d'abricots.

10. Effets sur l'agriculture

10.1. Céréales d'hiver: Les conditions ayant été relativement favorables à la plantation et à la germination, les

céréales d'hiver ont en général bien supporté le sec, même si les pailles sont restées plus courtes qu'à l'accoutumée. Le temps chaud de mai et juin a hâté l'épiaison et la floraison si bien que les très fortes chaleurs de fin juin et surtout du début de juillet n'ont pas provoqué un trop gros déchet dû à l'échaudage. Cet échaudage s'est toutefois produit. Le grain est resté ainsi relativement petit, mais surtout était prêt à germer lorsque les pluies de fin juillet se sont produites. En Suisse romande, une bonne partie des emblavures était déjà récoltées à ce moment-là, alors qu'en Suisse alémanique les céréales ont beaucoup plus souffert de la germination sur pied.

10.2. Céréales de printemps: Vu la sécheresse des mois d'hiver, la teneur en eau du sol était largement déficitaire au moment des semailles et ce déficit s'est encore accentué par la suite. Par conséquent, la croissance des jeunes plants en a été ralentie et ceux-ci débilités. Ainsi, même si les conditions furent favorables lors de l'épiaison et de la floraison, beaucoup d'épis étaient en grande partie vides et les grains sont restés petits. L'échaudage du début juillet a complètement arrêté la croissance et augmenté la prédisposition à la germination. Dès le début des pluies de la fin juillet, les champs non moissonnés ont viré au brun en quelques jours par suite de l'apparition des germes. La récolte a donc dû être en très grande partie affectée à l'affouragement.

10.3. Maïs: L'état des champs de maïs dépend cette année en grande partie de la date de plantation. Les agriculteurs qui ont planté très tôt, encourant par là le risque de voir leurs germes de maïs geler, ont obtenu une croissance presque normale. Par contre, les champs plantés tard n'avaient plus suffisamment de réserve en eau, si bien que les plants

sont chétifs. Par suite des hautes températures de juillet, la floraison mâle s'est produite dans de bonnes conditions. Les fleurs femelles par contre ont souffert du sec et la fécondation est très irrégulière suivant les régions. Dans les unes on peut la considérer comme normale, voire bonne, dans d'autres elle est nettement déficitaire. Les pluies de fin juillet et surtout celles du mois d'août ont favorisé le développement du champignon (*Ustilago maydis*), si bien que certains champs présentent un nombre important d'épis gonflés.

10.4. Pommes de terre: En raison du sec, les tubercules de pommes de terre seront en général petits pour ce qui est des plantes récoltées tôt. La prédisposition des tubercules à germer s'est trouvée augmentée dans des proportions non négligeables. Après les pluies de fin juillet, une partie d'entre eux a déjà germé en terre. Cette prédisposition à la germination entraînera des difficultés de conservation. Pourtant, dans l'est du pays surtout, cette seconde germination de l'année a conduit à une très forte récolte, les nouveaux plants ayant apporté un très grand nombre de tubercules supplémentaires, de petite taille il est vrai.

10.5. Le tabac a eu beaucoup de peine à se développer au début de la période de végétation. Les feuilles étaient petites et en général coriaces. Grâce aux pluies de juillet, les plantes se sont bien développées vu que le terrain était chaud. La récolte, sans atteindre des valeurs moyennes, n'a pas été trop déficitaire.

10.6. Les betteraves à sucre ont eu beaucoup de peine à se développer en raison du sec. Les racines étaient très petites au milieu de juillet et les feuilles mal développées. Dans bien des champs de la plaine de la Broye elles avaient même

une couleur jaunâtre. Après les pluies de juillet les plantes se sont rapidement développées et les racines ont atteint une grandeur normale. La teneur en sucre est cependant restée assez faible.

11. Effets dans les cultures spéciales

11.1. La vigne est probablement de toutes les cultures celle qui a le mieux supporté la période prolongée de sec du printemps. Comme nous l'avons relevé déjà, elle n'a pour ainsi dire pas subi de dégâts de gel et la floraison s'est passée dans des conditions presque idéales si bien qu'on n'a pas eu à noter de coulure. Le nombre de grappes est important et celles-ci se présentent sous un aspect très favorable. La quantité sera importante et on peut même s'attendre dans certaines régions à une récolte record. Quant à la qualité, elle est assez irrégulière, excellente par endroits, médiocre ailleurs en raison du soleil de septembre et du développement de la pourriture.

11.2. Les vergers se sont développés de façon plus lente qu'à l'accoutumée par suite du sec. Les bonnes conditions météorologiques durant la floraison ont eu pour conséquence un nombre très important de mise à fruits. Ces derniers, très petits au début, se sont brusquement développés sous l'action des pluies de juillet venant après une période chaude qui avait bien réchauffé le terrain. Il s'en est suivi que dans bien des cas les fruits ont éclaté. En outre, les très hautes températures du début de juillet auront certainement des conséquences néfastes quant à la possibilité de conservation des fruits (en particulier les poires et les pommes).

11.3. L'horticulture: la culture des légumes est, dans nos conditions climatiques suisses, tributaire d'un arrosage de complément indispensable pratiquement chaque année. Par conséquent, les horticulteurs qui pratiquent la culture des légumes en grand sont équipés de longue date de systèmes d'arrosage suffisants pour parer à des sécheresses de courte durée. Les quantités d'eau qui furent nécessaires au printemps 1976 ne dépassent pas la normale à courte échéance (4 à 7 jours). Ce qui fut exceptionnel c'est le nombre d'arrosages nécessaires. Par conséquent, la production des légumes n'a que peu fléchi en raison de la sécheresse. Seuls certains praticiens puisant leur eau dans la nappe phréatique ont eu des difficultés en raison de l'abaissement du niveau de celle-ci, certains puits s'étant trouvés à sec en cours de saison.

12. Effets sur la production herbagère

Le domaine de l'agriculture qui a été le plus durement touché au début du printemps 1976 mais aussi le plus irrégulièrement affecté sur le plan national a été la production herbagère.

Dans le prologue déjà, on soulignait les grandes différences existant entre les régions. Ainsi, le Jura a été très durement touché tandis qu'en Appenzell on rencontrait des conditions pratiquement idéales. Il en allait de même en passant d'une vallée à l'autre dans la région des Alpes d'où l'entraide possible entre le Valais disposant d'herbe dans ses pâturages et le pied du Jura vaudois où le bétail ne trouvait plus rien à brouter.

L'explication de ces diversités réside dans le fait que la répartition des précipitations est très différente d'un

endroit à l'autre. Dans le Jura, on connaît des périodes de sec assez prolongées, et si leur durée augmente, les conditions sont immédiatement catastrophiques en raison de la faible profondeur de la terre arable. Dans les Préalpes et surtout dans l'est du pays (région du Säntis), les pluies d'été sont généralement surabondantes et les paysans ont même souvent de la peine à récolter leur fourrage d'hiver en raison de la fréquence des pluies. Si, par aventure, les précipitations sont fortement déficitaires - comme en 1976 - on y rencontre alors des conditions très favorables à la production herbagère.

En outre, on a vu plus haut dans l'analyse de l'évolution du temps que, dès la mi-juin, des orages s'étaient déclarés dans les Alpes. Ils y ont apporté localement des précipitations très bienvenues en raison du stade de développement de l'herbe. Pourtant, par définition, un orage est un phénomène localisé d'où la grande diversité entre les vallées.

12.1. Prairies: Sur le Plateau, une grande partie des terrains agricoles sont occupés par des prairies naturelles ou artificielles servant à la production de fourrages secs. En raison de la sécheresse, l'herbe a eu beaucoup de peine à pousser et les tiges avaient parfois seulement 15 à 20 cm de longueur lorsque l'herbe a fleuri. La quantité de foin récolté a donc été dérisoire et, en raison du sec de nouveau, sa valeur nutritive était faible (taux de cellulose élevé). En outre, comme l'herbe était aussi rare sur les pâturages (voir ci-dessous), bien des paysans ont fait pâturer leurs vaches dans les prés à une époque où, normalement, ces terrains sont fauchés.

De ce fait, dans la plus grande partie du Plateau et principalement dans l'ouest, les granges étaient pratiquement vides

au début de juillet alors que la réserve pour l'hiver prochain aurait dû être aux deux tiers engrangée. Dans certaines fermes, on a même utilisé des restes de fourrage de l'hiver précédent pour alimenter le bétail. Les paysans ont par conséquent été contraints à des abattages massifs.

12.2. Pâturages: Le développement de l'herbe n'a pas été différent sur les pâturages de ce qu'il était dans les prés. Par conséquent, il n'a pas été possible de sortir le bétail aussi rapidement qu'à l'accoutumée. L'affouragement à la crèche s'est prolongé. Même au moment où le bétail a été sorti des étables, il n'a pu se nourrir normalement. La montée à l'alpage s'est effectuée dans des conditions difficiles, l'herbe étant très rare et les perspectives de développement mauvaises. Il a donc fallu apporter, dès le début de la saison, un complément à l'affouragement. En outre, dans le Jura en particulier, le niveau d'eau des citernes a rapidement baissé vu le manque d'appoint.

Comme la situation était bien meilleure dans les Alpes, la solidarité paysanne a bien joué. En effet, des centaines de têtes de bétail ont été transférées des régions les plus durement touchées vers les pâturages de haute montagne. Ceci n'a cependant pas empêché des abattages massifs ce qui représente pour l'exploitant agricole non seulement une perte momentanée (production de lait) mais aussi une atteinte sensible à son capital de production.

13. Conséquences pour la forêt

13.1. Accroissement: Une année sèche est toujours une source de perte d'accroissement. En effet, les arbres devant lutter pour leur survie contre une forte perte d'eau par leurs feuilles ferment leurs stomates et, par voie de conséquence,

réduisent fortement leur capacité d'assimilation. La quantité de sucre fabriquée et, partant, la quantité de cellulose déposée dans les troncs s'en ressent. Il s'ensuit des cernes plus étroites.

Dès le troisième tiers de juillet, les conditions d'alimentation en eau se sont pourtant trouvées améliorées. Les températures étant encore suffisantes pour une assimilation (plus de 5° de température journalière moyenne), la production de bois a certainement repris. Il en est aussi résulté la formation de gourmands et l'allongement de la pousse de l'année.

Vu cette succession de facteurs favorables et défavorables, il est fort probable que la cerne de 1976 ne sera pas une cerne normale mais qu'elle présentera, après une couche relativement mince de bois de printemps, un début de formation de bois d'automne auquel succédera une seconde couche de bois de printemps, puis la couche terminale de bois d'automne.

Les dendrologues qui examineront les cernes de 1976 devront porter une attention toute particulière à cette configuration particulière résultant de l'impact des variations subies par les éléments météorologiques pour ne pas faire d'erreurs dans l'identification de cette cerne qui risque fort d'être double.

13.2. Les chablis: Chaque arbre est un individu et les conditions particulières dans lesquelles il vit (sol et microclimat) tout comme ses réactions propres aux dites conditions varient de l'un à l'autre. Dans certaines forêts, on a constaté un dépérissement général de tous les arbres d'une même essence. Il se peut pourtant que, dans d'autres mas

forestiers, apparemment épargnés par la sécheresse, certains individus isolés ne survivent pas aux conditions exceptionnelles de 1976. Il faudra donc s'attendre, pour ces prochaines années (non seulement pour 1977), à un nombre important de chablis. Ces arbres sont la proie toute destinée d'insectes ravageurs qui peuvent y pulluler et, de là, infester toute la forêt.

Les agents forestiers seront donc bien inspirés de tenir compte de ces conditions exceptionnelles lors des martelages de l'automne 1976. Ils devront garder une réserve suffisante de la possibilité pour pouvoir procéder, au cours de l'été 1977, à l'élimination rapide et rationnelle de nombreux chablis sans, pour autant, mettre en péril une saine gestion du capital-bois. En effet, une année telle que celle qui nous occupe laissera, dans nos forêts, des traces visibles pour de nombreuses années.

13.3. Le rajeunissement et les plantations: Si les mas forestiers en plein développement, c'est à dire ayant un appareil radiculaire fortement développé et explorant par conséquent une strate profonde du sol, ont souffert du sec, les jeunes plantations s'en sont ressenties à plus forte raison.

En parcourant les forêts, on constate partout que les sous-bois sont fortement touchés. Les jeunes plants qui de nature débourent très rapidement au printemps (feuilles d'ombre) ont épuisé la réserve en eau du sol jusqu'à fin mai. Depuis lors, et surtout pendant les fortes chaleurs, ces plants ont été soumis à une contrainte de sec exceptionnelle. Leur développement a été stoppé et beaucoup d'entre eux n'ont pu résister.

Quant au rajeunissement, il présente les mêmes symptômes. Seules les pépinières et les bâtardières ont pu franchir cette mauvaise époque sans dommages exceptionnels, vu que le déficit hydrique y a pu être compensé, au moins partiellement par des arrosages.

14. Répercussions sur les parasites des plantes

14.1. Les insectes: Les plantes sauvages et cultivées ne sont pas les seuls êtres vivants à être exposés aux conditions naturelles. Les insectes et les champignons le sont eux-aussi. Pour les premiers, les conditions météorologiques du printemps 1976 ont été extrêmement favorables. En effet, l'absence de gel printanier, les températures régulières et relativement hautes des mois d'avril et de mai ont permis aux oeufs ayant hiverné dans l'écorce des arbres de se développer très rapidement. Les larves ont, malgré la sécheresse, trouvé une alimentation suffisante pour se développer. De ce fait, la première génération est arrivée au stade adulte avec une avance de 15 jours à un mois sur une année moyenne. Ce fait a eu une influence directe sur la ou les générations suivantes. On a ainsi pu constater un pullulement extraordinaire surtout chez les pucerons. En outre, bien des arbres de nos forêts étant affaiblis par la sécheresse (et en partie par la forte population de pucerons), les ravageurs de l'écorce (bostryches et autres) ont pu se développer rapidement eux-aussi. Une grande partie des arbres secs de nos forêts sont dûs moins au sec qu'à ce second phénomène.

Ce n'est pas seulement en forêt que les insectes nuisibles se sont développés. Dans les cultures, on a également rencontré un nombre exceptionnellement important d'insectes nuisibles. Les traitements nécessaires pour maintenir ces

populations à un état économiquement supportable ont dû être plus fréquents qu'à l'accoutumée, surtout au début de la période de végétation. Mais, en raison de l'état des arbres fruitiers (la vigne ayant moins souffert du sec, comme nous l'avons vu plus haut), les produits utilisés ont provoqués des brûlures dans certains cas.

14.2. Les champignons: Si les conditions météorologiques ont été favorables au pullulement des insectes, il n'en va pas de même de celui des champignons. Le sec a joué ici un rôle inhibiteur dans leur développement. Jusqu'aux pluies de juillet, et à part quelques exceptions en Suisse orientale, il n'a pas été pratiquement nécessaire de lutter contre les champignons.

En effet, pour qu'un champignon puisse se développer, il lui faut des températures adéquates (elles étaient réalisées au printemps 1976), mais aussi une humidité de l'air importante accompagnée souvent par la présence d'une pellicule d'eau sur les organes végétaux. Ce n'est que dans de telles conditions que les spores germent. Ces deux dernières conditions n'ayant pas été réalisées, on n'a pas connu un développement important des champignons nuisibles. Ce n'est qu'après la mi-juillet, c'est à dire le début des précipitations, que les champignons ont pu se développer.

15. Répercussions sur l'état sanitaire de la population

On pourrait se demander si la sécheresse prolongée du printemps 1976 a eu des répercussions sur l'état sanitaire de la population en général et sur l'extension de maladies épidémiques en particulier.

Les statistiques sur l'état sanitaire général sont trop lacunaires pour qu'on puisse en tirer des conclusions précises. Il semble cependant que, à part une augmentation des cas de syncopes, d'infarctus du myocarde et d'insolation en juin et début juillet par suite des grandes chaleurs - ce qui est parfaitement normal en pareil cas - on n'a pas pu déceler objectivement de répercussions notables.

Quant aux maladies épidémiques, au sujet desquelles les médecins traitants doivent faire rapport chaque semaine, la statistique est beaucoup mieux établie. Pourtant, le dépouillement de ces rapports et des chiffres qui en découlent, prendra encore énormément de temps si bien que des résultats précis ne seront disponibles qu'en 1978, voire en 1979.

Une première analyse rapide et lacunaire montre cependant une évolution parfaitement normale de ces affections (tuberculose, paralysie infantile, grippe, fièvre scarlatine, etc.).

Par conséquent, il semble que les répercussions de cette période de sécheresse sur la santé publique ont été faibles, voire nulles.

16. Epilogue

L'exposé qui précède montre combien la vie nationale dans son ensemble a été affectée par la situation exceptionnelle du printemps 1976. Les pertes subies par l'agriculture ont incité le Conseil fédéral à lui apporter une aide dans les cas les plus graves. Partant du principe que l'agriculteur doit compter sur de fortes variations de sa production, il a admis qu'une perte de 25% était supportable. Par conséquent, ce n'est qu'au-delà de ce chiffre que la Confédération apportera une aide à la paysannerie. La perte de 25%

sera calculée sur la totalité des productions de l'exploitation et non sur l'une d'elles en particulier qui aurait été spécialement touchée. L'aide est divisée en outre en deux classes: pertes comprises entre 25 et 50%; supérieures à 50%. A leur Session d'hiver 1976, les Chambres fédérales ont pour cela alloué un crédit de 85 Mio. de francs, mais stipulé que les subsides spéciaux de la Confédération devaient être assortis d'une aide similaire des cantons respectifs.

Pour aider des chercheurs futurs désirant étudier plus à fond les conditions particulières du printemps 1976 et de leurs incidences de tous genres, l'ISM a tenté de rassembler une documentation la plus complète possible. Cette documentation devrait contenir le plus grand nombre de rapports préparés tant par les Offices fédéraux, cantonaux et communaux que par l'industrie privée et non publiés officiellement.

Nous n'aimerions pas terminer ce rapport sans exprimer notre reconnaissance à tous ceux qui nous ont aidé à rassembler la documentation nécessaire et à préparer ces lignes. Il s'agit spécialement de MM. Lehmann et Perret.

17. Bibliographie

- [1] M. Bider Klimatische Daten Basels für das praktische Leben. Basel 1956.
- [2] N. Kuhn Frequenzen von Trockenperioden und ihre ökologische Bedeutung. Berichte der EAFV Birmensdorf Nr. 116, 1973.
- [3] W. Kuhn Die Dürre des Sommers 1947. Klimatologische Untersuchung. Annalen MZA 1947.
- [4] R. Billwiller II Das Jahr 1911 ein Trockenjahr. Die Trockenperiode im Sommer 1911. Annalen MZA 1911.
- [5] F. Baur Physikalisch-statistische Regeln als Grundlagen für Wetter- und Witterungsvorhersagen, 1. Band 1956 und 2. Band 1958, Frankfurt a.M.
- [6] F. Baur Die Sommerniederschläge Mitteleuropas in den letzten 1½ Jahrhunderten und ihre Beziehungen zum Sonnenfleckenzyklus. Leipzig 1959.
- [7] Deutscher Die Grosswetterlagen Europas. Monatliche Publikation des Zentralamtes des Deutschen Wetterdienstes. Offenbach (Main). 1976.
Wetterdienst
- [8] E. Dinies Ueber die Möglichkeit lanfristiger Vorhersagen des Hochsommerniederschlags in Deutschland. Meteorologische Rundschau, 18, Heft 1, 1965.

	Dezemb.-Juni			Dezemb.-Juli			Dezemb.-August			Dezemb.-Septemb			Dezemb.-Oktober		
	*)	1976	%	*)	1976	%	*)	1976	%	*)	1976	%	*)	1976	%
Basel	415	206	50	502	278	55	593	306	52	670	378	56	733	416	57
La Chaux- de-Fonds +)	880	378	43	1013	523	52	1149	604	53	1269	717	57	1383	797	58
Genève	487	295	61	561	389	69	659	467	71	755	702	93	842	802	95
Lausanne	561	246	44	661	490	74	777	569	73	883	707	80	973	782	80
Bern	529	212	40	645	391	61	759	416	55	854	521	61	929	567	61
Luzern	598	352	59	754	656	87	902	729	81	1012	817	81	1091	880	81
Zürich	604	291	48	743	519	70	875	637	73	977	741	76	1058	803	76
St.Gallen	695	423	61	858	628	73	1009	701	69	1130	831	74	1220	888	73
Chur	421	208	49	526	326	62	633	370	58	713	528	74	780	640	82
Lugano	881	355	40	1062	486	46	1254	699	56	1412	1077	76	1593	1617	102
Sion	328	140	43	378	201	53	443	243	55	490	283	58	539	334	62

*) Mittel 1901-60

+) Langjährige Mittel der alten Station verwendet

Tabelle 1. Niederschläge in mm

	Dezember-Juni			Dezember-Juli			Dezember-August			Dezember-Septemb			Dezember-Oktober		
	*)	1976	Abw.	*)	1976	Abw.	*)	1976	Abw.	*)	1976	Abw.	*)	1976	Abw.
Basel	6.8	7.5	+0.7	8.2	9.1	+0.8	9.3	10.0	+0.7	9.8	10.3	+0.5	9.7	10.4	+0.6
La Chaux-de-Fonds	4.0	4.1	+0.1	5.4	5.5	+0.1	6.5	6.4	-0.1	6.9	6.7	-0.2	6.9	6.8	-0.1
Genève	6.5	7.2	+0.6	8.0	8.9	+0.9	9.1	9.7	+0.6	9.6	10.0	+0.3	9.6	10.0	+0.4
Lausanne	6.5	7.3	+0.8	8.0	8.9	+0.9	9.0	9.8	+0.8	9.5	10.1	+0.5	9.5	10.1	+0.6
Bern	5.9	6.7	+0.8	7.4	8.3	+0.9	8.5	9.2	+0.7	9.0	9.5	+0.5	9.0	9.6	+0.6
Luzern	6.4	7.3	+0.9	8.0	9.0	+1.0	9.1	9.9	+0.8	9.6	10.2	+0.6	9.5	10.3	+0.7
Zürich	5.6	6.5	+0.9	7.0	8.0	+1.0	8.1	8.9	+0.8	8.6	9.2	+0.6	8.6	9.3	+0.7
St.Gallen	4.8	5.5	+0.7	6.2	7.1	+0.9	7.3	8.0	+0.7	7.8	8.3	+0.5	7.8	8.5	+0.6
Chur	6.3	6.7	+0.4	7.7	8.1	+0.4	8.7	9.0	+0.3	9.2	9.4	+0.1	9.2	9.6	+0.3
Lugano	8.9	9.9	+1.0	10.5	11.5	+1.0	11.6	12.3	+0.7	12.2	12.6	+0.4	12.2	12.6	+0.3
Sion	7.3	7.8	+0.5	8.8	9.4	+0.6	9.9	10.3	+0.4	10.4	10.6	+0.2	10.4	10.7	+0.3

*) Mittel 1901-60

Tabelle 2. Temperaturen (°C)

	Dezember-Juni			Dezember-Juli			Dezember-August			Dezember-September			Dezember-Oktober		
	*)	1976	%	*)	1976	%	*)	1976	%	*)	1976	%	*)	1976	%
Basel	907	1225	135	1139	1482	130	1348	1737	129	1508	1865	124	1617	1973	122
La Chaux-de-Fonds	896	1308	146	1112	1510	136	1312	1771	135	1471	1887	128	1599	1991	125
Genève	1062	1200	113	1349	1458	108	1606	1719	107	1795	1861	104	1918	1967	103
Lausanne	1070	1229	115	1341	1468	109	1583	1714	108	1768	1849	105	1900	1953	103
Bern	941	1135	121	1189	1363	115	1415	1598	113	1585	1722	109	1700	1834	108
Luzern	833	954	115	1054	1158	110	1252	1360	109	1400	1456	104	1494	1546	103
Zürich	911	1057	116	1149	1276	111	1368	1480	108	1535	1587	103	1644	1686	103
St.Gallen	803	1006	125	1009	1195	118	1198	1387	116	1345	1494	111	1445	1587	110
Chur	899	1178	131	1114	1375	123	1307	1542	118	1469	1688	115	1598	1829	114
Lugano	1144	1337	117	1412	1593	113	1655	1818	110	1845	1966	107	1992	2072	104
Sion	1133	1378	122	1395	1607	115	1629	1851	114	1820	2031	112	1983	2161	109

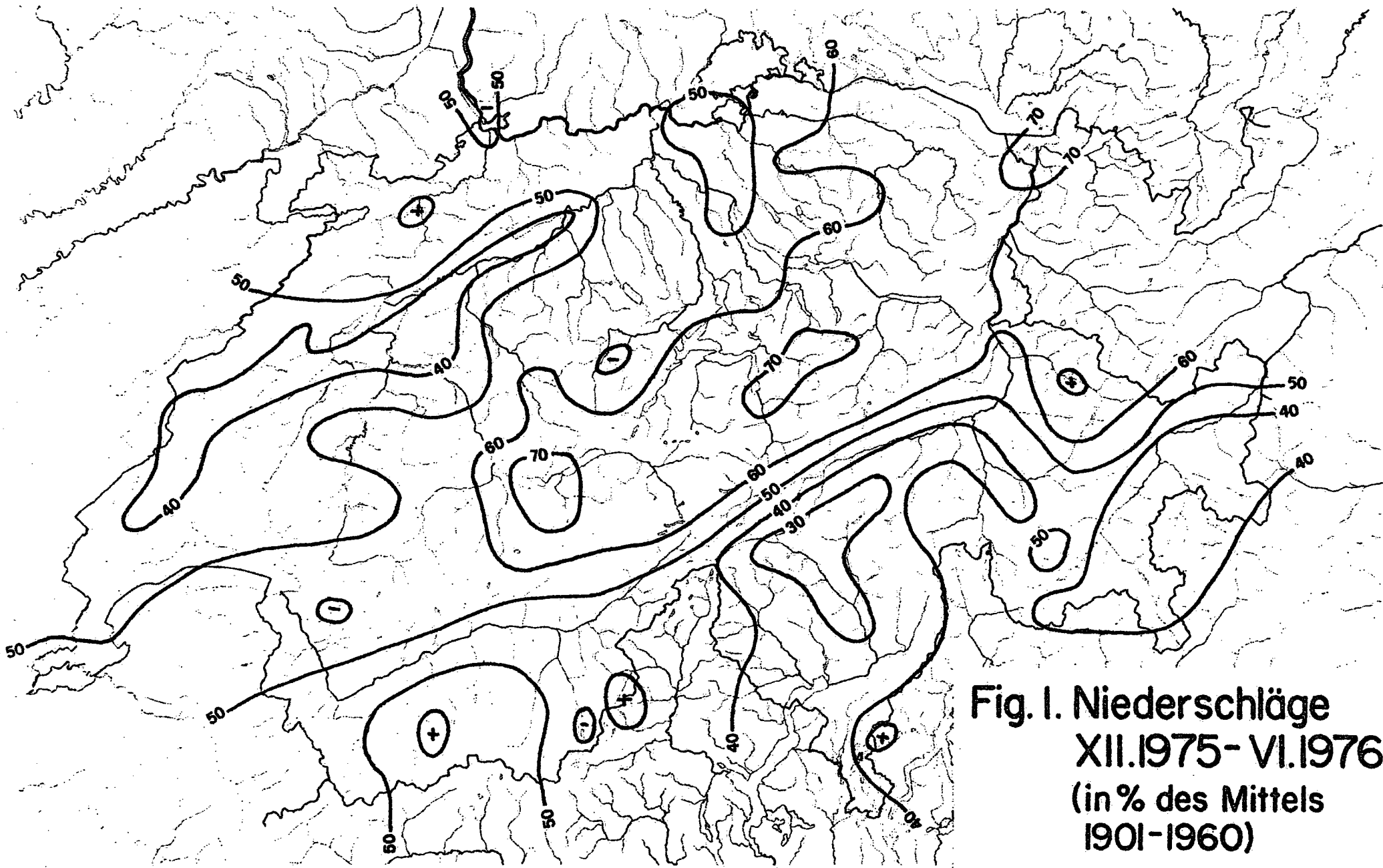
*) Mittel 1931-60

Tabelle 3. Sonnenscheindauer (Stunden)

	Dezember-Juni			Dezember-Juli			Dezember-August			Dezember-Septemb			Dezember-Oktob.		
	*)	1976	%	*)	1976	%	*)	1976	%	*)	1976	%	*)	1976	%
Basel	159	315	198	227	415	183	279	499	179	307	527	172	321	539	168
Lausanne	274	435	159	399	559	140	489	667	137	537	708	132	557	729	131
Bern	200	334	167	288	425	148	356	512	144	392	539	137	407	555	136
Luzern	176	253	144	254	329	130	315	396	126	348	420	121	362	433	120
Zürich	160	288	180	226	368	163	280	436	156	312	460	148	323	474	147
St.Gallen	198	271	137	282	340	120	351	394	112	392	415	106	406	427	105
Lugano	184	267	145	268	361	135	327	409	125	355	436	123	379	446	118
Sion	337	497	147	473	600	127	572	697	122	631	741	118	665	766	115

*) Mittel 1972-75

Tabelle 4. Evapotranspiration (mm)



**Fig. I. Niederschläge
XII.1975-VI.1976
(in % des Mittels
1901-1960)**

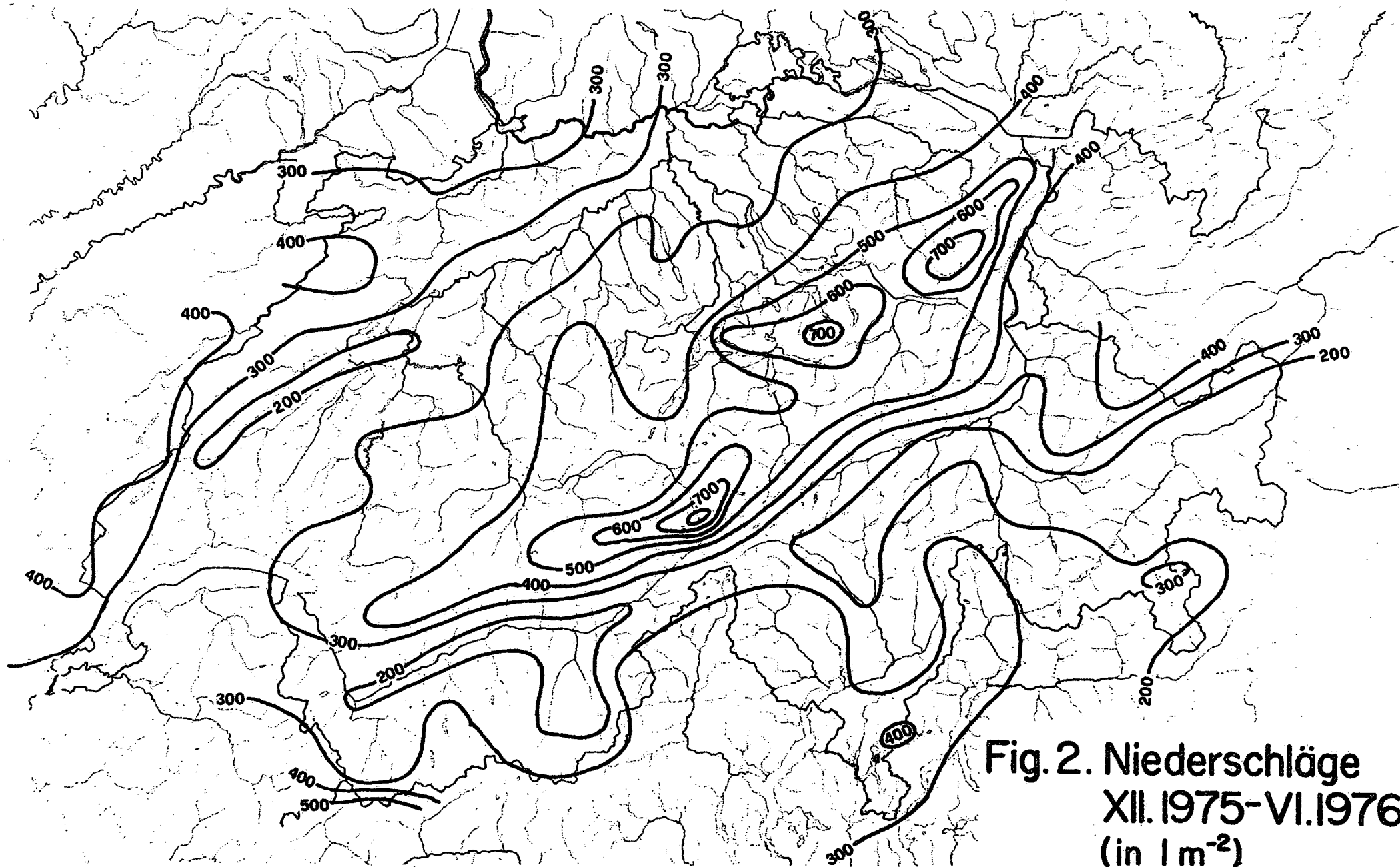
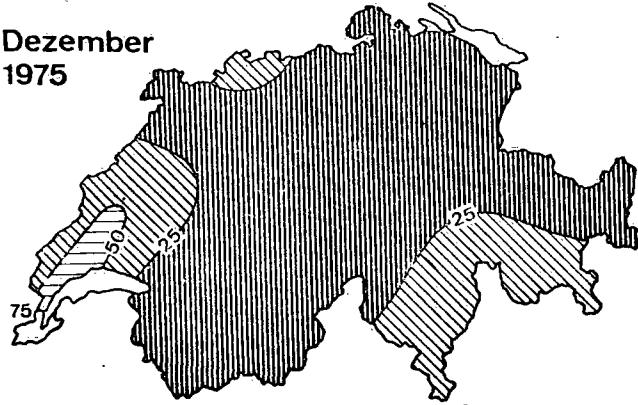


Fig. 2. Niederschläge
XII.1975-VI.1976
(in m^2)

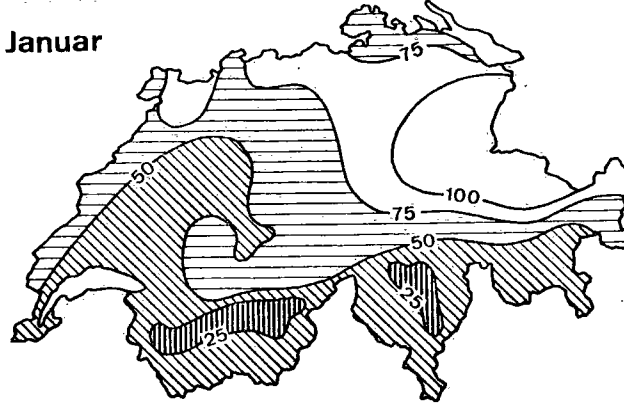
Karte 3

**Dezember
1975**



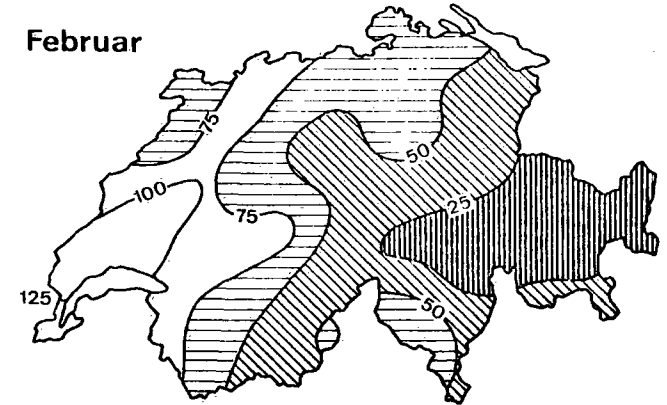
Karte 4

Januar



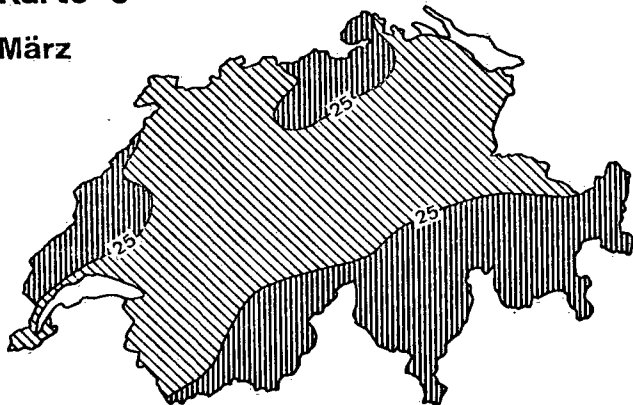
Karte 5

Februar



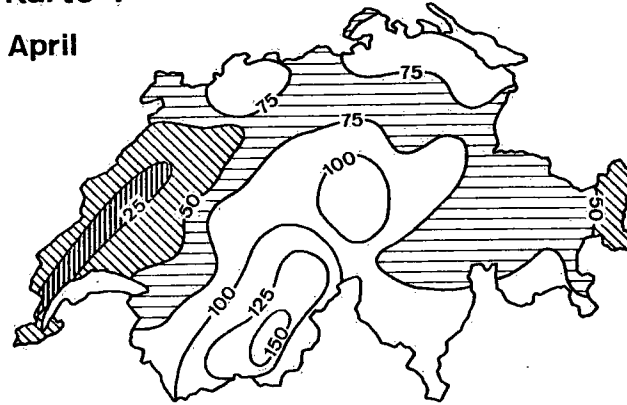
Karte 6

März



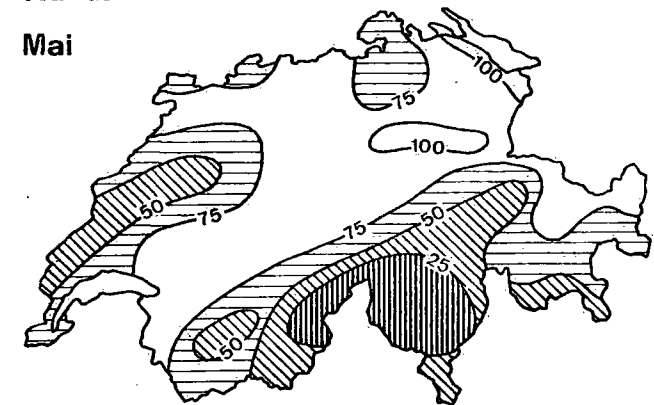
Karte 7

April



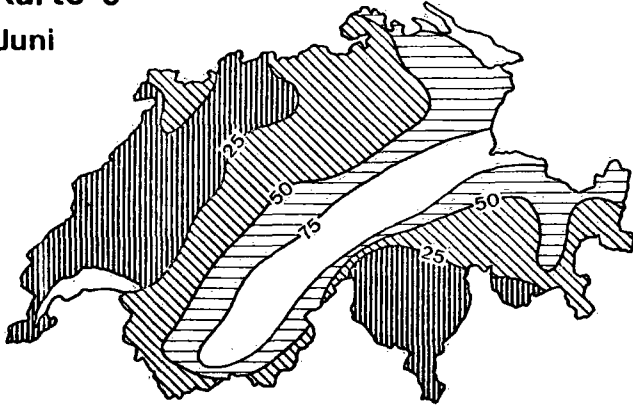
Karte 8

Mai



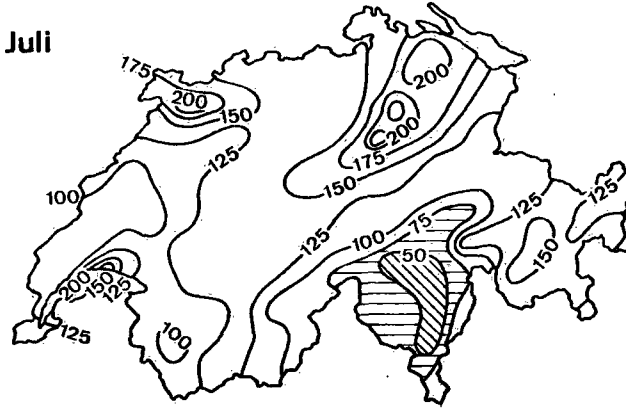
Karte 9

Juni



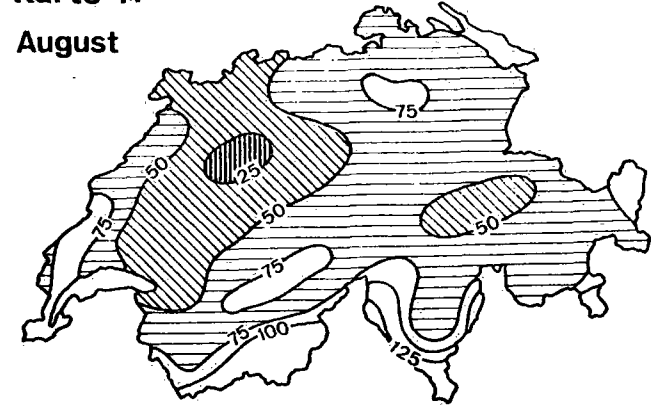
Karte 10

Juli



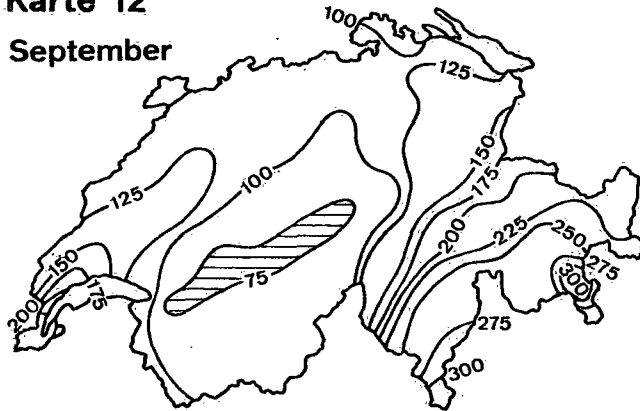
Karte 11

August



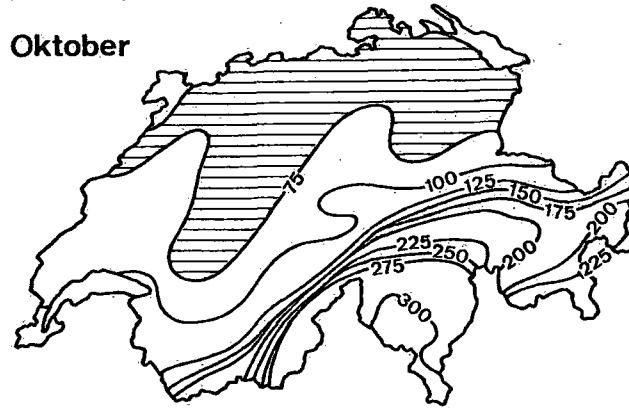
Karte 12

September



Karte 13

Oktober



Legende:



0-25%

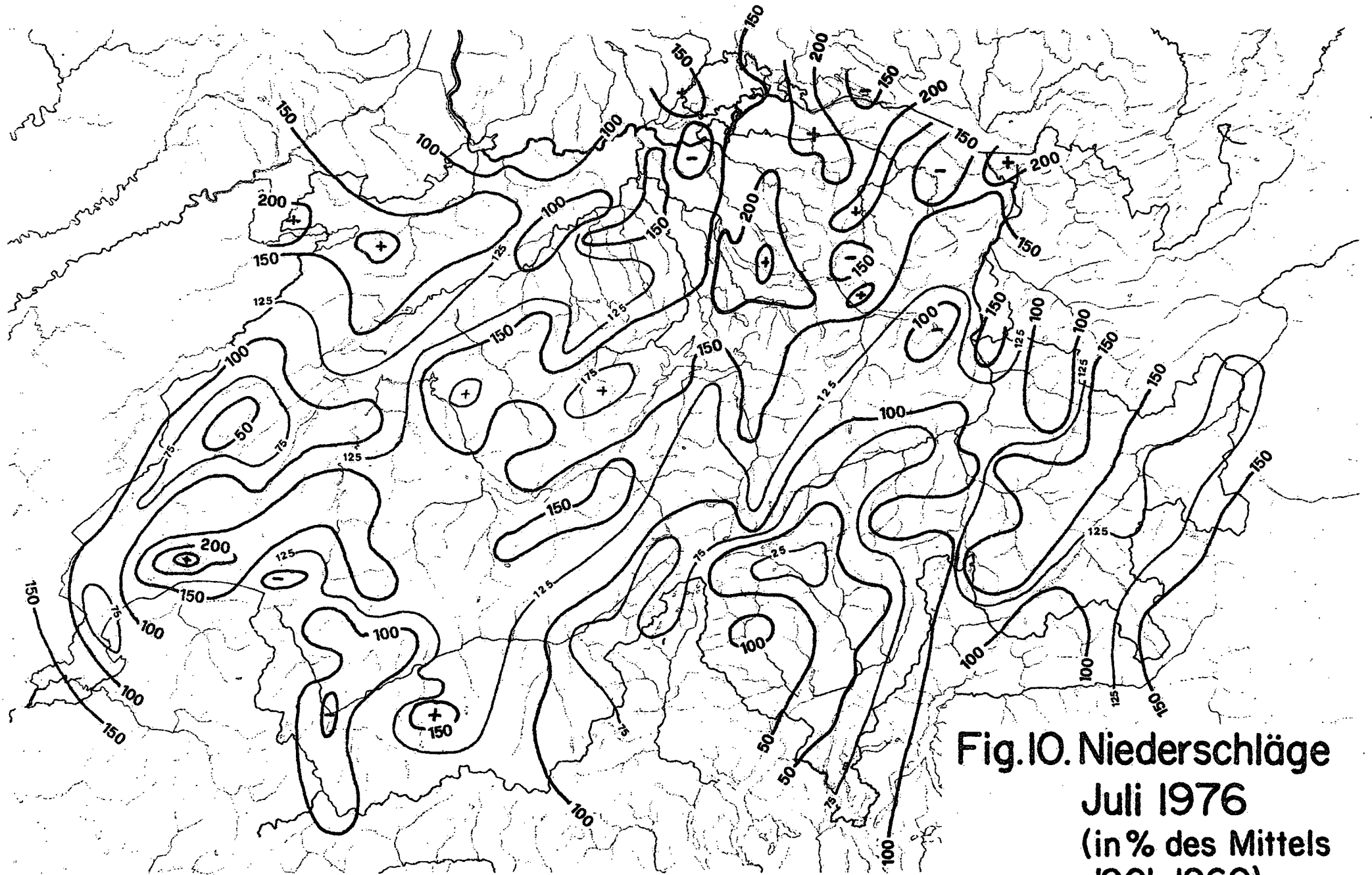


25-50%

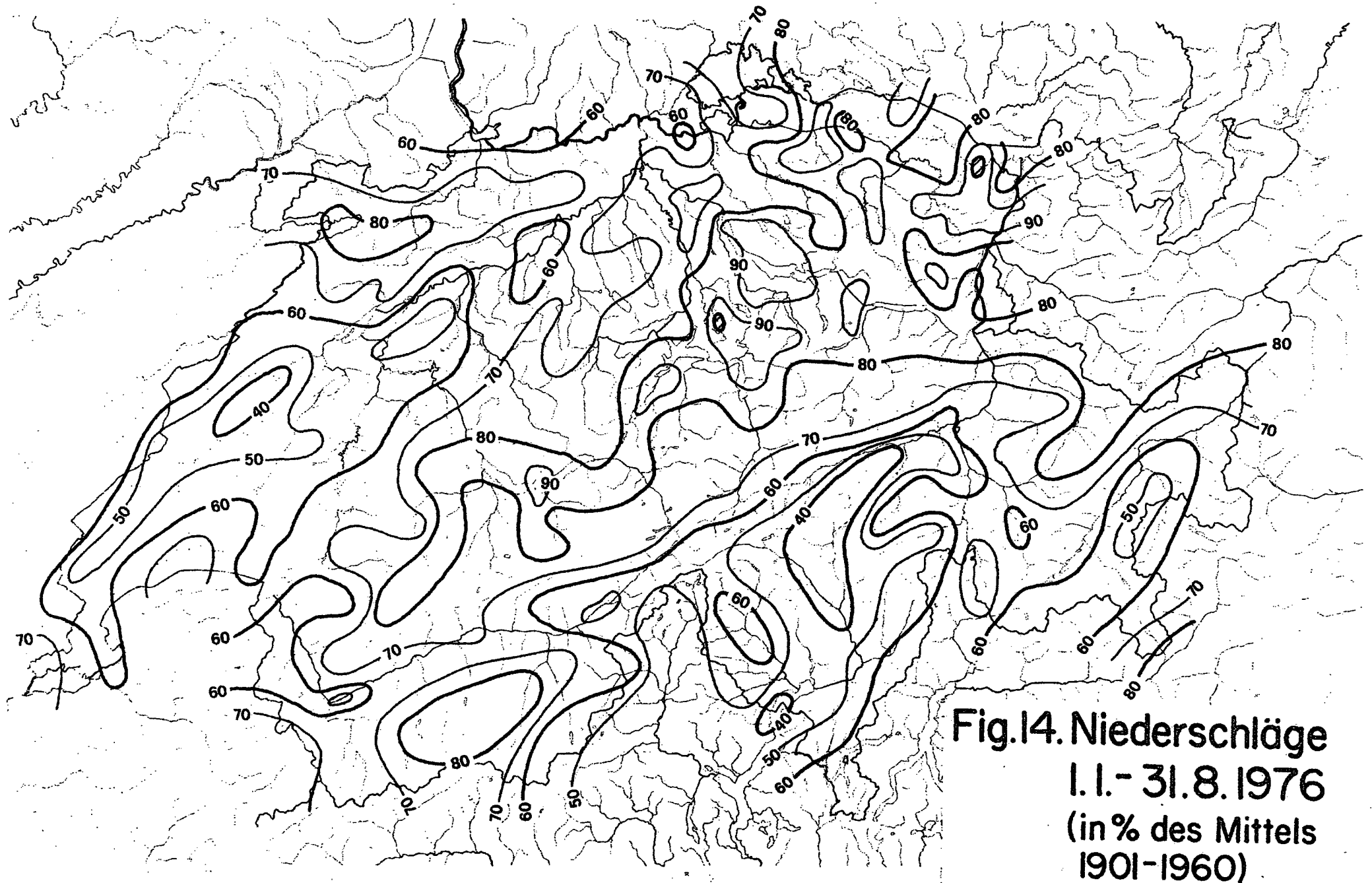


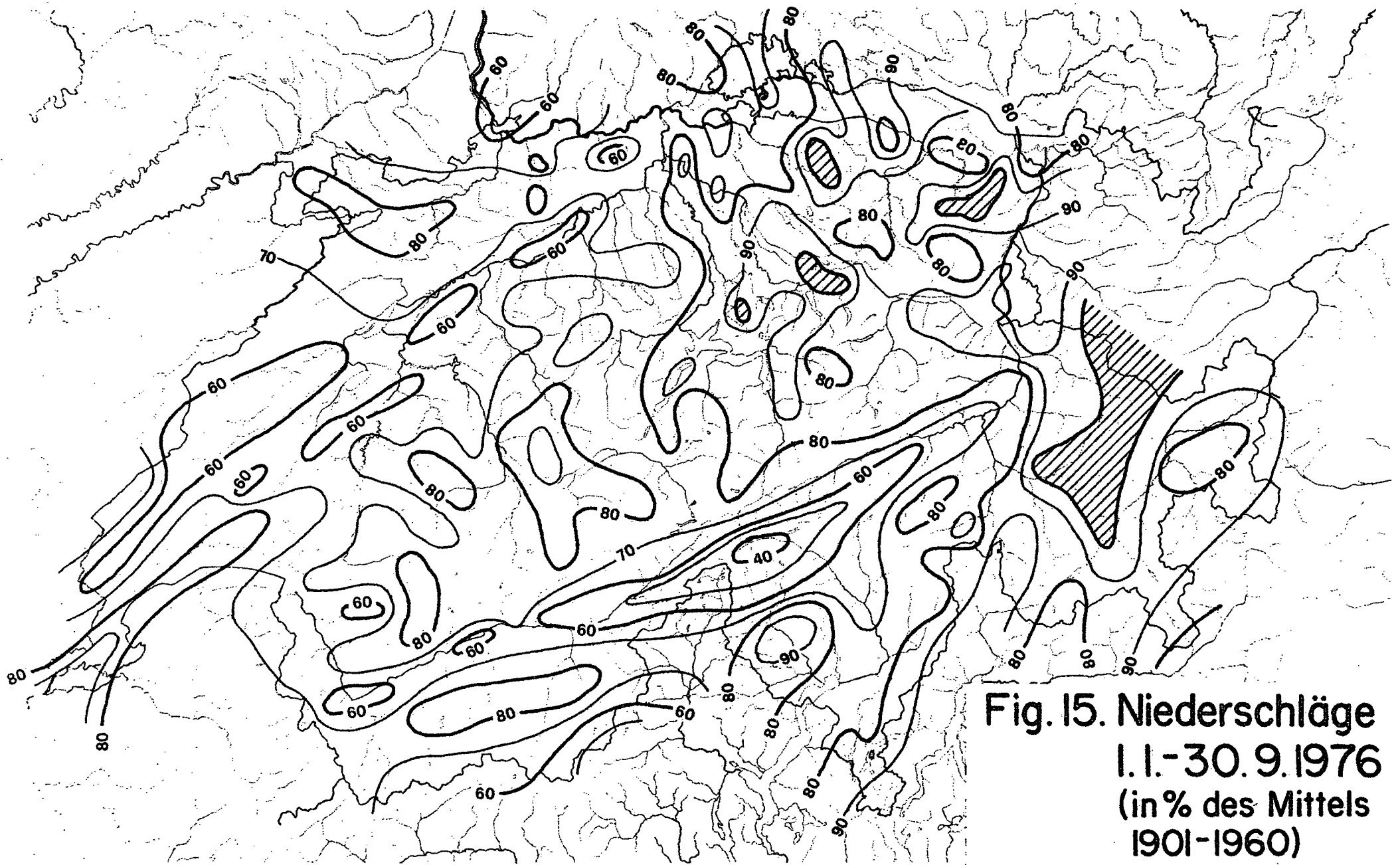
50-75%

Prozentwerte der mittleren Niederschlagsmenge (1901-60)

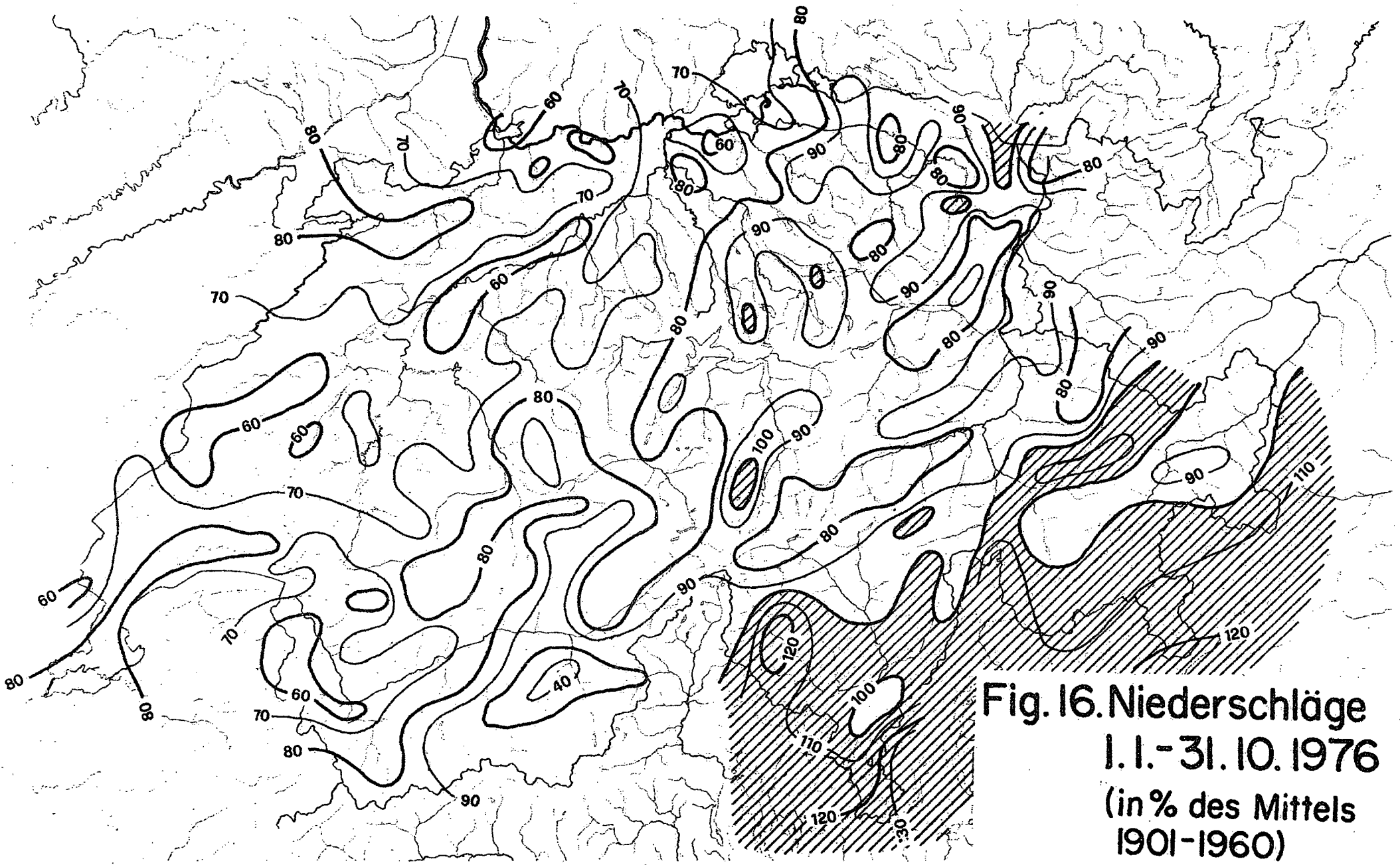


**Fig.10. Niederschläge
Juli 1976
(in % des Mittels
1901-1960)**





**Fig. 15. Niederschläge
1.1.-30.9.1976
(in % des Mittels
1901-1960)**



**Fig. 16. Niederschläge
1.1.-31.10.1976
(in % des Mittels
1901-1960)**

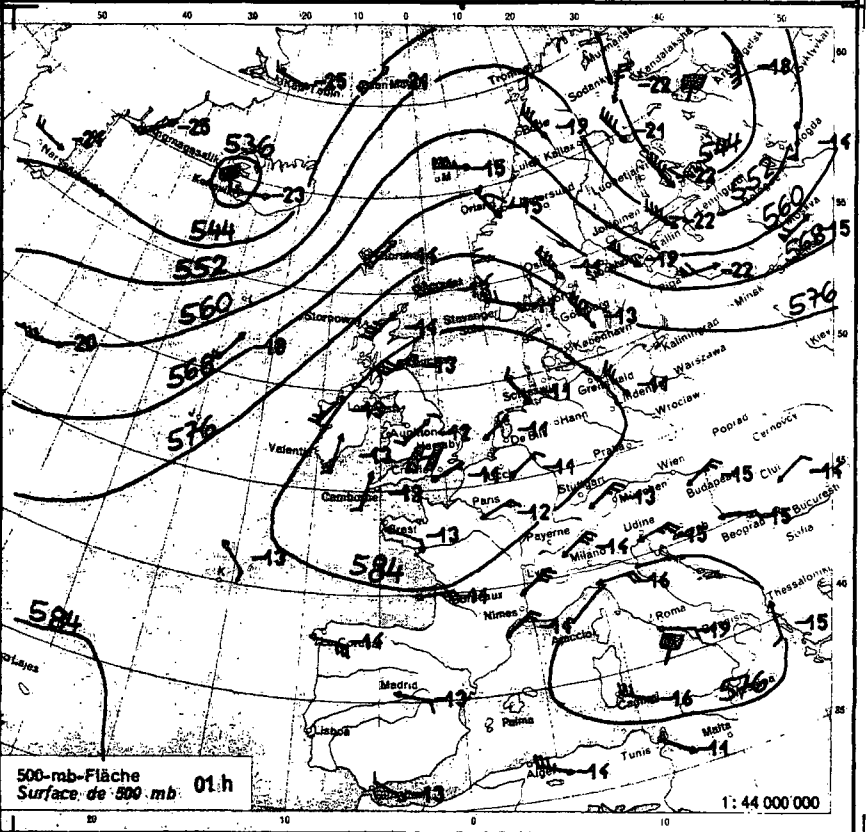
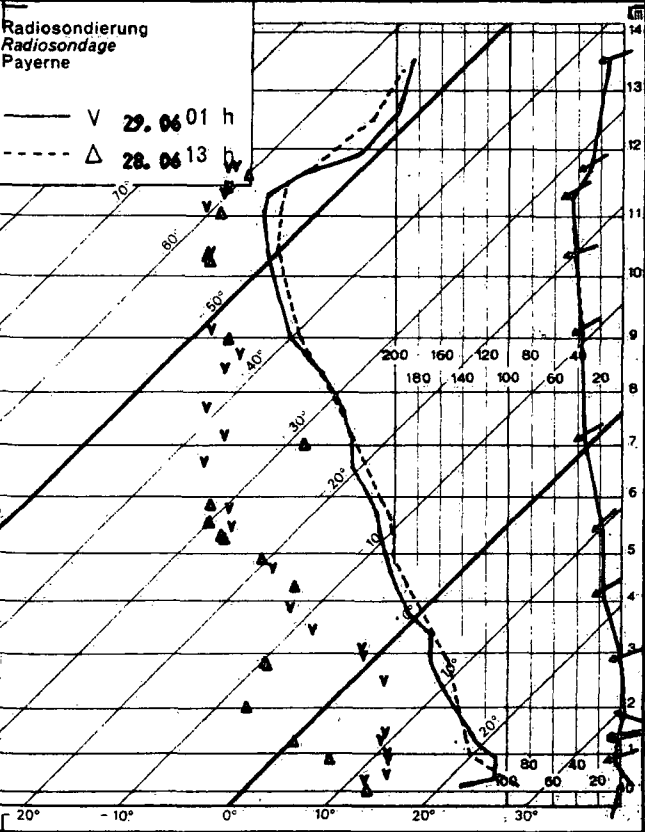
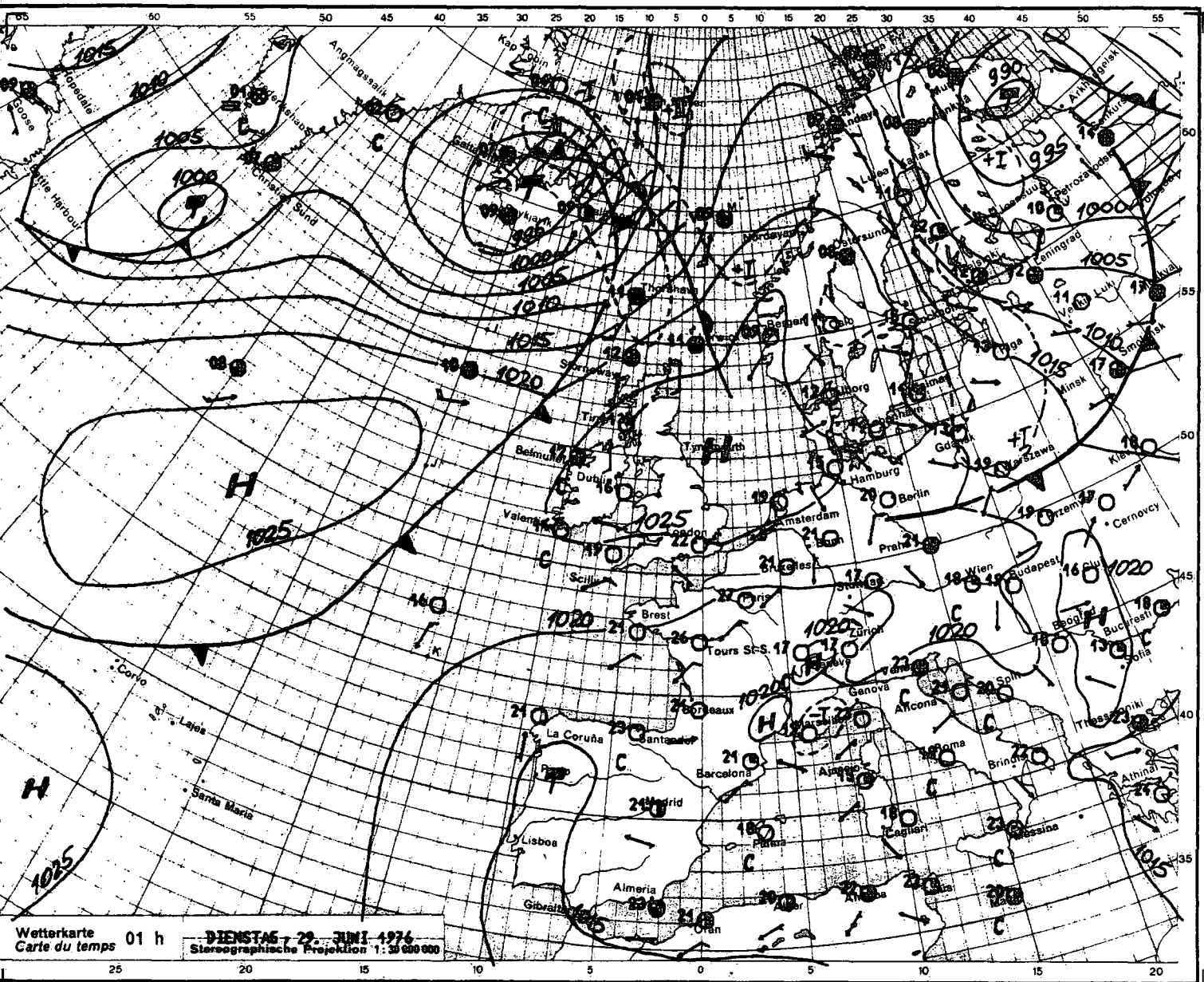


Fig.17.

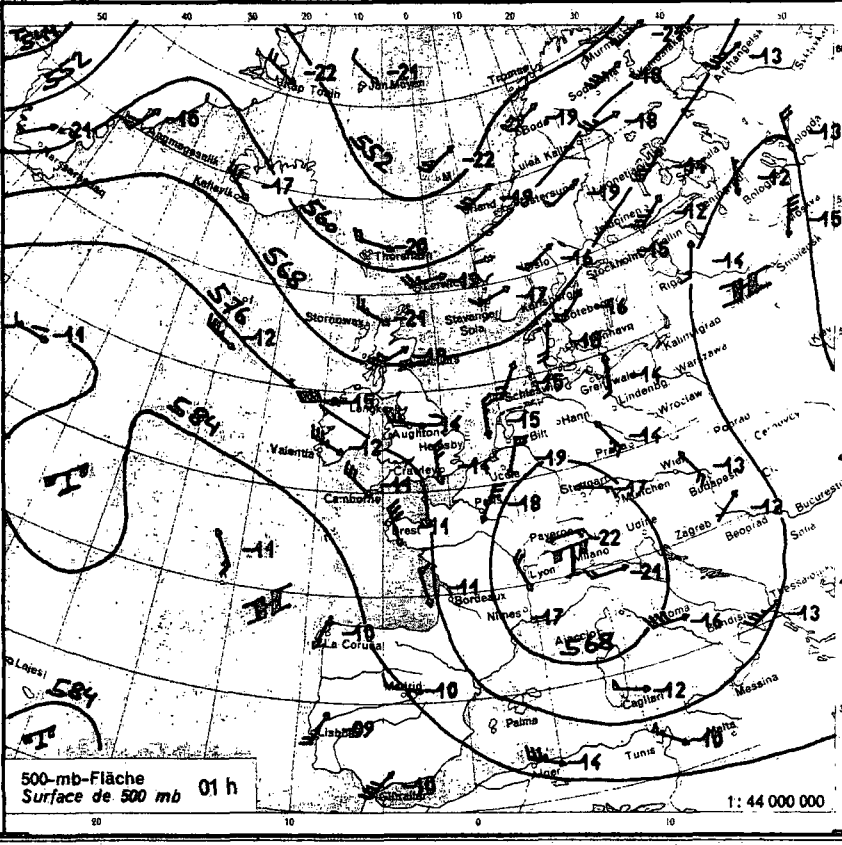
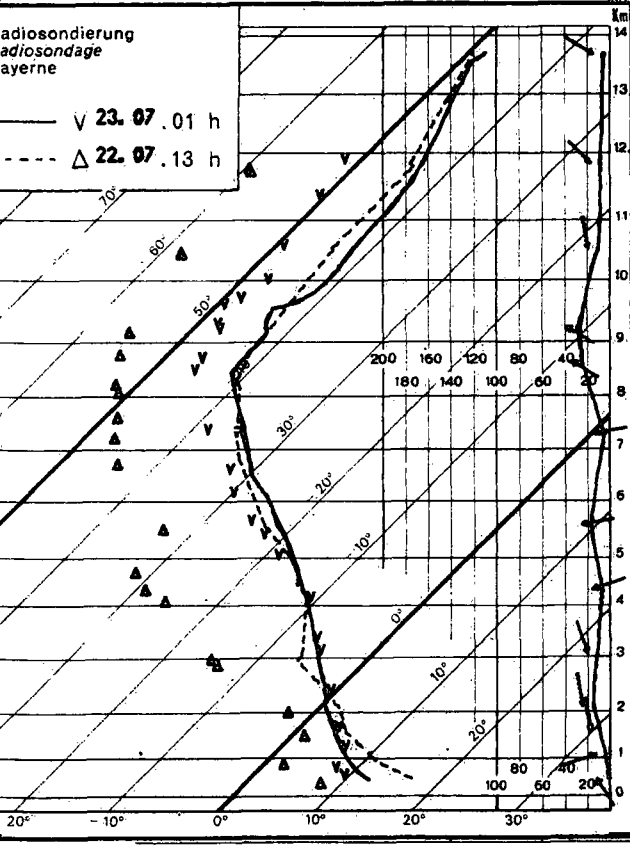
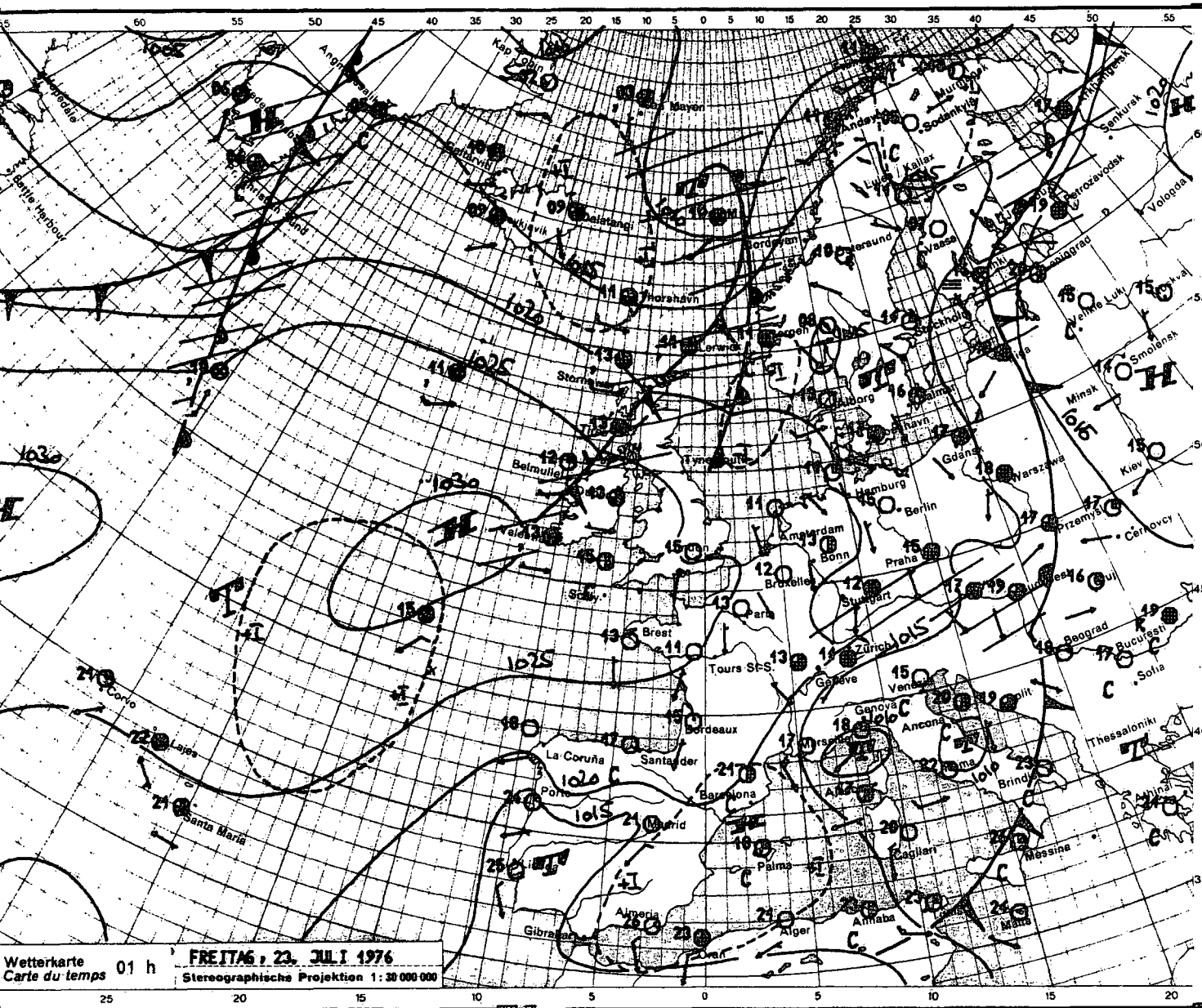


Fig.18.

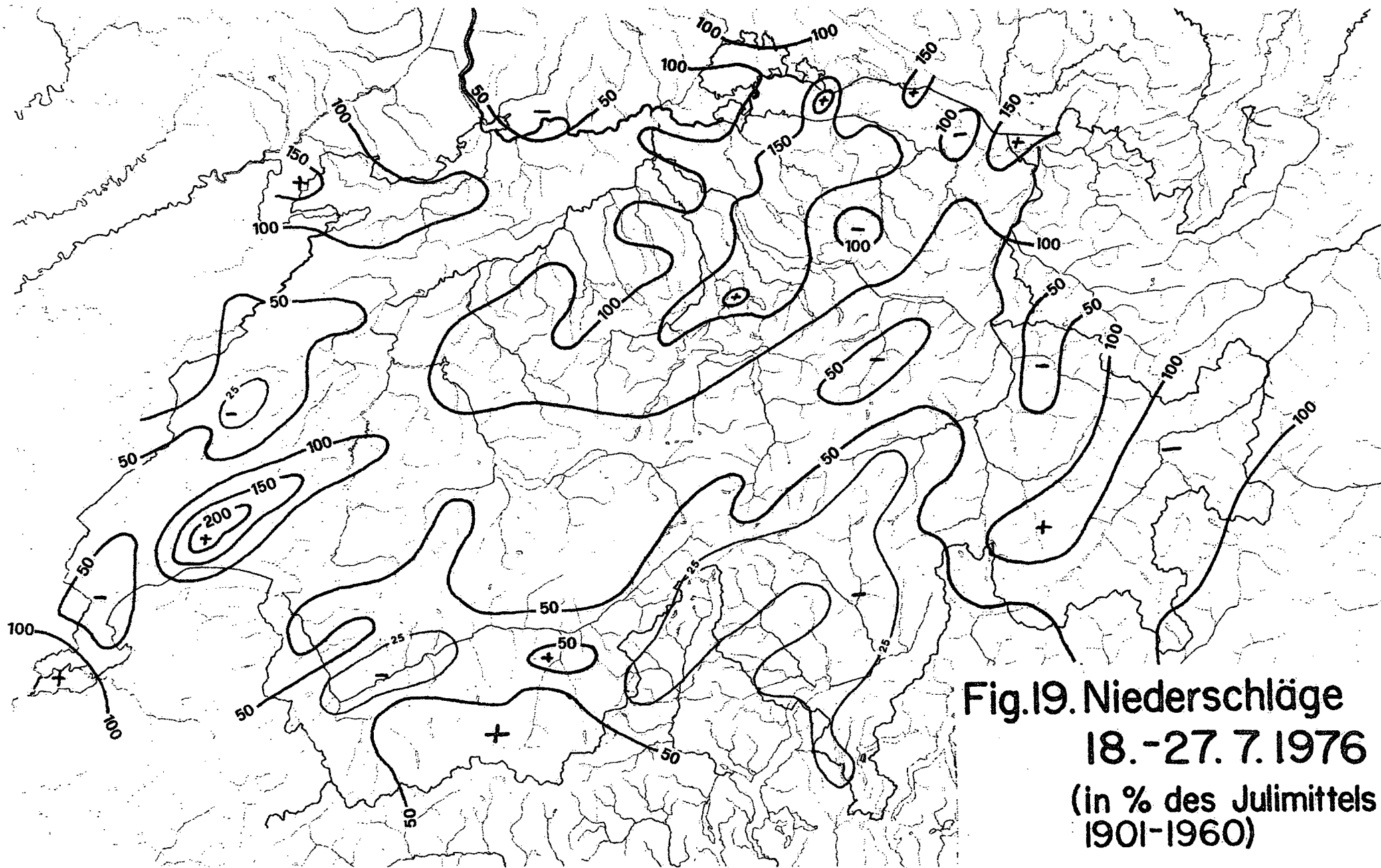


Fig.19. Niederschläge
18.-27.7.1976
(in % des Julimittels
1901-1960)

SOMMAIRE

	Page
Résumé	1
Zusammenfassung	1
Riassunto	2
Summary	2
1. Prologue	3
2. Die Dauer und das Ausmass der Trockenheit in der Schweiz	5
3. Historische Vergleichsfälle zur Trockenheit 1976	6
4. Die Witterung der einzelnen Monate	7
4.1. Dezember 1975	7
4.2. Januar 1976	7
4.3. Februar 1976	7
4.4. März 1976	8
4.5. April 1976	8
4.6. Mai 1976	8
4.7. Juni 1976	8
4.8. Juli 1976	8
4.9. Ursachen der Trockenheit	9
4.10. August 1976	9
4.11. September 1976	10
4.12. Oktober 1976	10
5. Fand bis zum Oktober 1976 ein Ausgleich der Anomalien der verschiedenen Wetter- elemente statt ?	10
6. Detaillierter Wetterablauf in den Monaten Juni und Juli 1976	11
7. Die Trocken- und Hitzeperioden im Juni/ Juli 1976	13
8. Gibt es eine Erklärung für die Ursachen der Trockenheit 1976	16
9. Répercussions de la sécheresse sur le sol et le tapis végétal	22
10. Effets sur l'agriculture	24
10.1. Céréales d'hiver	24
10.2. Céréales de printemps	25
10.3. Maïs	25
10.4. Pommes de terre	26
10.5. Tabac	26
10.6. Betteraves à sucre	26

11. Effets dans les cultures spéciales	27
11.1. Vigne	27
11.2. Vergers	27
11.3. Horticulture	28
12. Effets sur la production herbagère	28
12.1. Prairies	29
12.2. Pâturages	30
13. Conséquences pour la forêt	30
13.1. Accroissement	30
13.2. Châblis	31
13.3. Rajeunissement et plantations	32
14. Répercussions sur les parasites des plantes	33
14.1. Insectes	33
14.2. Champignons	34
15. Répercussions sur l'état sanitaire de la population	34
16. Epilogue	35
17. Bibliographie	37

Tables

Cartes

Sommaire

