



Wasserhaushalt zweier ackerbaulich genutzter Böden

Peter WEISSKOPF und Urs ZIHLMANN, Eidgenössische Forschungsanstalt für landwirtschaftlichen Pflanzenbau, Reckenholz (FAP), CH-8046 Zürich

Mehrjährige Messungen an Ackerböden mit und ohne Grundwassereinfluss zeigen, dass während der Vegetationszeit der Niederschlagsverlauf den Wasser-/Lufthaushalt entscheidend prägt. Grundwasser kann die Wasserversorgung der Pflanzen in Trockenzeiten verbessern, aber auch periodisch Luftmangel bis in den Oberboden verursachen. Der Wasserhaushalt beeinflusst zudem die Anzahl verfügbarer Befahrungs- und Bearbeitungstermine.

Boden B (Abb. 1): Hier entstehen keine vollständig wassergesättigten Bereiche. Der Austrocknungsvorgang verläuft ab Anfang Juni kontinuierlich und wird selbst durch stärkere Niederschläge nur oberflächennah und kurz unterbrochen.

Wichtige Bestandteile der integrierten Produktion sind eine standortgemässe Bewirtschaftung sowie die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit auf lange Sicht. In Bodenkartierungsprojekten werden Aufbau und Zusammensetzung von Böden an Referenzprofilen untersucht und im Feld beurteilt; aufgrund der wichtigsten Bodeneigenschaften werden Nutzungseignung und Bewirtschaftungsrisiken interpretiert. Aus praktischen Gründen können sich die Beurteilungen im Feld allerdings nur auf morphologische Merkmale des Bodens abstützen: Der Wasser-/Lufthaushalt wird beispielsweise aufgrund der Bodenfarbe klassiert. Messwertreihen, die den zeitlichen Verlauf und die gegenseitigen Abhängigkeiten zwischen physikalischen, chemischen und biologischen Bodeneigenschaften beschreiben, sind selten (für schweizerische Verhältnisse z.B. Richard *et al.* 1981). Im Projekt «Charakterisierung von Ackerstandorten» werden verschiedene Messgrössen an zwei Böden untersucht. Im folgenden zeigen wir erste Resultate aus dem Bereich Bodenwasserhaushalt und stellen sie im Hinblick auf die Beurteilung der Nutzungseignung von Böden dar.

Bodenfeuchte im Übergang Frühjahr/Sommer

Boden A (Abb. 1): Wegen des Zuflusses von Grundwasser kann dieser Boden nach starken Niederschlägen rasch bis in oberflächennahe Schichten vernässen. Selbst im Frühjahr 1993 mit seinen leicht unterdurchschnittlichen Niederschlagsmengen beginnt sich Boden A erst im Frühsommer unterhalb der Bearbeitungsschicht deutlich zu entwässern.

Tab. 1. Charakterisierung von Aufbau und Zusammensetzung der beiden untersuchten Böden.

Boden A												
Braunerde-Gley, mässig tiefgründig; alluvial, in Muldenlage												
Horizont	Tiefe [cm]	Skelett	Ton	Schluff	Sand	organ.C	pH	Grobporen	Mittelporen	Feinporen	Gesamt-PV	Lagerungsdichte
Ahp	0-26	4	25	29	46	1,8	6,1	10	17	19	46	1,40
Bg	26-55	10	26	22	52		7,0	12	10	19	41	1,57
Bgg	55-65	12	28	22	50		7,3	11	10	19	40	1,59
Bg	65-75	20	31	18	51		7,8	12	11	18	41	1,57
Bgg	75-80	3	27	40	33		8,7					
C(r)	>80	0	17	52	31		9,0	5	18	19	42	1,54

Boden B												
Schwach pseudogleyige Kalkbraunerde, mässig tiefgründig; auf mergeligem Sandstein, in Kuppenlage												
Horizont	Tiefe [cm]	Skelett	Ton	Schluff	Sand	organ.C	pH	Grobporen	Mittelporen	Feinporen	Gesamt-PV	Lagerungsdichte
Ahp	0-25	6	24	33	43	2,0	7,3	10	17	19	46	1,43
B	25-50	10	28	32	40		8,1	13	12	19	44	1,48
B(g)	50-70	12	35	30	35		8,2	13	10	22	45	1,47
BC	70-90	1	24	57	19		8,8	12	11	25	48	1,39
C	>90	mergeliger Sandstein										

Erläuterungen:

- Masseinheiten: Körnung, organ.C in Gew. %
Skelett, Porosität in Vol. %
Lagerungsdichte in g/cm³

- Messgrössen: Skelett (>2 mm)
pH [H₂O]
Grobporen [<pF 2]
Mittelporen [pF 2 bis 4,2]
Feinporen [>pF 4,2]

Versuchsbeschreibung

Böden: Auf dem Areal der FAP Reckenholz werden seit 1990 zwei verschiedenartige Böden untersucht (Tab. 1); in der Nordost- und Zentralschweiz sind derartige Böden verbreitet anzutreffen.

Klimaeigenschaften: Durchschnittliche Niederschlagssumme der letzten 16 Jahre (A-Netz-Station «Zürich-Reckenholz») rund 990 mm; mittlere Jahrestemperatur während dieser Periode 8,9 °C; Boden A auf 436 m ü. M., Boden B auf 488 m ü. M.

Bewirtschaftung: Beide Parzellen werden mit praxisüblichen Geräten und Verfahren gleich bewirtschaftet. Fruchtfolge ab 1990: Kunstwiese-Silomais-Sommerhafer-Kartoffeln.

Untersuchungen: An den beiden Standorten untersuchen wir verschiedene physikalische, chemische und biologische Bodeneigenschaften. Neben regelmässigen Messungen am selben Bodenvolumen werden wiederholt Bodenproben entnommen und Ertragerhebungen durchgeführt. Die Messung der Bodenfeuchte als Saugspannung des Bodenwassers erfolgte mit Hilfe von Tensiometern, der Bodenwassergehalt wurde mit TDR-Sonden («Bodenradar»; Roth *et al* 1990) bestimmt, jeweils in 15, 30, 45, 60 und 90 cm Bodentiefe. Die Saugspannung gibt an, wie stark das Wasser im Boden zurückgehalten wird und erlaubt gleichzeitig Rückschlüsse auf den Durchmesser der Poren, die gerade noch wassergefüllt sind: Je kleiner die Saugspannung, desto grösser der Durchmesser der gerade noch wassergefüllten Poren, das heisst umso mehr Grobporen sind wassergefüllt.

für Wasser zeitweise nahezu oder vollständig ausgeschöpft.

Boden B (Abb. 3): Verglichen mit Boden A enthält dieser Boden deutlich geringere Mengen an pflanzenverfügbarem Wasser. Im trockensten Zeitpunkt anfangs Juli stehen den Pflanzen in den obersten 45 cm statt 25 mm wie im Boden A nur etwa 15 mm Wasserreserve zur Verfügung.

Durchlüftung des Bodens

Boden A (Abb. 4): Unterhalb von 60 cm ist die Durchlüftung stark eingeschränkt. Nach den Starkniederschlägen anfangs Juli dehnt sich die Zone mit geringem luftgefülltem Porenvolumen bis in die obersten Bodenschichten aus, so dass der Luftaustausch fast profillumfassend unterbunden ist.

Boden B (Abb. 4): Auch in diesem Boden ist die Durchlüftung unterhalb 60 cm eingeschränkt; in den darüberliegenden Bodenschichten herrschen aber deutlich günstigere Bedingungen. Entscheidende

Bodenfeuchte im Übergang Sommer/Herbst

Boden A (Abb. 2): Im niederschlagsarmen Sommer des Jahres 1991 trocknet selbst dieser Boden ab der zweiten Augushälfte bis in Tiefen von mehr als 60 cm stark aus. Erst nach der Maisernte, mit dem Einsetzen stärkerer Niederschläge, wird der Boden (auch unter dem Einfluss von zuströmendem Grundwasser) rasch wieder profillumfassend durchfeuchtet.

Boden B (Abb. 2): Ab Mitte August ist das leicht pflanzenverfügbare Wasser bis in 90 cm Tiefe praktisch vollständig aufgebraucht. Im Unterschied zu Boden A bringen die nach der Maisernte einsetzenden Niederschläge noch nicht die profillumfassende Durchfeuchtung - das Wasser wird mehrheitlich in den oberen Bodenschichten zurückgehalten und gespeichert.

Wasserangebot für die Pflanzen

Boden A (Abb. 3): Dank des deutlichen Grundwassereinflusses könnten tiefwurzeln Pflanzen praktisch unbegrenzte Wasservorräte nutzen. Auch für flachwurzeln Kulturen wie die Kartoffel stehen ausreichende Wassermengen zur Verfügung; einzig in der obersten Bodenschicht (im Dammbereich) wird das pflanzenver-

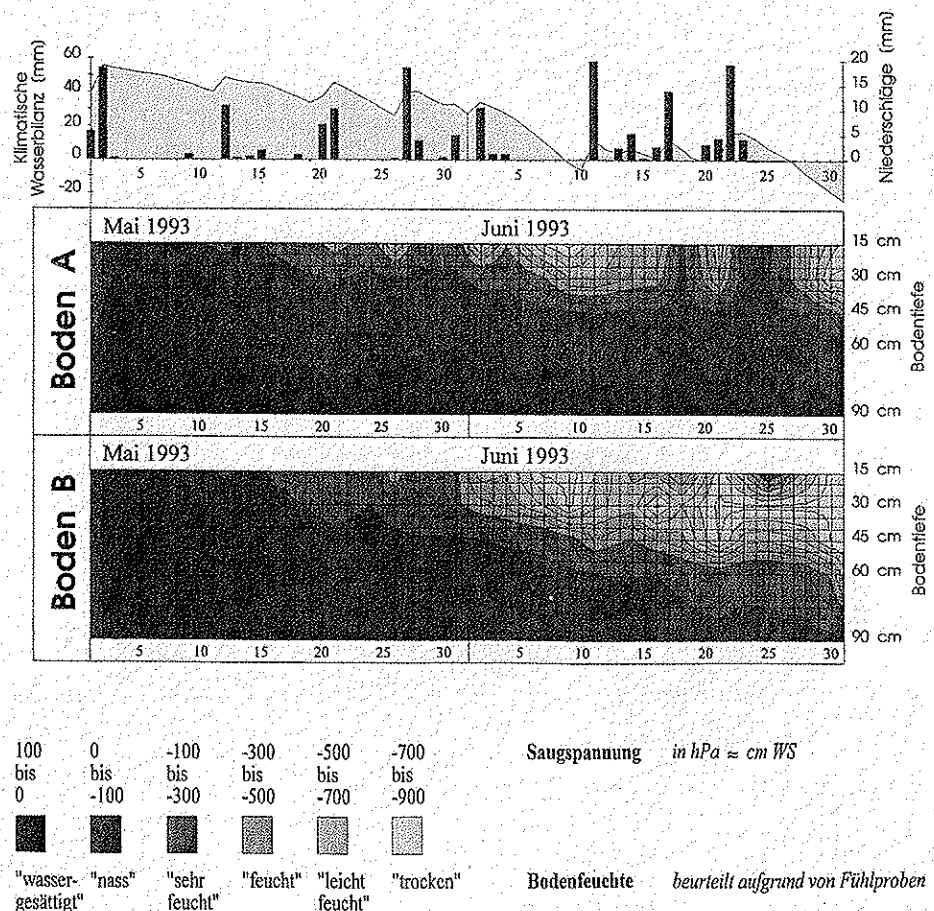


Abb. 1. Saugspannungsverläufe in den Profilen der Böden A und B während der Monate Mai und Juni 1993. Dazu Angaben zur klimatischen Wasserbilanz seit Jahresbeginn (Summe der Niederschläge minus Summe Evapotranspiration) und zur Niederschlagsverteilung während dieses Zeitraumes; Evapotranspiration nach Penman (Doorenbos und Pruitt 1984).

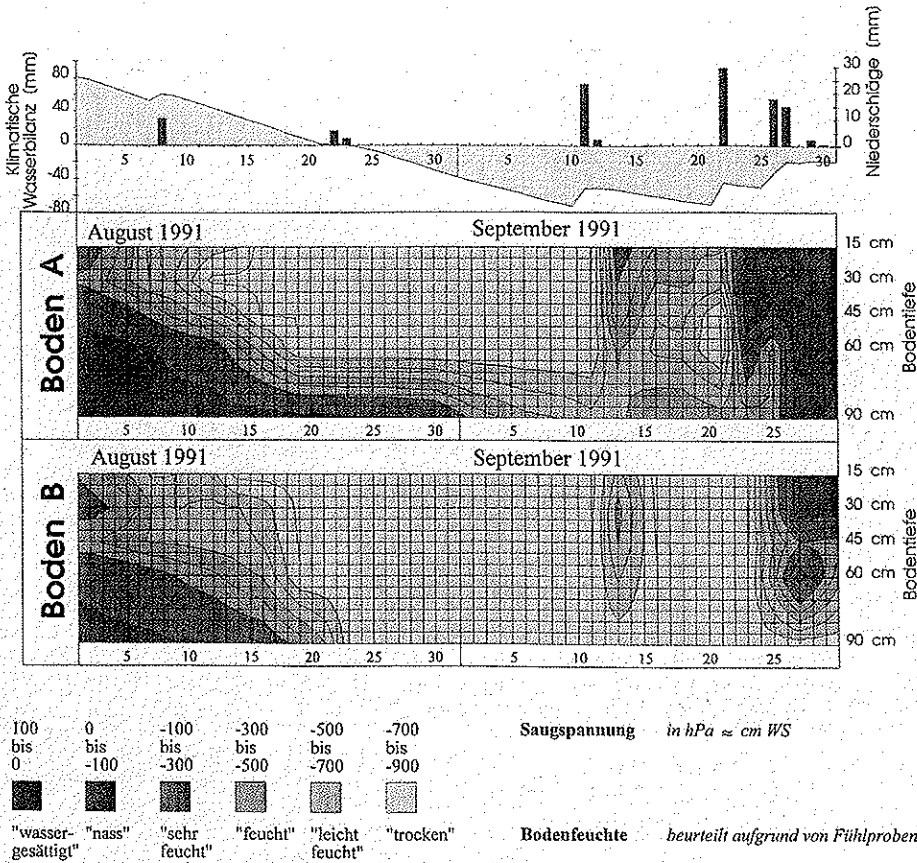


Abb. 2. Saugspannungsverläufe in den Profilen der Böden A und B während der Monate August und September 1991. Dazu Angaben zur klimatischen Wasserbilanz seit Jahresbeginn (Summe der Niederschläge minus Summe Evapotranspiration) und zur Niederschlagsverteilung während dieses Zeitraumes; Evapotranspiration nach Penman (Doorenbos und Pruitt 1984).

Unterschiede zum Boden A zeigen sich als Folge der Juli-Starkregen: Boden B ver-nässt nicht profilumfassend und während längerer Zeit - nur vorübergehend zeigen sich in etwa 30 cm Tiefe Zonen mit eingeschränkter Durchlüftung (vermutlich durch Pflugarbeit verdichtete Bereiche).

Bedeutung für die ackerbauliche Nutzung

Beim Boden A werden Kulturen nur in Ausnahmefällen unter Wassermangel leiden; im Normalfall steht hier das Problem des periodisch stark eingeschränkten Luftaustausches im Vordergrund. Boden B ermöglicht zwar in durchschnittlichen Jahren den meisten Kulturen eine ausreichende Wasserversorgung; auf lange Sicht ist das Risiko von Ertragsausfällen infolge Wassermangel in diesem Boden allerdings grösser als in Boden A. Der entscheidende Vorteil dieses Bodens liegt in seiner relativ guten Durchlüftung auch während niederschlagsreicher Perioden. Der Wasserhaushalt von Böden beeinflusst ausserdem wesentlich deren Befahrbarkeit und Bearbeitbarkeit und damit auch die Anzahl nutzbarer Feldarbeitstage. Wegen seiner häufigeren Vernässung

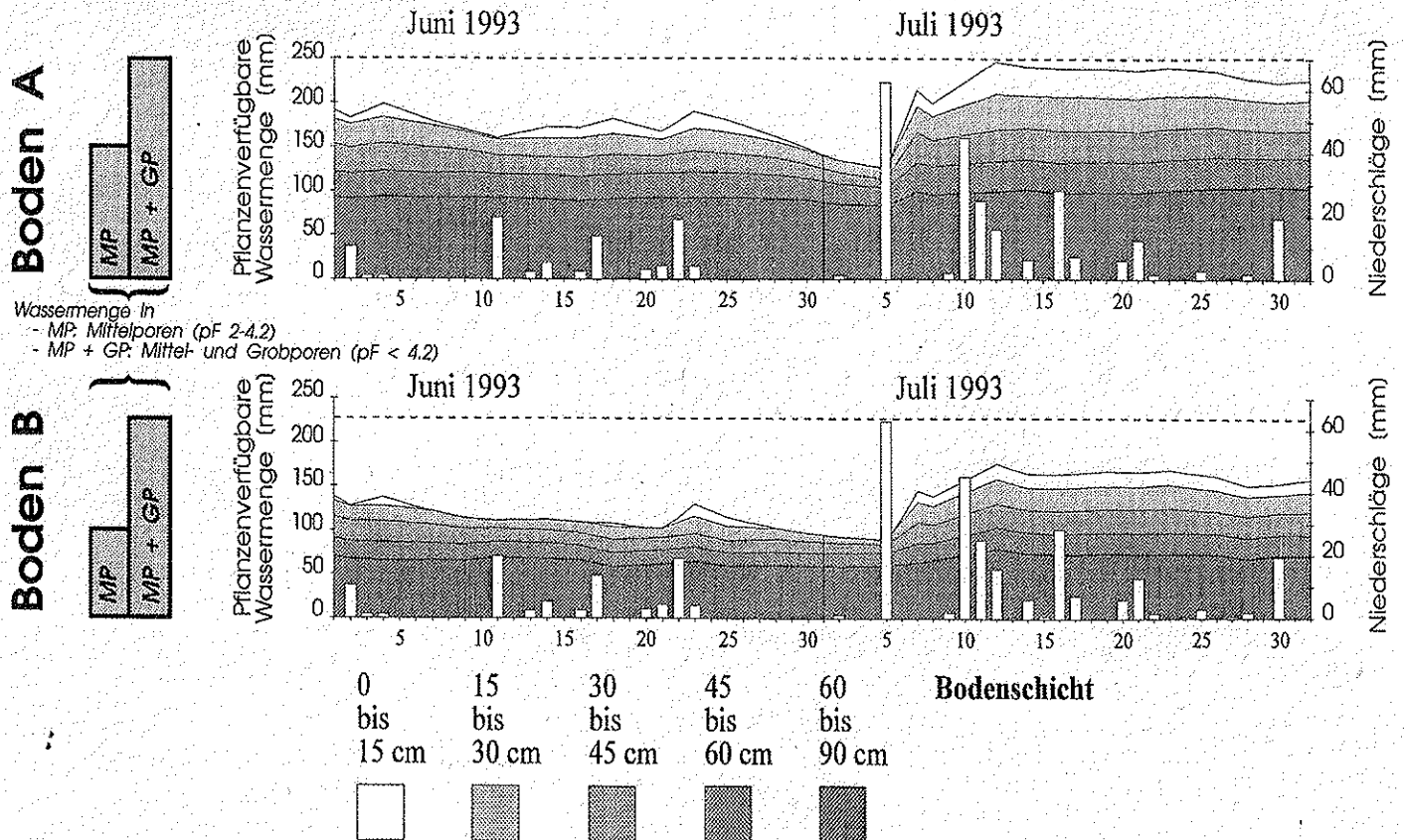


Abb. 3. Theoretisch mögliche und praktisch gemessene Gehalte an pflanzenverfügbarem Wasser in den Böden A und B während der Monate Juni und Juli 1993; dazu Angaben zur Niederschlagsverteilung während dieses Zeitraumes.

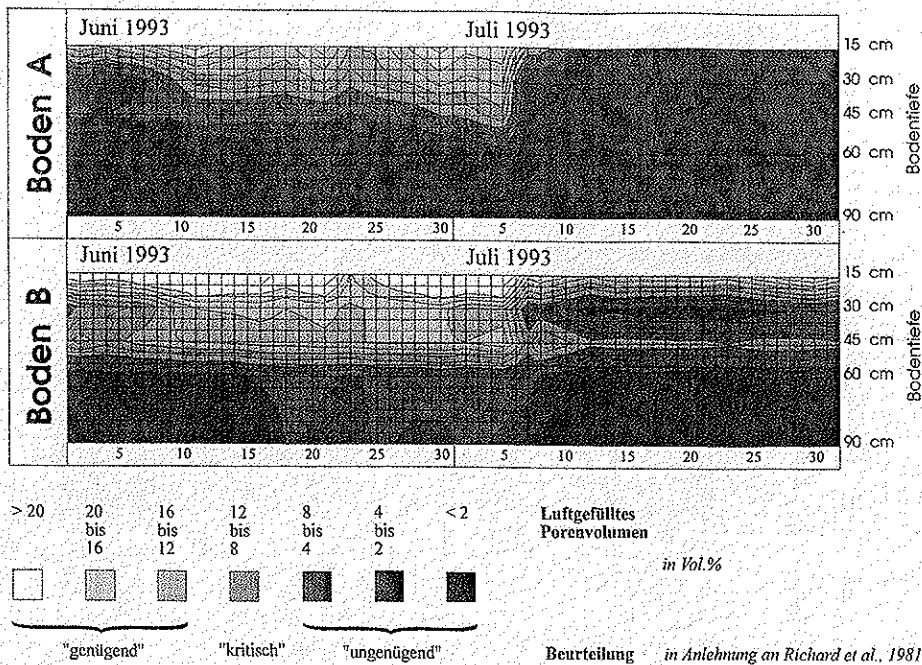


Abb. 4. Verlauf des Anteiles an luftgefülltem Porenvolumen in den Profilen der Böden A und B während der Monate Juni und Juli 1993; Beurteilung der Bodendurchlüftung in Anlehnung an Richard et al. (1981). Angaben zur Niederschlagsverteilung während dieses Zeitraumes in Abbildung 3.

ist Boden A insgesamt schwieriger zu bewirtschaften: Die Terminwahl für Befahrungen und Bearbeitungsmassnahmen ist stärker eingeschränkt, weil insgesamt weniger günstige Gelegenheiten zur Verfügung stehen und deren Verteilung zudem stärker von der Jahreswitterung abhängt. Deshalb ist das Risiko, Arbeiten unter ungünstigen Bodenverhältnissen ausführen zu müssen, grösser als beim Boden B; als Folge davon nimmt das Verdichtungsrisiko zu. Für Tieflockerungsarbeiten ste-

hen dagegen nur wenige geeignete Feldarbeitstage zur Verfügung. Bei gleicher Bewirtschaftung ist deshalb beim Boden A das Problem von Gefügeschäden wesentlich akuter als beim Boden B.

LITERATUR

Doorenbos J. and Pruitt W.O., 1984. Guidelines for predicting crop water requirements. FAO irrigation and drainage paper Nr. 24. FAO, Rom. 144 S.



Abb. 5. Die Messung der Bodenfeuchte als Saugspannung des Bodenwassers erfolgt mit Hilfe von Tensiometern jeweils in 15, 30, 45, 60 und 90 cm Bodentiefe; pro Tiefe mit jeweils drei Tensiometern.

Richard F., Lüscher P. und Strobel T., 1981. Physikalische Eigenschaften von Böden der Schweiz, Band 2. Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Birmensdorf.

Roth K., Schulin R., Flüeler H. and Attinger W., 1990. Calibration of time domain reflectometry for water content measurement using a composite dielectric approach. *Water Resources Research* 26 (10), 2267-2273.

SUMMARY

Water regime of two soils and its influence on plants

A land use adapted to the natural site conditions requires knowledge about the soil reaction to weather and management practices. Measurements during several years on arable land both influenced and uninfluenced by groundwater showed, that the course of precipitation during the growth period significantly affected water and air regime of the soil. Groundwater can improve the water supply of the plants during dry periods but may also disturb aeration up to the top soil layer. The slower drying and more rapid remoistening of groundwater affected soils reduces the number of days suitable for field operations. Consequently, compaction risk is increased. The different aspects of water and air regime are presented in diagrams of soil depth versus time, illustrating spatial and temporal evolution of soil water status.

KEY WORDS: soil type, water supply, soil aeration, workable days.

RÉSUMÉ

Régime hydrique de deux sols et son influence sur les grandes cultures

L'utilisation d'un sol respectant les propriétés naturelles du site exige une connaissance approfondie de sa réaction face aux aléas climatiques et aux divers modes de culture. Des mesures étalées sur plusieurs années ont été faites sur des parcelles de grandes cultures, influencées ou non par une nappe phréatique; elles montrent que le régime des précipitations joue un rôle décisif sur l'économie en air et en eau durant toute la période de végétation.

La présence d'une nappe phréatique améliore la disponibilité de l'eau en période sèche, mais limite parfois l'aération jusque dans la couche de surface. Dans de tels sols, un ressuyage lent, doublé d'une réhydratation rapide, a pour conséquence une réduction des périodes favorables à la circulation des engins et au travail du sol; le risque de tassement est donc accru.

Les divers états d'humidité du sol en fonction de la profondeur et du temps sont représentés graphiquement. Ces graphiques illustrent l'évolution de l'état hydrique dans le temps et l'espace.