Conséquences de la manipulation des plants et de la variation des conditions de croissance sur le comportement d'une culture de pomme de terre, en zone méditerranéenne.

FAHEM Mohamed

CENTRALE LANDBOUWCATALOGUS
0000 0456 7182

Promoteur: Dr.ir. P.C. Struik, Professeur des "Sciences des Grandes Cultures" (régions tempérées).

Co-promoteur: Dr. R. Cortbaoui, représentant régional du Centre International de la Pomme de terre, en Afrique du Nord et au Moyen Orient.

NN08201, 1455

EL FAHEM Mohamed

Conséquences de la manipulation des plants et de la variation des conditions de croissance sur le comportement d'une culture de pomme de terre, en zone méditerranéenne.

Proefschrift
ter verkrijging van de graad van
doctor in de landbouw- en milieuwetenschappen,
op gezag van de rector magnificus,
dr. H.C. van der Plas,
in het openbaar te verdedigen
op maandag 9 december 1991
des namiddags te vier uur in de aula
van de Landbouwuniversiteit te Wageningen.

LVM 9552341

40951

Fahem, M., 1991.

Conséquences de la manipulation des plants et de la variation des conditions de croissance sur le comportement d'une culture de pomme de terre, en zone méditerranéenne.

Thèse de Doctorat, Université Agronomique de Wageningen, Wageningen.

X + 116 p
Résumés français, néerlandais, anglais et arabe.

Résumé:

En zone méditerranéenne, en combinant les différents modes de stockage, il est possible d'éviter ou de réduire l'utilisation du froid, tout en préservant la vigueur des plants. L'efficacité des différentes techniques étudiées dépendra du type de cultivar et de la durée du stockage.
En Culture de Saison (CS) (plantation Janvier - Février), les rendements étaient plus élevés que ceux de la Culture d'Arrière-saison (CAS) (plantation Août - Septembre). Durant cette dernière culture, la couverture du sol était plus importante; alors que pour la culture de saison c'est plutôt la radiation interceptée et l'indice du rendement qui étaient les plus importants.
Indépendamment de la saison de culture, tout retard de plantation entraîne une chute du rendement, malgré une meilleure efficacité de l'utilisation de la radiation et une meilleure vitesse de couverture du sol. C'est plutôt la durée de couverture du sol qui semble déterminer le plus le rendement, plus particulièrement en CS précoce.
En CS les plantations tardives étaient handicapées par les fortes chaleurs estivales à la fin du cycle végétatif, alors qu'en CAS ce sont les basses températures et les jours courts qui ont freiné la croissance végétative.
Les tubercules produits en CS avaient des taux de matière sèche plus élevés que ceux de la CAS, alors que ces derniers étaient moins nombreux et de plus gros calibre.

Mots-clés additionnels: Stockage à la lumière diffuse, âge physiologique, égermage, radiation interceptée, distribution de la matière sèche, initiation des tubercules, indice du rendement, levée, nombre de tiges, couverture du sol, efficacité de l'utilisation de la radiation, distribution du calibre, nombre de tubercules, poids moyen des tubercules et variabilité relative.

BIBLIOTHEEK
LANDBOUWUNIVERSITEIT
WAGENINGEN

NN08201,1455

STELLINGEN

1. La maximalisation de la durée de la couverture du sol ne conduit pas toujours aux rendements les plus élevés, en conditions méditerranéennes.

Cette thèse

2. On obtient les meilleurs rendements en culture de saison précoce (plantation Janvier), bien que la radiation soit faible. Les basses températures augmentent l'efficacité de l'utilisation de la radiation interceptée et l'indice du rendement.

Cette thèse

3. C'est en culture de saison tardive (plantation Mars) qu'on a obtenu les valeurs les plus élevées de l'efficacité de l'utilisation de la radiation pour la production de tubercules (EUR_{tub}) et les plus bas rendements. Dans ces conditions l'EUR_{tub} indique plus une translocation des éléments dans la plante qu'une activité photosynthétique importante.

Cette thèse

4. Les températures élevées des mois d'Août et de Septembre et la mauvaise qualité des plants influencent négativement l'efficacité de l'utilisation de la radiation interceptée par la culture. La maîtrise des techniques d'irrigation et un bon choix qualitatif des plants (âge, calibre et état sanitaire) sont les facteurs les plus importants permettant l'augmentation des rendements en arrière saison.

Cette thèse

5. L'estimation de l'âge physiologique d'un tubercule, en tenant compte uniquement du nombre de degrés jours accumulés ne peut pas suffire, à elle seule, pour l'estimation de sa vigueur.

6. La période d'incubation des plants de pomme de terre n'est pas un bon indicateur de leur vitesse de vieillissement.

7. Les rendements annuels potentiels de la pomme de terre en Tunisie sont plus élevés qu'aux Pays Bas.

8. Initialement le contrôle phytosanitaire au port était appliqué pour limiter la propagation des maladies. De nos jours il est de plus en plus utilisé comme une couverture de la politique protectionniste pratiquée par certains pays.

9. Le savoir faire local constitue la base de tout développement harmonieux de l'agriculture dans les pays du Tiers Monde: les projets de coopération doivent en tenir compte.

10. Le développement économique des pays d'Afrique du Nord ne peut avoit lieu que dans le cadre d'une unité politique.

11. "L'économie: ce n'est pas ce qui est juste, mais ce qui est efficace."

Adam Smith

Stellingen behorend bij het proefschrift van M. Fahem: "Conséquences de la manipulation des plants et de la variation des conditions de croissance sur le comportement d'une culture de pomme de terre, en zone méditerranéenne".

Wageningen, 9 december 1991.

Fahem, M., 1991.

Effecten van de kwaliteit van het pootgoed en de milieu-omstandigheden tijdens de groei op de ontwikkeling van een aardappelgewas in het Middellandse Zeegebied.

Proefschrift, Landbouwuniversiteit Wageningen, Wageningen.

X + 116 p.
Samenvattingen in het Frans, Nederlands, Engels en Arabisch.

Samenvatting:

In het Middellandse Zeegebied is het door combinatie van verschillende bewaartechnieken mogelijk de groeikracht van aardappelpootgoed op peil te houden zonder of met slechts beperkt gebruik van koeling. Daarbij bleek het effect van de verschillende onderzochte technieken af te hangen van het gebruikte ras en van de duur van de bewaring.
De aardappelopbrengsten waren bij voorjaarsteelt (pootdatum januari - februari) hoger dan voor de herfstteelt (pootdatum augustus - september). Tijdens de herfstteelt bereikte de bebladeringsindex hogere waarden dan in de voorjaarsteelt. In het voorjaar waren echter de hoeveelheid onderschepte straling en de oogstindex beduidend hoger.
Voor beide groeiseizoenen gold dat elk uitstel van de pootdatum resulteerde in een opbrengstvermindering, zelfs wanneer een latere pootdatum leidde tot een verbetering van de efficiëntie van de lichtbenutting of een snellere gewasontwikkeling. Vooral de bebladeringsduur bleek goed gecorreleerd met de uiteindelijke opbrengst. Dit was vooral het geval bij een vroege pootdatum tijdens het voorjaarsseizoen.
Bij de voorjaarsteelt bleek een late pootdatum te leiden tot een lagere opbrengst vanwege de hoge temperaturen aan het eind van het groeiseizoen. Bij de najaarsteelt beperkten vooral de lage temperaturen en de korte dag de vegetatieve ontwikkeling.
Bij een voorjaarsteelt bleken de knollen een hoger droge-stofgehalte te hebben dan bij de najaarsteelt. De najaarsteelt resulteerde echter in een lager knolaantal en een grovere knolsortering.

Aanvullende sleutelwoorden: bewaring in diffuus licht, fysiologische leeftijd, kieming, onderschepte straling, droge-stofverdeling, knolaanleg, oogstindex, opkomst, stengelaantal, grondbedekking, lichtbenuttingsefficiëntie, knolgrootteverdeling, knolaantal, gemiddeld knolgewicht, relatieve variabiliteit.

Fahem, M., 1991.

Influence of seed manipulation and environmental factors during the growing season on the growth of a potato crop in the Mediterranean area.

Doctorate thesis, Wageningen Agricultural University, Wageningen.

X + 116 p.
Abstracts in French, Dutch, English, and Arabic.

Abstract

In the Mediterranean area the growth vigour of seed tubers of potato can be kept at a high level by combining different storage techniques, even without or with only short cold storage. The effects of the different techniques investigated depended on the cultivar used and on the duration of the storage.
Crops grown in the main season (planting in January - February), yielded more than crops grown in the autumn season (planting in August or September). In the autumn season, soil cover reached higher values than in the main season. In the main season, however, the amounts of light intercepted and the harvest index were more favourable than in the autumn season. In both seasons, each delay of planting caused a reduction in yield, even though it increased the light-conversion efficiency and the rate of canopy development. Yields were highly correlated with the duration of the soil cover, especially for the early plantings in the main season.
A late planting date during the main season was associated with a severe heat stress at the end of the growing season. In the autumn season, mainly the low temperatures and the short photoperiod were limiting the canopy development.
Tubers produced during the main season had higher dry-matter contents than tubers produced during the autumn season. Autumn crops produced fewer tubers per unit area, but the size distribution was shifted towards the larger sizes.

Additional key-words: diffuse-light storage, physiological age, germination, intercepted radiation, dry-matter partitioning, tuberization, harvest index, emergence, number of stems, soil cover, light-conversion efficiency, tuber-size distribution number of tubers, average tuber size, relative variability.

الخلاصة :

إن لطريقة تخزين بذور البطاطا تأثير كبير على جودتها . يعتمد الأساس في اختيار هذه الطريقة على الصنف المزمع تخزينة وكذلك الفترة الزمنية للتخزين . في حالة التخزين لفترات قصيرة أو متوسطة (٣ - ٤ أشهر) يمكن اتباع الطريقة التقليدية أو بمكملان به ضوء أو بكليهما . أما في حالة التخزين لمدة طويلة فيكون التبريد الوسيلة الفعالة للمحافظة على جودة المخزون . في هذه الحالة يمكن استعمال الطريقة المزدوجة (تقليدية + ضوء) في حالة تخزين الأصناف التي تتمتع بالقابلية لذلك (مثال صنف كلوستار) مع انخفاض طفيف في الإنتاج (حوالي ١٠ ٪) .

يعتبر انتاج الوراعة الفصلية أعلى انتاجا من الوراعة الخريفية وذلك لعدة عوامل أهمها الظروف المناخية والحالة الفسيولوجية للبذور .

أن عاملا الحرارة وطول المدة الزمنية المناسبة للنمو عند تنبيت البطاطا يعتبران من أهم عوامل التحكم في الإنتاج في المنطقة المتوسطة ولهذه العوامل أهمية أكبر بالنسبة للوراعة الخريفية . أما بالنسبة للوراعة الفصلية فتعتبر أكثر نجاحا عند زراعتها مبكرا في أول يناير .

وإن لعاملي الحرارة والأشعة أهمية كبيرة في التحكم في الإنتاج وتختلف أهمية تلك العوامل بإختلاف الفصول وميعاد الوراعة .

ونتيجة لهذه العوامل فإن نوعية المنتج تختلف بإختلاف ظروف الإنتاج وإن الدرنات المنتجة خلال الوراعة الخر فية تكون أكبر حجما وأقل كثافة نوعية وعلى عكس ذلك بالنسبة للمنتج من الوراعة الفصلية . .

Remarques:

- Les publications citées dans cette thèse sont ou seront publiées dans le "Potato Research". Cependant certaines modifications ont été faites lors de la réalisation de la présente thèse.

- Une liste des abréviations a été présentée dans une page à part.

- Je remercie vivement le comité de rédaction du "Potato Research" pour m'avoir accordé la permission d'inclure ces publications dans cette thèse.

Table des matières:

1. Introduction générale. 3

2. The effect of storage conditions on subsequent field performance of potato seed tubers in TUNISIA.
Publié au Potato Research 31 (1988) 37-47. 8

3. Comparison of the growth of potato crops grown in autumn and spring in North Africa.
Publié au Potato Research 31 (1988) 557-568. 19

4. Influence de l'origine et du mode de stockage des plants sur leurs performances, en conditions méditerranéennes.
I: Influence de la date de plantation sur la levée, le nombre de tiges et le rendement.
(Soumis pour publication). 31

5. Influence de l'origine et du mode de stockage des plants sur leurs performances, en conditions méditerranéennes.
II: Influence de la date de plantation sur la vitesse de couverture du sol, l'efficacité de l'utilisation de la radiation et la distribution de la matière sèche.
(Soumis pour publication). 57

6. Influence de l'origine et du mode stockage des plants sur leurs performances, en conditions méditerranéennes.
III: Influence de la date de plantation sur la distribution du calibre.
(Soumis pour publication). 93

7. Discussion générale. 107

8. Conclusion générale. 114

9. Liste des abréviations. 116

Remerciements:

Il m'est agréable, à la fin de ce travail, d'adresser mes sincères remerciements au Prof. dr. ir. P.C. Struik, qui a bien voulu accepter de diriger mes recherches. Qu'il trouve ici l'expression de ma profonde gratitude.

Mes remerciements vont également à Mr M. Azzouz, directeur du Centre de Perfectionnement et de Recyclage Agricole de Saïda (TUNISIE), pour les efforts inlassables qu'il n'a cessé de déployer, aussi bien durant la phase de réalisation des expériences que celle de l'élaboration du texte définitif, pour la réussite de ce travail. Qu'il trouve ici la juste récompense de sa volonté soutenue de réussir ce travail.

Je présente mes vifs remerciements au Centre International de la Pomme de terre, à travers son représentant en Afrique du Nord, le dr. ir. R. Cortbaoui, pour son assistance matérielle et scientifique à la réalisation de ce travail et au dr. ir. J.S. Benz, pour ses encouragements.

Je remercie vivement le dr. ir. A. Haverkort, pour les efforts qu'il a fourni pour le démarrage de ce travail.

Mes remerciements vont aussi au dr. ir. M. Ben Kheder, de l'Ecole Supérieure d'Horticulture de Chott Meriem (TUNISIE), pour les efforts qu'il a fourni pour la réalisation de la version finale de ce document.

Que mesdames I.C. Van Schouwenburg, M. Dusarduijn et messieurs ir. L. Mol, H. Stomphorst, dr. ir. J. Vos, drs. J.H. Neuteboom, dr. ir. K. Scholte et K. Wind du Département des Grandes Cultures et des Cultures Fourragères de l'Université Agronomique de

Wageningen et madame N. Kmicha et messieurs M. Amar, M. Djemaï, T. Oueslati et Y. Kayantao du CPRA de Saïda, trouvent ici l'expression de mes sincères remerciements pour l'aide qu'ils ont apportée sous des formes diverses, à l'exécution correcte de ce travail.

Au Ministère de l'Agriculture de Tunisie pour son appui logistique et financier, à l'Université Agronomique de Wageningen pour m'avoir pris en charge durant mon séjour aux Pays Bas et à la fondation "Fonds Landbouw Export Bureau 1916/1918" pour sa contribution à la préparation de la présente thèse, je tiens à exprimer ma vive gratitude.

CHAPITRE 1

Introduction générale:

Dans beaucoup de pays, la pomme de terre est cultivée durant plusieurs saisons de culture, contrairement à ce qu'on voit en Europe. En Tunisie, cette culture peut être pratiquée durant la période qui s'étend du mois de Septembre jusqu'au mois de Juin (figure 1). Les hautes températures estivales limitent son extension durant le reste de l'année.

La culture de printemps (saison) représente environ 60% de la production nationale, suivie par la culture d'automne (arrière-saison) avec environ 30% et la culture d'hiver (primeur) avec les 10% restants. Le principal facteur qui a permis à la culture de saison d'occuper la première place est la bonne qualité des plants importés ainsi que les conditions favorables au cours de la croissance. Il n'en est pas de même pour les deux autres cultures, qui souffrent surtout de la mauvaise qualité des plants, due essentiellement à leurs conditions de production et de stockage.

Jusqu'à ces dernières années, la culture de primeur s'approvisionnait totalement à partir de plants importés. Ces derniers, arrachés en Août puis stockés au froid, arrivent en Tunisie à partir du mois de Novembre alors qu'ils sont encore mal réveillés. Les agriculteurs, n'ayant pas la tradition de pratiquer la prégermination, utilisent ces plants alors qu'ils sont encore au stade de la dominance apicale, parfois même avant la rupture de la dormance. L'action des conditions de croissance (jours courts et basses températures) durant cette période de l'année (Novembre - Décembre) vient amplifier les effets néfastes

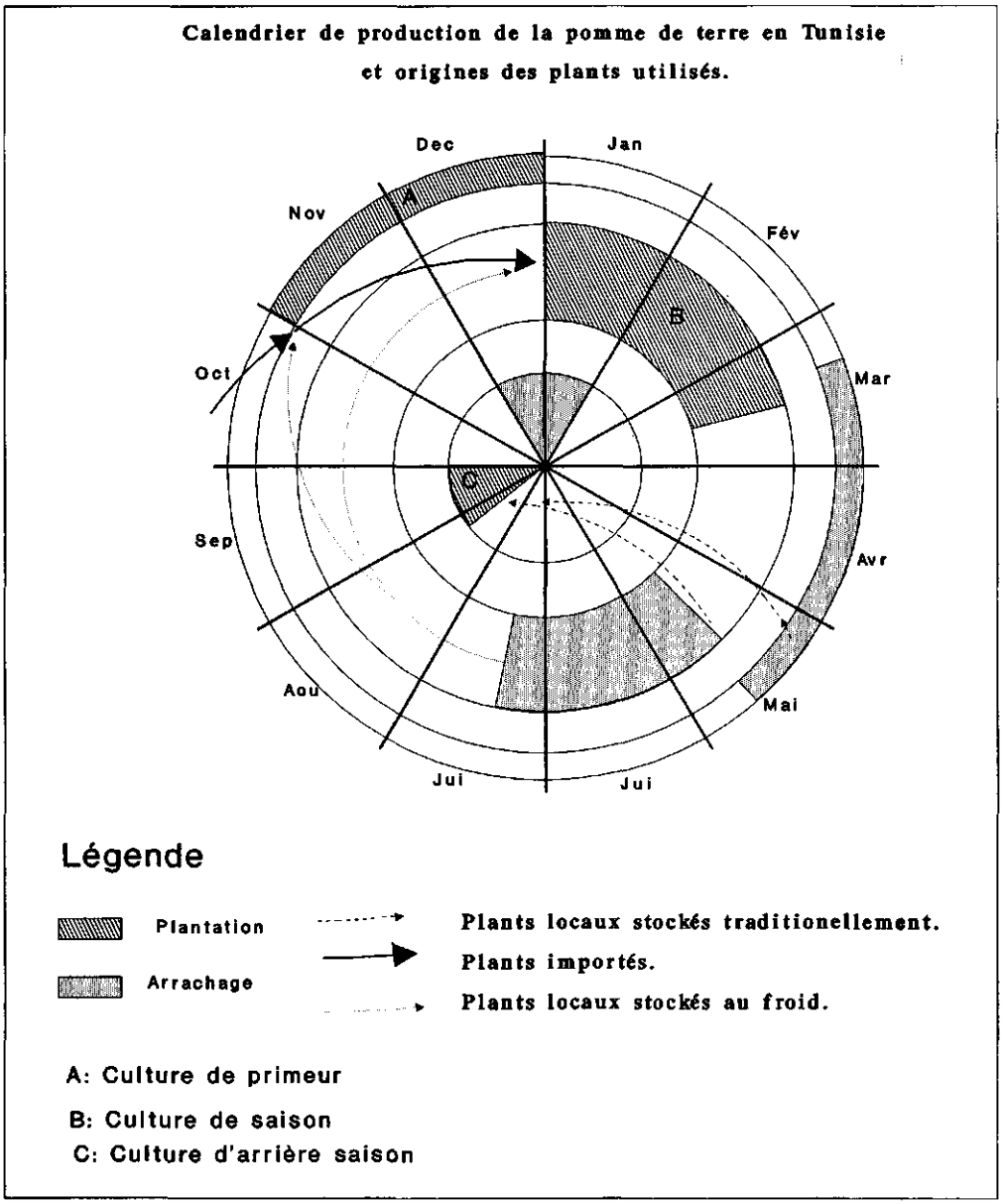


Fig. 1. Calendrier de production de la pomme de terre en Tunisie d'après Horton et al. (1990).

de la mauvaise qualité des plants. La culture issue est alors caractérisée par des plantes monotiges, un nombre réduit de tubercules et une mauvaise couverture du sol, d'où le mauvais rendement.

La culture de saison s'approvisionne jusqu'à nos jours uniquement à partir des plants importés. L'utilisation de ce type de plants engendre différents problèmes. Le premier est d'ordre économique puisque cette importation coûte au pays environ 8 Millions de DT (1 Dinar tunisien= ± 1.2 Dollar), alors que le second est d'ordre sanitaire. En effet, avec un tel type de plants, l'arrachage est souvent effectué à partir de fin Mai pour se prolonger jusqu'à début Juillet, période durant laquelle les températures sont déjà très élevées (Tmax > 30 °C) et les risques des attaques de la teigne (*Phthorimaea operculella*) très importants.

Durant cette même période, les hautes températures activent le vieillissement des plantes, alors que la croissance des tubercules n'est pas totalement achevée.

En culture d'arrière-saison, les plants utilisés sont produits localement à partir de la culture de saison. Ils sont souvent des écarts de tris, difficilement vendables pour la consommation (petits calibres ou tubercules blessés). Ces pratiques ont entraîné quatre problèmes principaux:

- Problèmes physiologiques: Comme il s'agit d'une culture de saison, l'arrachage est effectué tardivement. Les plants ainsi produits seront replantés avant la rupture de la dormance ou au stade de la dominance apicale.
- Problèmes climatiques: La plantation de cette culture a lieu à partir de fin Août, période durant laquelle les températures

sont encore élevées.

- Problèmes phytosanitaires: Au cours de la production, aucune sélection sanitaire, ni le choix d'une date d'arrachage appropriée ne sont effectués.

- Problèmes du calibre: Ces tubercules sont souvent de petit calibre (≤ 35 mm).

Dans ces conditions, cette culture est caractérisée par la faible vigueur des plants (petit calibre), par une levée et une croissance lentes, un pourcentage parfois élevé de manquants et des plantes monotiges produisant un nombre réduit de tubercules.

La situation telle qu'elle est décrite ci dessus, a rendu nécessaire la mise en place d'un programme d'amélioration de la culture de la pomme de terre. A partir de l'année 1976-1977, la Tunisie a lancé un programme de production de plants améliorés, dans le cadre de la coopération avec le Centre International de la Pomme de terre (CIP). Ce programme avait pour objectif l'amélioration de la qualité physiologique et sanitaire des plants destinés aux cultures d'arrière-saison et de primeur. Depuis ce temps, des améliorations très importantes ont été réalisées:

- En culture d'arrière-saison, la qualité des plants s'est nettement améliorée suite à l'amélioration de leurs qualités physiologiques et sanitaires (épuration et arrachage précoce). Mais malgré ces améliorations, le rendement de cette culture reste nettement inférieur à celui de la culture de saison. Cette différence parait provenir de conditions de croissance différentes.

- En culture de primeur, des résultats très encourageants ont été

obtenus, suite à l'utilisation de plants locaux arrachés en Mai et stockés au frigo durant quatre à cinq mois.

- En culture de saison, la même technique est en cours d'essai sur des plants stockés au frigo durant 7 à 8 mois.

Malgré ces améliorations, les potentialités de production de cette culture restent sous exploitées. En effet, vu les particularités climatiques de la zone méditerranéenne, un inventaire des différents problèmes que rencontre cette culture dans la région s'avère très utile pour améliorer la production, voire même pour la mise en place d'un calendrier de multiplication pour les plants locaux.

Certes, on est au début du chemin pour parler d'un système cohérent de production de plants, ce qui explique la mise en place d'une série de programmes de recherche, dont fait partie ce travail.

Le travail présenté ici, consiste en premier lieu en la mise au point d'une technique de stockage appropriée pour les cultures de primeur et de saison et où le maintien des performances physiologiques et la réduction du coût seront les objectifs.

La seconde partie consiste à étudier l'influence de la différence des conditions de croissance, entre les cultures de saison et d'arrière-saison, sur le comportement d'une culture de pomme de terre.

La dernière partie de cette série d'expériences, sera consacrée à l'étude de l'influence de l'origine et du mode de stockage des plants sur leur performance en conditions méditerranéennes et ce en utilisant les trois cultivars "Atica", "Spunta" et "Désirée".

Références bibliographiques:

-Horton, D. & R. Cortbaoui, H. Hattab and A. Monares, 1990. Impact of Agricultural Research - A Seed Potato Project in Tunisia. Quarterly Journal of International Agriculture 29: 1.

CHAPITRE 2

Potato Research 31 (1988) 37–47

The effect of storage conditions on subsequent field performance of potato seed tubers in Tunisia

J. S. BENZ [1]* and M. FAHEM [2]

[1] International Potato Center, Region V, 11 rue des Orangers, 2080 Ariana, Tunisia
[2] Centre de Perfectionnement et Recyclage Agricole, C.P.R.A., Saida, Tunisia

Accepted for publication: 14 July 1987

Additional keywords: diffused-light storage, physiological age, desprouting

Summary

Seed tubers of four cultivars were grown under similar conditions and harvested simultaneously. They were stored in traditional dark storage, diffused-light storage, or cold storage, and with combinations of these three methods for 150 or 230 days beginning in the hot, dry summer period. The effect of storage conditions on emergence, stem and tuber number, tuber size distribution and yield is discussed.

Results suggest an optimal combination of storage method, cultivar choice, and sprout management practices may be achieved to obviate the need for cold storage in warm climates. Emergence and yield were consistently good for the 150-day storage period when traditional storage was followed by diffused-light storage. The same technology gave promising results for the 230-day period with cultivars Claustar or Désirée when seed was desprouted prior to planting.

Introduction

Under the prevailing hot, dry summer conditions of North Africa, storage of local seed tubers is restricted to short periods. Therefore, imported seed has to be used for later plantings. If appropriate low-cost storage technologies were available, would it be economical to store local seed over a longer period for the later plantings and still have the seed maintain its productivity?

That postharvest practices strongly influence performance of the seed is well-documented (Iritani, 1968; Perennec & Madec, 1980; Reust, 1982; Moll, 1985). In particular, seed quality is affected by the length of the storage period and by storage temperatures (Burton, 1966; Wurr, 1978; O'Brien et al., 1983).

Most investigations, however, were done within a temperature range of 2 °C to 12 °C and sometimes to 20 °C. In many developing countries, ambient temperatures during storage are higher and cold stores are often unreliable or unavailable. Low-cost storage technologies that use the effect of light upon sprout growth may serve, to a certain extent, as an alternative to cold storage (Sparenberg, 1981; Potts et al., 1983). This diffused-light storage technology has been widely adopted in the cool tropical highlands. Field performance in warm environments of locally multiplied seed stored under

* Present address: International Potato Center, P.O. Box 5969, Lima, Peru.

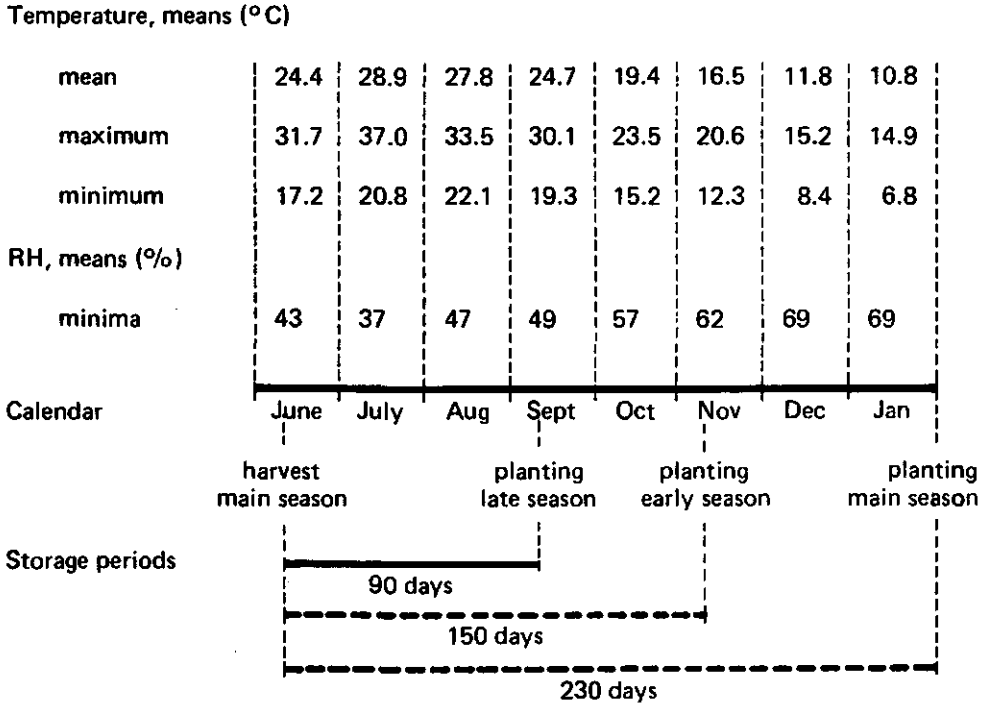


Fig. 1. Potato production calendar and mean environmental data during storage periods in Tunisia (1984–85).

diffused-light indicates that cold storage is not always necessary (Carls & Caesar, 1979; Wiersema & Booth, 1985).

In Tunisia and throughout North Africa potatoes are planted three times a year (Fig. 1) but local seed is used for only one of these plantings. In Tunisia, local seed is produced during the main season crop which is planted with imported seed during January and February and harvested in early June. Farmers keep the seed from this harvest and store it for 90 days to plant the late season crop in September. The early season crop is planted during November and December from imported seed.

A first step toward increasing reliance on locally produced seed would be to store seed for 150 days for the planting of the early season crop. A second step would be to store local seed from one main season to the next, a period of approximately 230 days. These are in fact goals of the Tunisian seed programme.

The aim of the present study was to identify storage technologies which would result in good yields from local seed in early and main season crops.

Materials and methods

Class A seed was imported and multiplied during the main season crop. Seed was harvested at maturity in early June and prestored for two weeks under ambient temperature conditions for curing. Insecticide (Parathion) for potato tuber moth control was

applied. Seed was then stored for 150 and 230 days and evaluated in the field.

The cultivars Spunta and Atica were used in the 1983–84 and 1984–85 trials, and cultivars Claustar and Désirée were added in the 1984–85 experiments. All four cultivars are on the official Tunisian variety list.

Storage phase

Mean environmental conditions during storage (Fig. 1). During the first part of the storage period mean temperatures were high, maxima-minima fluctuations were great, and relative humidity (RH) was low during the day. Between September and January, temperatures gradually decreased and RH increased.

Storage types. The three types of storage facilities available in Tunisia were used.
1. Traditional store. Potatoes were stored under shelter in heaps (1 m high) covered with thick layers of straw having good insulatory characteristics. This technique is widely used by farmers to store seed for 90 days for late season plantings (early September). During the hottest part of the storage phase (July–August), mean temperatures (1984 data) in the heap, compared to ambient air temperatures, were slightly lower (−1.8 °C) and more stable (daily fluctuations 3.6 °C vs. 17.0 °C), and RH was higher.
2. Diffused-light store. Seed was stored in stacked-up trays at ambient air temperatures and exposed to natural, indirect light. A simple wooden structure with a large overhanging roof and transparent walls of plastic open-mesh screening was used to achieve this.
3. Cold store. A system with several chambers equipped with individual refrigeration units was used. The temperature was gradually lowered from 18 °C to 6 °C during the first two weeks of the storage period and then maintained at 6 °C. Potatoes were presprouted 20 days before planting.

Storage methods. Continuous storage in traditional, diffused-light or cold storage was compared with two combinations of storage methods.
1. Traditional storage (T) followed by diffused-light storage (L). The traditional farmers' technique, well adapted for short-term storage, was used first and then supplemented by L.
2. Cold storage (C) followed by diffused-light storage (L). The objective was to reduce the costly cold storage period and to complement it, during the cooler part of the storage period, by a longer period in L than usually needed for the presprouting of cold-stored seed.

Storage methods for periods of either 150 days or 230 days are summarized in Fig. 2. The experiments were conducted twice, with two exceptions. In 1984–85 the 130 C + 100 L treatment was added to the study design and the 230 L treatment was not planted because of severe potato tuber moth damage. Accumulated storage temperatures were calculated, and weight and tuber number loss were assessed (manuscript in preparation).

Field phase

Field experiments were carried out under farm conditions at two different sites, representative of the early (150 day storage) and main season (230 day storage) potato

production zones. Field layout in all experiments was a complete randomized block design with four replicates. Plot size was a bordered area of 4 rows of 25 plants each with a density of 44 000 plants/ha.

150-day storage period. Seed stored for 150 days was planted in mid-November and harvested in mid-March as an early season crop in a coastal area with low frost risk, 150 km south of Tunis. The growing period was characterized by low mean temperatures (13.1 °C) and short day lengths throughout the season.

230-day storage period. Seed stored for 230 days was planted at the end of January and harvested in early June at the Saida Agricultural Station, close to Tunis. Climatic conditions during emergence were characterized by low temperatures (February mean temperature 12 °C) and abundant rainfall. During the growing season, temperatures and day length gradually increased and rainfall decreased. During the last month of the growing period, temperatures were already high (mean 20 °C) and irrigation was applied regularly.

Additional comparisons. After storing for 230 days, with 130 or 150 of these in diffused-light (100 C + 130 L, 80 T + 150 L), sprouts were 4 to 5 months old but were nevertheless short. Half of the tubers from both storage methods were desprouted two weeks before planting; the other half was planted with old sprouts intact. This was done in 1984–85 for 'Atica', 'Claustar' and 'Désirée'.

Observations. Percentage emergence was assessed at 20 and 50 days after planting. All treatments were harvested when most of the plots were mature. Above ground stem number, yield in weight and tuber number excluding the smallest tubers (less than approx. 5 g), as well as the proportion of first grade tubers (large sized tubers marketable at the highest price; average tuber weight approx. 150 g) were assessed. Data were subjected to analysis of variance using angular transformed values for percentages and square root transformed values for stem and tuber counts.

Results

Because field trials were conducted at different sites during different growing seasons, the results are presented separately for the two storage periods.

150-day storage period. In general, cold-stored seed outyielded seed stored without any mechanical cooling (Tables 1 and 2). The length of the presprouting period in diffused-light after cold storage had no clear effect on yield. When no refrigeration was applied, diffused-light storage (L), whether continuous or combined with traditional storage, produced an overall average of 10 % higher yields compared to continuous traditional storage.

The effects of storage methods on yield were consistent within the same cropping season but quite variable between years (Table 1). Average yield in 1984–85 was 54 % higher than in 1983–84. Yield differences between years were higher for non-refrigerated seed (95 %) than for cold-stored seed (22 %). This indicates that the higher temperature accumulation of 500 °C day-degrees in the first year (Fig. 2) for non-refrigerated seed had a marked effect upon physiological seed quality and subsequent

Table 1. Field performance of two cultivars following different storage methods for 150 days.

Storage method[1]	Cultivar	Emergence (%)		Mean	Yield (t/ha)		Mean
		1983 – 84	1984 – 85		1983 – 84	1984 – 85	
150T	Spunta	50.0**	96.5	85.5 c	6.1**	27.3	20.0 d
	Atica	96.3	99.5		20.4	26.4	
80T + 70L	Spunta	99.3	99.5	99.6 a	15.8	32.9	22.2 c
	Atica	100	99.5		14.5	25.7	
150L	Spunta	85.8*	100	94.6 b	12.8*	31.9	22.4 c
	Atica	99.8	99.8		18.2	26.6	
100C + 50L	Spunta	99.8	100	99.7 a	31.1	34.8	29.4 b
	Atica	99.0	100		20.1	31.5	
130C + 20L	Spunta	99.0	96.0	98.6 ab	31.5	35.8	31.8 a
	Atica	99.3	100		27.5	32.4	
	Mean	92.8**	99.1		19.8**	30.5	

*, ** Differences between years, $P<0.05$ and $P<0.01$, respectively.
Means followed by a common letter are not significantly different by LSD test at $P<0.05$.
[1] For explanation see Fig. 2.

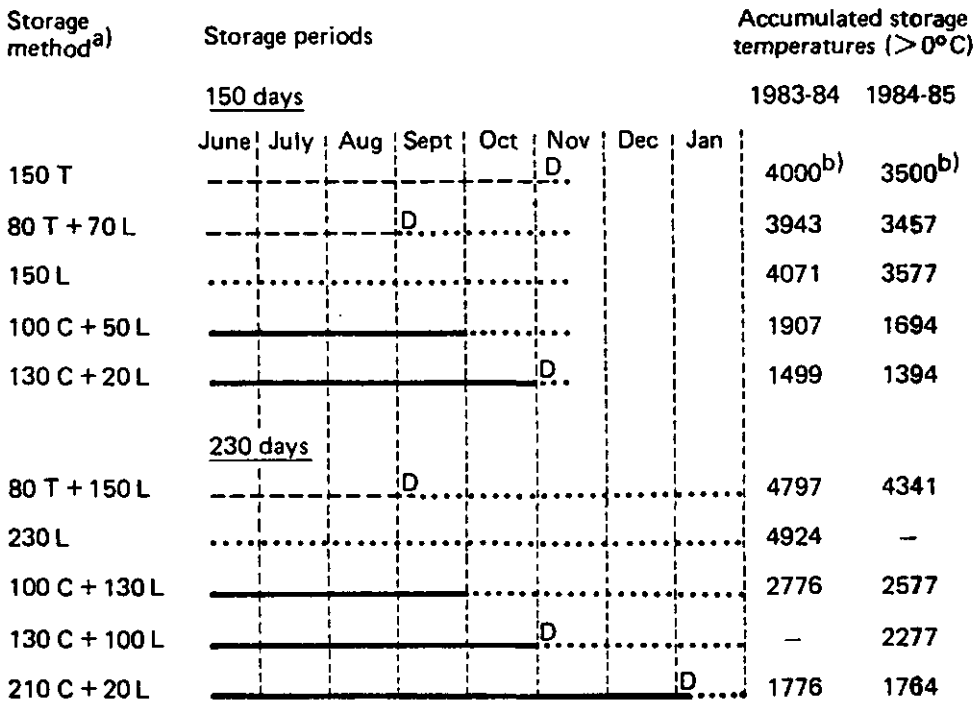
yields. This effect was particularly clear for 'Spunta'.

Similar interactions between storage method, year, and cultivar were observed for percentage emergence. 'Spunta' kept continuously in traditional storage or in diffused-light storage had a poor emergence in 1983 – 84 due to 'little potato' formation (Table 1). In general, seed stored without cooling emerged faster than cold-stored seed.

Table 2. Field performance of seed stored for 150 days with different storage methods (average of 4 cultivars; Spunta, Atica, Claustar, Désirée; 1984 – 85).

Storage method	Emergence (%)	Stems/plant	Tubers/plant	Yield (t/ha)
150T	96.8 b	4.0 a	10.1 a	26.0 c
80T + 70L	99.3 a	3.5 b	9.2 a	28.2 b
150L	99.6 a	4.2 a	9.7 a	28.0 b
100C + 50L	97.3 ab	3.1 c	9.5 a	31.3 a
130C + 20L	94.5 b	3.4 bc	10.5 a	31.0 a

Means followed by a common letter are not significantly different by LSD test at $P<0.05$.



a) T = traditional storage (– – –)
L = diffused-light storage (• • • •)
C = cold storage (——)
Numbers represent the number of days seed was stored.

b) Estimation

D = Desprouting

Fig. 2. Storage methods and temperature accumulation during two storage periods.

No consistent relationship between storage method and stem or tuber number was observed. In 1984–85, seed stored without refrigeration produced a higher stem number but this did not lead to a higher tuber number (Table 2). Differences in tuber number were more variable between years (overall average 5.8 and 9.2 tubers/plant in 1983–84 and 1984–85, respectively) than between storage methods (Table 2) or cultivars.

230-day storage period (Table 3). Field performance as affected by storage method varied strongly between cultivars. 'Claustar' and 'Désirée' yielded 20 t/ha when stored without any mechanical cooling, whereas no or very low yields were obtained for 'Spunta' and 'Atica'. This paralleled the results obtained for the latter two cultivars in the 1983–84 experiment. The magnitude of differences between storage methods

Table 3. Influence of storage method on field performance of four cultivars following different storage methods for 230 days (1984 – 85).

	Storage method	Spunta	Atica	Claustar	Désirée
Emergence (%)	80T + 150L	0 b	17.0 c	92.3 b	95.5 a
	100C + 130L	91.5 a	81.0 b	96.0 ab	96.3 a
	130C + 100L	96.5 a	93.0 a	98.0 a	98.5 a
	210C + 20L	94.8 a	97.0 a	91.8 b	97.5 a
Stems/Plant	80T + 150L	0 c	1.8 c	2.7 b	3.2 b
	100C + 130L	2.6 b	2.9 b	3.0 b	3.3 b
	130C + 100L	2.8 b	2.7 b	2.6 b	3.4 b
	210C + 20L	4.4 a	6.1 a	4.1 a	4.6 a
Tubers/Plant	80T + 150L	0 b	2.9 c	6.8 b	7.5 b
	100C + 130L	6.0 a	5.4 b	8.4 ab	10.1 ab
	130C + 100L	6.7 a	5.7 b	8.7 ab	9.6 ab
	210C + 20L	7.4 a	13.1 a	10.6 a	11.7 a
Total yield (t/ha)	80T + 150L	0 c	0.6 d	21.5 c	20.2 c
	100C + 130L	21.4 b	13.6 c	20.1 c	24.9 b
	130C + 100L	24.6 a	17.3 b	24.7 b	27.0 b
	210C + 20L	24.8 a	27.3 a	29.0 a	32.0 a
1st grade tuber size (%)	80T + 150L	0 b	17 b	51 a	30 b
	100C + 130L	56 a	63 a	49 a	54 a
	130C + 100L	63 a	63 a	50 a	57 a
	210C + 20L	67 a	43 a	43 a	45 a

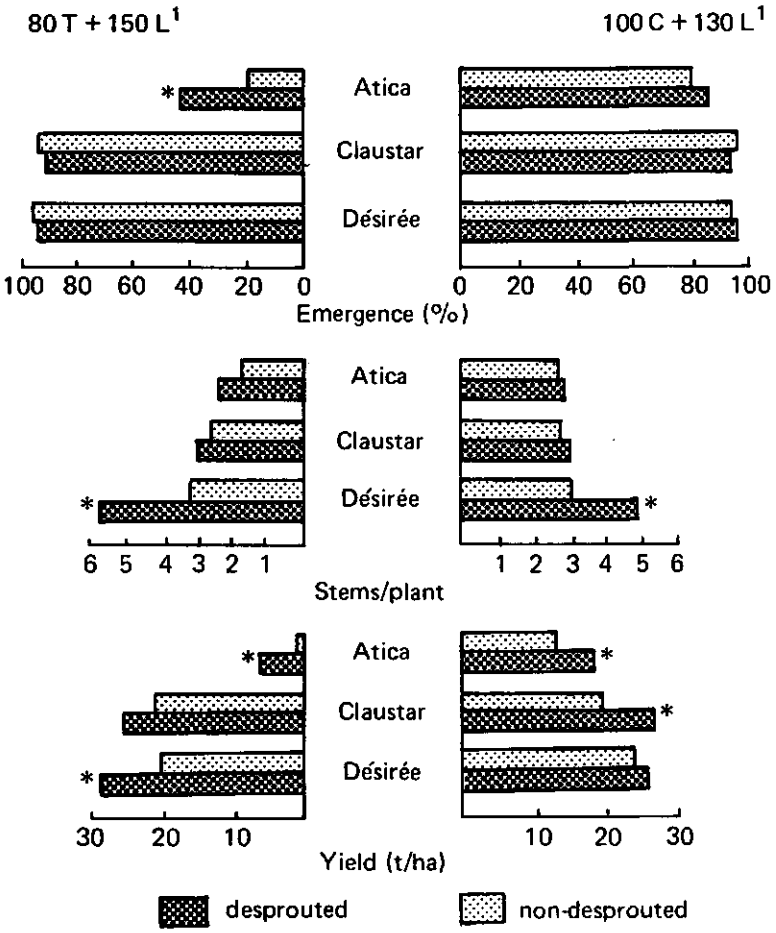
Means followed by a common letter within a column are not significantly different at $P < 0.05$ by DMR test.

for all parameters measured was less pronounced for 'Claustar' and 'Désirée'.

Percentage emergence was clearly affected by storage method. Seed of 'Spunta' and 'Atica' stored without refrigeration was physiologically too old and the 'little potato' phenomenon occurred. All seed lots that were not kept continuously in cold storage produced significantly lower stem and tuber numbers. Little differences were found in tuber size distribution; only the non-refrigerated seed tended to have a smaller portion of first grade tuber sizes. Although not measured, we observed a more vigorous foliage growth and a better ground cover for continuously cold-stored seed.

Additional comparisons. Seed stored for a long period in diffused-light (80 T + 150 L; 100 C + 130 L) showed excessive sprout branching and hardening of the sprout tips. Field performance of the seed was markedly improved when these old sprouts were removed prior to planting. More than 80 % of the non-desprouted seed tubers of 'Atica' stored without any cooling, did not emerge and 'little potato' formation was observed (Fig. 3). With desprouting the percentage emergence more than doubled. Emergence for 'Claustar' and 'Désirée' was almost 100 % irrespective of storage method and sprout management.

With desprouting, the stem number increased slightly for 'Atica' and 'Claustar' and more than doubled for 'Désirée'. Desprouted seed produced higher yields, an overall



1) Storage method

* Difference between desprouted and non-desprouted significant at p = 0.05

Fig. 3. Field performance of three cultivars as affected by desprouting and storage method (1984–85).

average of 33 % more than non-desprouted seed. For example, desprouted 'Désirée' seed tubers stored without refrigeration produced 29.1 t/ha (Fig. 3), which is almost as much as when kept continuously in cold storage (32.0 t/ha) (Table 3).

Discussion

Our data agree with Burton (1966), Reust (1982) and Moll (1985), in showing important influences of postharvest practices on subsequent plant vigour and yield potential.

Highest yields were from cold-stored seed. However, our data clearly show improved field performance of seed stored with low-cost techniques through integration of the following three factors:

1. Selection of cultivars with good storability
The magnitude of the yield response to storage conditions varied between cultivars. Deleterious effects of long-term storage without mechanical cooling were less pronounced for 'Désirée' and 'Claustar'. Reust (1982) noted, which is in agreement with our results, that 'Désirée' was among the cultivars with small yield depressions when seed of an advanced age was compared with seed of an optimal age. A similar response to aging was found in Tunisia by Ben Kheder (1980) for 'Claustar'.

According to Kawakami et al. (1978) and Wurr (1978) two cultivars may give maximal yields at similar accumulated storage temperatures but at higher temperature-sums may differ with respect to the rate at which the 'little potato' condition is reached. A rapidly aging cultivar, beyond the optimum temperature-sum, would be less stable and give considerable yield fluctuations from year to year, as was the case for 'Atica' and 'Spunta'.

According to Perennec & Madec (1980), aging rate increases with increasing storage temperatures within a range from 2 °C to 20 °C. Reust (1982) found that increasing storage temperature to 25 °C did not further shorten the incubation period for most cultivars. A better understanding of high temperature effects (> 25 °C) and effects of large daily temperature fluctuations is however, still needed.

2. Sprout management practices
Our results indicated, unlike those of Perennec & Madec (1980), that physiological age and subsequent crop behaviour were not exclusively determined by factors inherent in the tuber substrate but were also influenced by the age of the sprouts. Deleterious effects of advanced aging after long-term storage in diffused-light were partly removed by desprouting prior to planting (Fig. 3). Our results are in agreement with other authors in that desprouting reduced the 'little potato' formation phenomenon (van Loon & Houwing, 1984), delayed emergence (Bodlaender & Marinus, 1984), increased stem number (Moll, 1985), and improved yields (O'Brien & Allen, 1984).

3. Combination of storage methods
150-day storage period. Among storage methods without mechanical cooling, the combination of traditional and diffused-light storage (80 T + 70 L) gave the most consistent results in terms of percentage emergence and yield. 'Little potato' formation occurred when seed was kept continuously in traditional dark storage beyond tuber dormancy, because tubers were exhausted due to excessive sprouting. The occurrence of the same phenomenon for continuous L can be explained by the higher heat accumulation compared to T and advanced sprout age or both. With an integration of both storage methods (80 T + 70 L), the insulatory advantages of T over L during dormancy and the sprouting control effect of light are combined and no 'little potato' formation occurred.

Furthermore, results to be discussed in a subsequent paper (in preparation) showed that diffused-light, either continuously or following traditional storage, reduced metabolic weight loss by 26 % compared to continuous traditional storage. Continuous storage in L resulted, however, in a 6 % loss in tuber number due to potato tuber moth

attack and subsequent decay. Among the treatments without mechanical cooling, storage losses were lowest for the combination of 80 days T followed by 70 days L (metabolic weight loss 10.9 %, tuber number loss 0.8 %).

230-day storage period. Combinations of traditional storage with diffused-light storage are possible alternatives to continuous cold storage. Desprouted seed stored with the combined method of T and L produced only 10 % lower yields than continuously cold-stored seed for 'Claustar' and 'Désirée'.

According to Perennec & Madec (1980) and other authors, physiological age has a marked effect on those characters that are directly related to the sprouting process such as percentage and rapidity of emergence, stem number, tuber number, and tuber size distribution. Our results are only partly in agreement with these findings:

a. Percentage emergence was clearly affected by storage method. 'Little potato' formation occurred when seed was of an advanced age. Seed stored without mechanical cooling always emerged faster than cold-stored seed.
b. Unlike Moll (1985) or Perennec & Madec (1980), we found few consistent effects of storage conditions on stem and related tuber numbers. Keeping seed at low temperatures beyond natural dormancy (Burton, 1966), desprouting dark-stored seed, and storing seed in light (Bodlaender & Marinus, 1984) are all factors that induced, in our experiments for the 150 day storage period, multiple sprouting and subsequently plants with similar stem and tuber numbers. We did find, however, that old seed stored for 230 days without continuous cold storage produced fewer stems and tubers (Table 3).
c. In agreement with Potts et al. (1983), we noted that tuber size distribution was not much influenced by storage conditions. The portion of first grade tuber size was reduced only after long-term storage without refrigeration. This can be attributed, in agreement with Reust (1982), to a general lack of vigour in old seed.

We conclude, unlike Sparenberg (1981), but in agreement with Wiersema & Booth (1985) and Carls & Caesar (1979), that cold storage is not always required in warm climates. The low-cost combination of traditional and diffused-light storage with associated sprout management practices can replace expensive cold storage if appropriate cultivars are used.

Acknowledgement

The authors are grateful for the excellent support from the Tunisian Potato Program and from CIP's Regional Office in Tunis. Special thanks go to Mr. M. Azouz, head of the Saida Research and Training Center, who gave us all the field facilities.

References

Ben Kheder, M., 1980. A propos de la multiplication des plants de pommes de terre. *Documents techniques de l'Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie (INRAT)* 82: 19.

Bodlaender, K. B. A. & J. Marinus, 1984. Effect of conditions during storage of seed tubers on plant growth under controlled conditions. *Abstracts of the 9th Triennial Conference of the European Association for Potato Research, Interlaken, 1984.* p. 235–236.

Burton, W. G., 1966. The potato. A survey of its history and of factors influencing its yield, nutritive value, quality and storage. Veenman, Wageningen, Holland, 2nd ed. p. 134–137.

Carls, J. & K. Caesar, 1979. Zum Einfluss der Lagerungs- und Aufwuchstemperatur auf das physiologische Alter und den Nachbauwert von Pflanzkartoffeln unter tropischen Bedingungen. *Potato Research* 22: 87–97.

Iritani, W. M., 1968. Factors affecting physiological aging (degeneration) of potato tubers used as seed. *American Potato Journal* 45: 111–116.

Kawakami, K., Y. Tomida & S. Tanaka, 1978. Aging rate in terms of relative productivity of potato seed tubers. *Abstracts of the 7th Triennial Conference of the European Assosication for Potato Research, Warsaw, 1978.* p. 20–21.

Moll, A., 1985. Der Einfluss des physiologischen Alters der Pflanzknollen auf die Ertragsbildung von Kartoffelsorten verschiedener Reifezeit. *Potato Research* 28: 233–250.

O'Brien, P. J., E. J. Allen, J. N. Bean, R. L. Griffith, S. A. Jones & J. L. Jones, 1983. Accumulated day-degrees as a measure of physiological age and the relationships with growth and yield in early potato varieties. *Journal of Agricultural Science* 101: 613–631.

O'Brien, S. A. & E. J. Allen, 1984. Some effects of desprouting on growth and yields of contrasting varieites. *Abstracts of the 9th Triennial Conference of the European Association for Potato Research, Interlaken, 1984.* p. 303–304.

Perennec, P. & P. Madec, 1980. Age physiologique du plant de pomme de terre. Incidence sur la germination et répercussion sur le comportement des plantes. *Potato Research* 23: 183–199.

Potts, M. J., W. V. D. Albert, F. R. Rutab, E. O. Sano, P. P. Mariano & R. H. Booth, 1983. An agro-economic assessment of seed-potato storage technologies in the Philippines. *American Potato Journal* 60: 199–211.

Reust, W., 1982. Contribution a l'appréciation de l'âge physiologique des tubercules de pommes de terre (*Solanum tuberosum* L.) et étude de son importance sur le rendement. Thèse, Ecole Polytechnique Fédérale, Zürich.

Sparenberg, H., 1981. Storage of potatoes at high temperatures. In: Rastowski, A. & A. van Es et al. (Eds), Storage of potatoes. Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen, p. 451–462.

Van Loon, C. D. & J. F. Houwing, 1984. The effects of presprouting and physiological age of seed tubers on development and yield of potatoes. *Abstracts of the 9th Triennial Conference of the European Association for Potato Research, Interlaken, 1984.* p. 237–238.

Wiersema, S. G. & R. H. Booth, 1985. Influence of growing and storage conditions on the subsequent performance of seed potatoes under short-day conditions. *Potato Research* 28: 15–25.

Wurr, D. C. E., 1978. Seed tuber production and management. In: Harris (Ed.), The potato crop, the scientific basis for improvement. Chapman and Hall, London. p. 327–354.

CHAPITRE 3

Potato Research 31 (1988) 557–568

Comparison of the growth of potato crops grown in autumn and spring in North Africa

M. FAHEM[1] and A. J. HAVERKORT[2]*

[1] Potato Division CPRA-Saïda, Ministry of Agriculture, DERV. Saïda 2031, Tunisia
[2] The International Potato Center, 11 Rue des Orangers 2080 Ariana, Tunisia

Accepted for publication: 20 January 1988

Additional keywords: radiation interception, dry matter distribution, tuber initiation, harvest index

Summary

The relationships between intercepted solar radiation and dry matter production (total and tubers) were established for four cultivars of different maturity classes and using seed tubers of two physiological ages. The crops were grown in an autumn and a spring season in Tunisia. Radiation use efficiencies were lower in autumn than in spring and the quantity of intercepted radiation at tuber initiation was more than two times greater in autumn than in spring due to retarded tuberization in the autumn caused by the relatively high temperatures. In addition, tuber dry matter, number of stems per plant, tubers per stem and harvest indices were all lower in the autumn than in the spring season which explained why tuber yields in the spring season were higher than in the autumn.

Introduction

Potato crops in North Africa are mainly grown in two seasons; a spring crop grown from imported seed, and an autumn crop grown from seed tubers produced locally in the previous spring. Potatoes are neither grown in summer in the lowlands due to the high temperatures nor in winter in continental areas due to the risks of night frost in January. In some coastal areas a winter crop is planted around November with either imported or locally produced seed potatoes. In many parts of North Africa (Egypt, Morocco) the yield of this early crop is exported.

In Tunisia, where the work described here was carried out, about 240000 t of potatoes are produced annually on about 5000 ha in autumn, 2000 ha in winter and 8000 ha in spring. Yields on farms are lowest in the autumn (8–10 t ha^{-1}) and highest in the spring (15–20 t ha^{-1}), although experimental station yields of over 40 t ha^{-1} have been recorded in both seasons. The low yields in autumn compared with those of spring are only partly explained by the lower quality of the locally produced seed tubers which may have more tuber-borne pathogens and which may be physiologically younger than the seed imported from northern Europe used for the spring planting. The relatively long days and high temperatures at the initial stages of crop growth in autumn favour foliar development rather than tuber initiation and tuber growth (Steward et al., 1984; Bodlaender, 1963). Manipulation of the age of the seed tubers

* Correspondence and present address: Centre for Agrobiological Research, P.O. Box 14, 6700 AA Wageningen, Netherlands

and the use of better adapted genotypes that tuberize well under high temperature conditions (Ewing et al., 1984) may partly overcome some of the problems associated with growing potatoes in the autumn.

The research described here was carried out to study the crop components affecting tuber dry matter production in the two contrasting seasons as influenced by cultivar and seed age. The work focussed mainly on the interception of photosynthetically active radiation (PAR), the efficiency with which intercepted PAR is converted into dry matter, and the distribution of dry matter to the foliage and the tubers. Good linear relations between intercepted solar radiation and dry matter production were found both under conditions of temperate climates (Allen & Scott, 1980) and under tropical highland conditions (Haverkort & Bicamumpaka, 1986; Haverkort & Rutayisire, 1986 and Haverkort & Harris, 1986, 1987). This approach provides the most concise way in which to present the data and the best way to compare the trials carried out in different seasons with a range of treatments.

Material and methods

Description of the climate. The experiments were carried out at Saïda in Tunisia (36° 50′ North, 9° 55′ East) located at an altitude of 328 m above sea level. Daylengths (Fig. 1) ranged from 13.5 hours at planting to 9.60 hours at crop maturity in the autumn and from 10.8 to 14.8 hours in spring. Figure 1 also shows the number of hours of bright sunshine as measured with a heliograph; cloudiness was more marked in winter from November to March (about 60 %) than in early autumn and late spring (about 30 %).

Daily global solar radiation was measured *in situ* with a distillation based Gunn-Bellani solar radiation integrator calibrated against a Kipp-thermopile solarimeter by

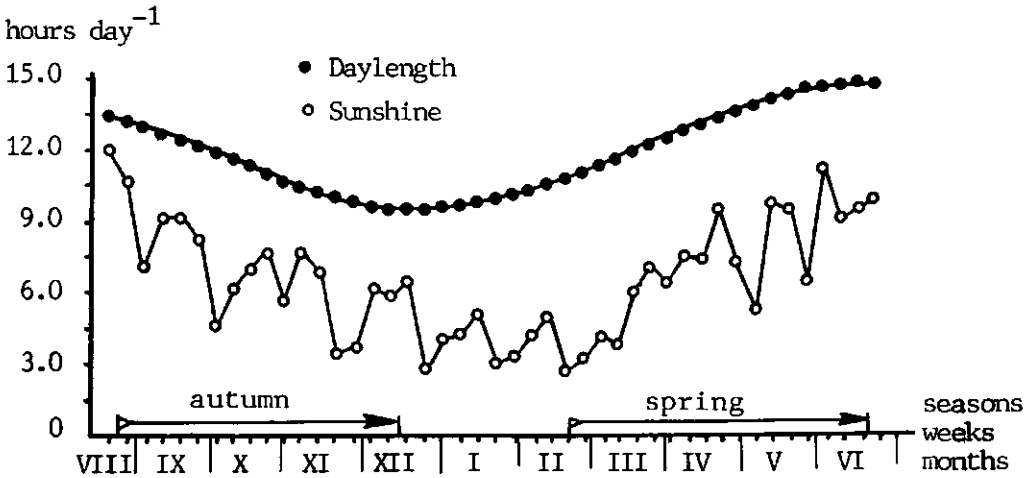


Fig. 1. Mean weekly values of daylength and number of hours of sunshine per day recorded at the trial site in autumn 1986 and spring 1987.

the National Meteorological Service. Photosynthetically active radiation (PAR) between 400 and 700 nm (Fig. 2) was taken to be 0.5 × global radiation (Monteith, 1972). The measured PAR approached potential PAR on cloudless days (Goudriaan & van Laar, 1978) and fell from about 14 to 5 MJ m^{-2} day^{-1} in the autumn season and increased from about 5 to 14 MJ m^{-2} day^{-1} in the spring season.

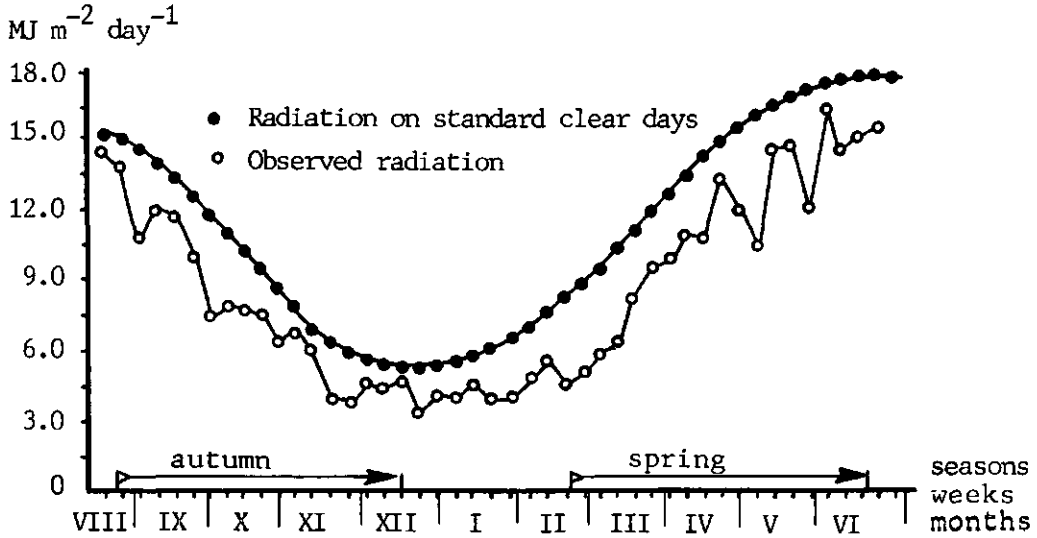


Fig. 2. Mean weekly values of photosynthetically active radiation on standard clear days and daily radiation recorded at the trial site in autumn 1986 and spring 1987.

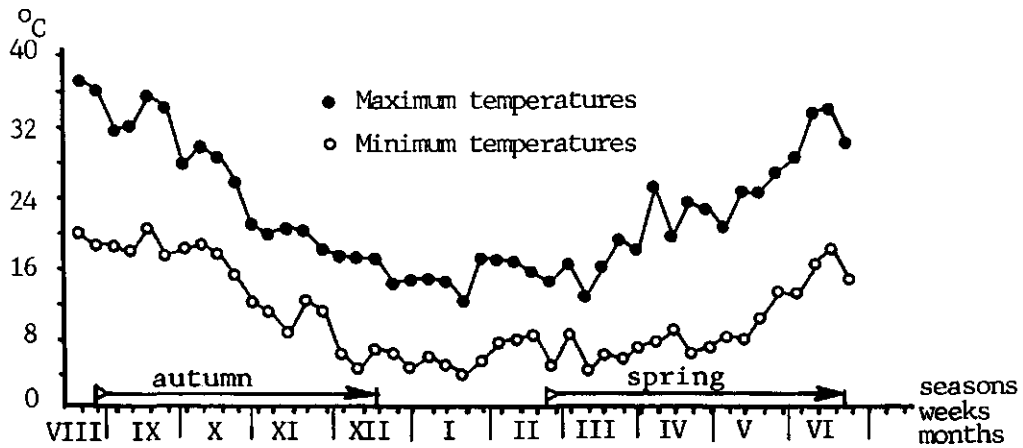


Fig. 3. Mean weekly maximum and minimum temperatures per day recorded at the trial site in autumn 1986 and spring 1987.

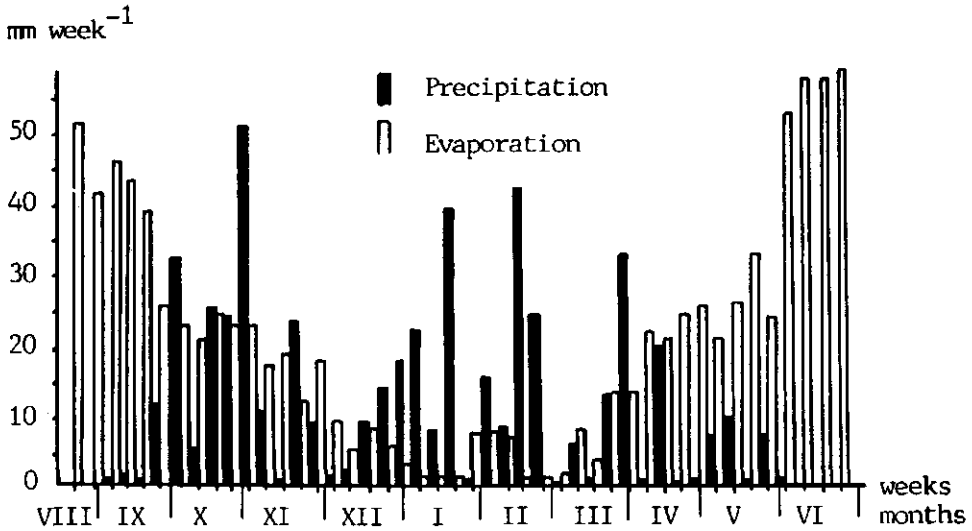


Fig. 4. Total weekly precipitation and open pan evaporation recorded at the trial site in autumn 1986 and spring 1987.

Daily maximum and minimum temperatures (Fig. 3) reflect the contrasting conditions of the two seasons with respect to daylength (Fig. 1), and radiation (Fig. 2); but temperatures limit the growing seasons to a greater extent. Minimum temperatures fell from 20 to 4 °C in autumn and rose to 20 °C again in the spring while maximum temperatures ranged between 10 and 35 °C.

Potato crops in North Africa are irrigated during most of crop growth. Precipitation deficits (Fig. 4) occur mainly at the beginning of the autumn season and at the end of the spring season. Total rainfall in the 1986 rainy season was over 450 mm for the two crops. To assure absence of drought stress, additional furrow irrigation was applied at 4–5 days intervals during dry periods.

Implementation of the field experiments. The field trials were planted with four cultivars: Atica (early), Claustar (mid-late), Désirée (late, long dormant period) and Spunta (mid late). The last cultivar is the one most widely grown in Tunisia and is reputed to perform well in both the spring and the autumn seasons. The seed for the 1986 autumn season was harvested in early June 1986 at Saïda and stored under ambient conditions (Fahem & Haverkort, 1987) to obtain 'old' seed, and for one month at 6 °C in a cold store to obtain 'young' seed. Seed tubers for the spring season were either imported (young seed) or locally produced in the previous spring and stored in the cold store (old seed). Degeneration of the local seed multiplied once in Tunisia was not serious as only an occasional PVY infected plant was observed.

The trials were planted in a completely randomized block design with 4 replicates. The plot size was 4 rows (3 m) × 30 plants (9 m). The plots were separated by a guard row of cv. Désirée. At planting 50 kg N (as ammonium nitrate), 180 kg P_2O (as super

phosphate) and 200 kg K_2O (as potassium sulphate) were applied and another 50 kg of N was applied at the first hilling. These NPK applications were as recommended for potatoes on the deep loamy clays of the lower Medjerda valley.

Data collection. The proportion of ground covered with green foliage was estimated with the aid of a light metal frame, split into 80 squares, viewed directly from above. The dimensions of the frame were a multiple of the planting pattern: 75 cm × 90 cm. Two readings per plot were taken once a week. To calculate intercepted radiation per week, the proportion of ground cover (mean value of the two readings) was multiplied by the total observed PAR of that week as shown by Burstall & Harris (1983). Harvests took place every two weeks starting about two weeks after emergence. Fresh weight of foliage and tubers of 8 plants per plot were taken and samples dried at 105 °C for 40 hrs. The 'foliage' included leaves, stems, stolons and a few attached roots after lifting the plant. In all there were, five harvests. In the autumn, total dry matter was measured for the first three and in spring for the first four harvests. Thereafter foliage losses occurred due to leaf drop. Tuber dry matter was observed for the last four harvests.

Results and discussion

The ground was better covered with green foliage in the autumn than in the spring season (Fig. 5). Although the length of the growing season from planting to maturity was two weeks longer in the spring than in the autumn, a greater proportion of the ground was covered in the autumn resulting in a ground cover duration for old and young seed of 46.7 and 47.4 days respectively, whereas it was only 36.4 and 36.5 days in the spring. Ground cover duration was calculated as the cumulative values of the weekly (seven days) proportion of ground cover multiplied by seven. Its value in days per season shows to how many days of 100 % ground cover the observed ground cover throughout the season corresponds.

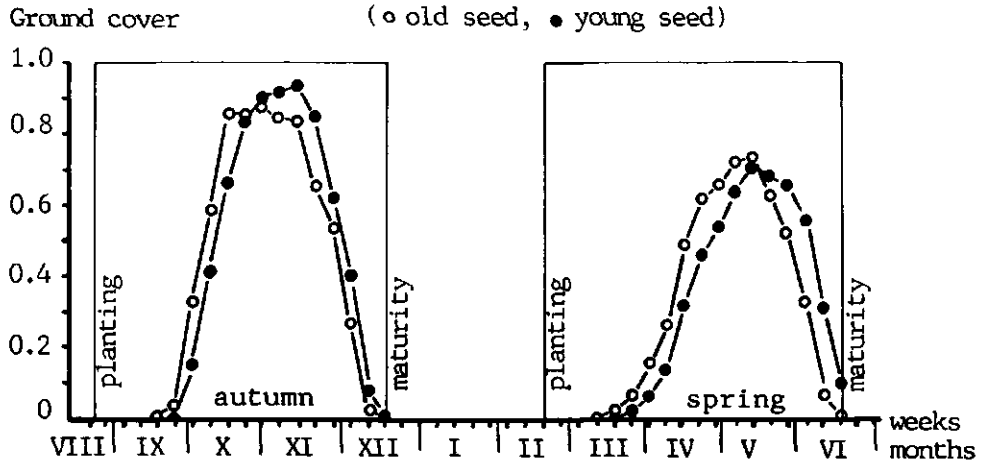


Fig. 5. Proportion of ground covered by leaves in the autumn 1986 and spring 1987 seasons, mean values of 4 cultivars.

The age of the seed tuber did not influence total ground cover duration but ground cover development was brought forward 9 days in the autumn and 18 days in the spring by using old seed tubers. The greater difference in spring was due to the greater difference in the physiological age of the seed and the delaying effect of low spring temperatures. Total PAR between planting and harvest was 866 MJ m^{-2} of which 336 MJ m^{-2} (about 40 %) was received before emergence in the autumn; in spring 1373 MJ m^{-2} was recorded of which only 150 MJ m^{-2} (about 10 %) was received between planting and emergence. The relatively low proportion of ground cover in the spring was compensated by the much higher radiation levels leading to higher amounts of intercepted PAR per week (Fig. 6). Maximum intercepted radiation (IR) in the autumn did not exceed 6 MJ m^{-2} day^{-1} while it exceeded 10 MJ m^{-2} day^{-1} in the spring. For the whole season, when averaged over all treatments, total intercepted PAR in spring was 457 MJ m^{-2} compared with 293 MJ m^{-2} in the autumn.

The relationships between IR and dry matter production were highly significantly linear, with $r > 0.99$ for all regression lines, both for total dry matter and tuber dry matter (Fig. 7). The physiological age of the seed had no effect on the relationship between intercepted PAR and total dry matter production in the autumn and spring crops. The radiation use efficiency (RUE) was 2.11 g per MJ PAR intercepted. RUE for tuber dry matter production were lower, 1.84 g MJ^{-1} in spring and 1.68 g MJ^{-1} in autumn, while tuber initiation started at much higher levels of intercepted radiation in autumn since tuber initiation in autumn took place at higher plant weights (Fig. 8). Apparent tuber initiation which took place at 88 g m^{-2} in spring and 214 g m^{-2} in autumn when planting physiologically younger seed was further retarded by the use of physiologically older seed tubers to 137 and 235 g m^{-2} respectively.

Figure 7 shows the Y-IR relationships for the means of the four cultivars used, whereas Table 1 gives the range of efficiencies calculated for the different cultivars (mean

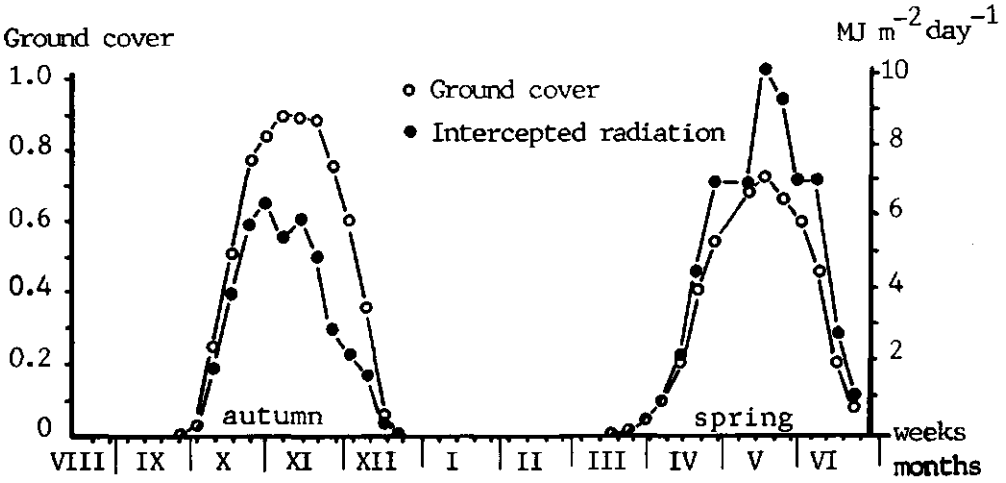


Fig. 6. Mean weekly values of the proportion of ground covered by leaves and intercepted radiation per day in the autumn 1986 and spring 1987 seasons, mean values of four cultivars and 2 seed ages.

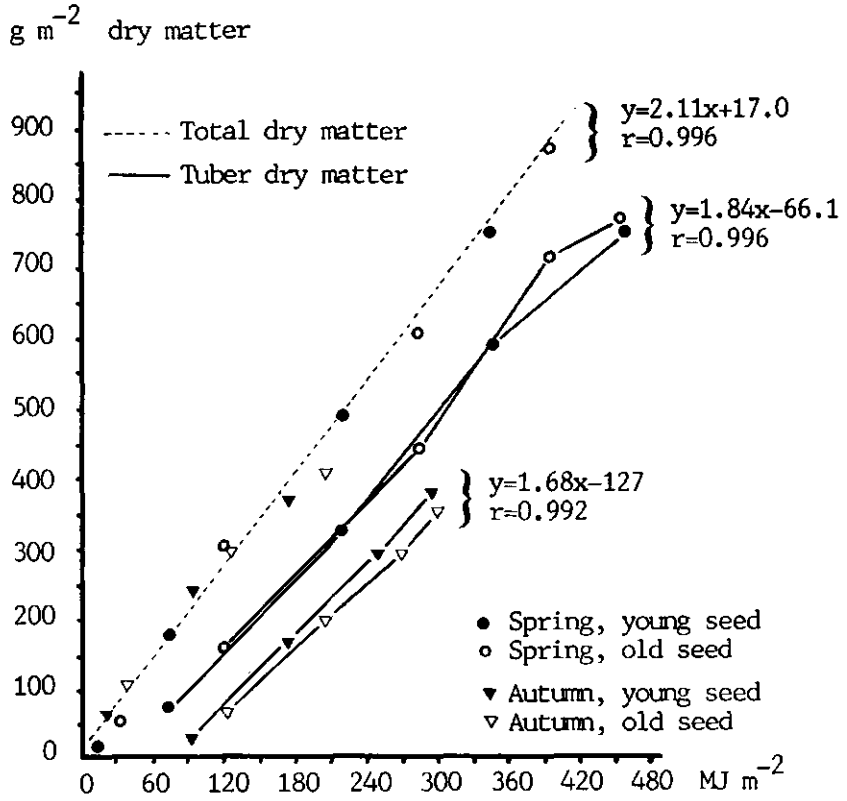


Fig. 7. Relationships between yields and intercepted radiation observed in the autumn 1986 and spring 1987 seasons, mean values of 4 cultivars (F^2_{12} = 4.9 for the slopes and F^2_{12} = 9.43 for the intercepts).

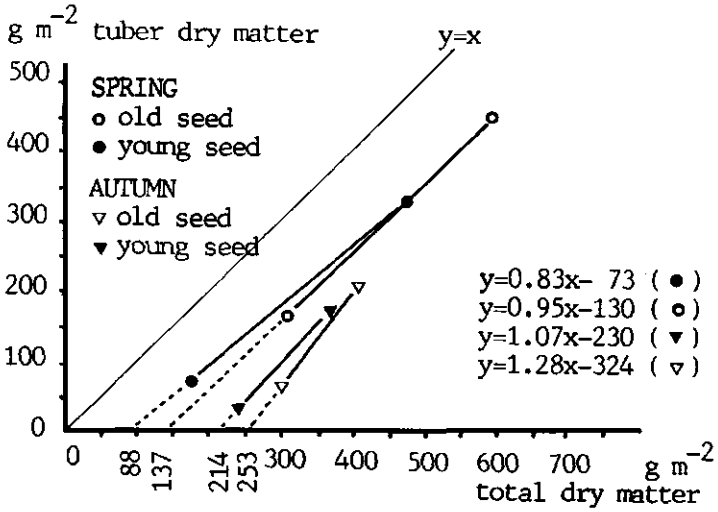


Fig. 8. Dry matter distribution of potato crops grown in the autumn 1986 and spring 1987 seasons, mean values of 4 cultivars at the second and third harvests.

Table 1. The effect of cultivar on radiation use efficiency (RUE in g MJ^{-1}) and on the quantity of intercepted radiation at tuber initiation (IR_{ti} in MJ m^{-2}). Values with different letters per row and all values of the column with mean data differ significantly ($P \leq 0.05$, F_{test}).

Season	Observation	Atica	Claustar	Désirée	Spunta	Weighted means
Autumn	RUE_{total}	1.79	1.95	2.23[a]	1.67[b]	1.91
Spring	RUE_{total}	2.04	2.13	2.22	2.24	2.14
Autumn	RUE_{tuber}	1.69[a]	1.63	1.71	1.82[b]	1.68
Spring	RUE_{tuber}	1.98[a]	1.90[a]	1.65[b]	1.76[b]	1.84
Autumn	IR_{ti}	77.1[a]	50.7[b]	93.0[a]	94.8[c]	75.6
Spring	IR_{ti}	33.4[a]	51.8[a]	23.5[b]	7.85[b]	35.9

values of the two seed ages). In the autumn RUE_{total} ranged from 1.67 g MJ^{-1} for Spunta to 2.23 g MJ^{-1} for Désirée. The relatively high value for Désirée may have been due to its late emergence wherebye it escaped the early autumn high temperatures. Differences of efficiencies were less marked in spring (2.02–2.24 g MJ^{-1}) and the mean values of the efficiencies of the four cultivars were higher in spring than in autumn both for total and for tuber dry matter production, due to the lower temperatures in spring which presumably reduced respiration rates and retarded leaf drop. The increased mean temperature and radiation levels between the last two sample harvests in spring may also have been responsible for the decrease in RUE_{tuber} (Fig. 7) and the relatively low RUE_{tuber} of 1.65 g MJ^{-1} for Désirée in spring (Table 1) due to its lateness. Similar decreases of efficiencies associated with higher temperatures and increased solar radiation were quantified for tropical highland conditions by Haverkort & Harris (1987). There is also a tendency ($r = 0.85$ in autumn and 0.65 in spring) for higher values of intercepted radiation at tuber initiation (IR_{ti}) to be associated with higher conversion coefficients between intercepted radiation and tuber dry matter production, in agreement with the findings of Haverkort & Harris (1986). However, the higher IR_{ti} value of 78.9 MJ m^{-2} in autumn compared with 29.1 MJ m^{-2} in spring was not associated with a higher efficiency because of the higher autumn temperatures. The efficiences of about 2 g MJ^{-1} (PAR) are not comparable to those found in northern Europe by MacKerron & Waister (1985) who reported 1.43–1.84 g MJ^{-1} (global radiation). In Tunisia radiation interception was measured differently which may account for the difference, while temperatures and solar radiation levels were higher which may have reduced efficiency rates. The higher proportion of direct solar radiation received compared to the cloudy, more diffuse light of northern Europe may have further reduced efficiency rates (Britton & Dodd, 1976).

In addition to different radiation use efficiencies, a number of crop characteristics differed between the autumn and the spring season (Table 2). Tuber dry matter content was 15.1 % in autumn but 20.2 % in spring. This led to fresh weight tuber yields in spring exceeding those in the autumn by only 50 % although dry matter production was 100 % higher in spring; 7.62 t ha^{-1} instead of 3.67 t ha^{-1}. Tuber dry matter content in autumn was reduced by increased age of the seed tuber (14.9 % instead of 15.3 %), which might be attributed to the shorter tuber bulking period of the crops grown from young seed and because crops from older seed tuberize earlier at higher

Table 2. Crop characteristics of the four cultivars at maturity; the harvest index was calculated as tuber yield at maturity divided by tuber yield at maturity plus highest observed foliage yield in the third or fourth harvest.

Season	Cultivar	Seed age	Final yield tubers fresh (t ha^{-1})	% dry matter	Final yield tubers dry (t ha^{-1})	Stems plant^{-1}	Tubers plant^{-1}	Tubers stem^{-1}	Harvest index
Autumn 1986	Spunta	young	27.2	15.1	4.11	2.19	2.99	1.37	0.62
		old	26.0	15.0	3.90	2.68	2.94	1.10	0.57
	Atica	young	22.3	15.0	3.34	1.84	3.02	1.64	0.66
		old	19.6	15.1	2.96	1.90	3.18	1.67	0.60
	Claustar	young	26.1	15.0	3.91	1.82	3.00	1.64	0.68
		old	25.4	13.8	3.51	2.13	2.96	1.39	0.63
	Désirée	young	25.0	16.0	4.00	2.44	2.82	1.16	0.58
		old	23.3	15.7	3.65	2.26	2.70	1.19	0.59
	$LSD_{0.05}$		2.9	0.3	0.49	0.43	0.27	0.22	0.09
	Mean data	young	25.2	15.3	3.84	2.07	2.96	1.45	0.64
	Mean data	old	23.6	14.9	3.51	2.24	2.95	1.34	0.60
Autumn 1986	Mean data		24.4	15.1	3.67	2.16	2.95	1.40	0.62
Spring 1987	Spunta	young	38.9	19.1	7.44	3.28	9.53	2.91	0.83
		old	33.7	19.2	6.48	3.50	12.16	3.47	0.83
	Atica	young	34.7	20.2	7.01	3.25	11.22	3.45	0.83
		old	36.3	19.5	7.07	3.78	16.72	4.42	0.86
	Claustar	young	41.7	18.6	7.76	2.44	11.09	4.55	0.80
		old	49.0	19.5	9.55	3.53	15.28	4.33	0.83
	Désirée	young	34.5	22.6	7.80	2.47	13.44	5.44	0.77
		old	33.9	22.9	7.76	4.50	14.09	3.13	0.80
	$LSD_{0.05}$		4.5	0.4	0.92	0.71	1.22	0.43	0.06
	Mean data	young	37.5	20.1	7.50	2.86	11.32	4.09	0.81
	Mean data	old	38.2	20.3	7.72	3.83	14.56	3.84	0.83
Spring 1987	Mean data		37.8	20.2	7.62	3.34	12.94	3.96	0.82

temperatures in autumn, which also causes reduced dry matter content (Haverkort & Harris, 1987; Ben Khedher & Ewing, 1985). The longer growing season at lower temperatures was probably responsible for the higher tuber dry matter content in spring. The number of stems per plant did not differ significantly between old and young seed in the autumn since both seed types were still relatively young. The numbers were significantly different in spring when the number per plant was 3.34 compared with 2.16 in the autumn, probably because of the increased physiological age of the seed. The number of tubers per plant was 4 times higher in spring mainly because of a higher number of tubers per main stem (3.96 in spring compared with 1.40 in autumn). In autumn, no stolons, or only very short ones were produced. These phenomena may have been caused by the rapid change from the long day-high temperature conditions to the short day-low temperature conditions which brought about tuber initiation and growth within a very short period, limiting stolon growth and preventing the initiation of a high number of tubers. As expected, harvest indices were higher in spring due to tuber initiation taking place at lower plant weights.

Conclusions

In these experiments spring was, overall, the best season for potato production in North Africa mainly because of the advantageous lag time in spring between solar radiation and temperatures and the disadvantageous lag in autumn. At similar day-length of 12 hours in autumn and spring, i.e. around the equinox on September 21 and March 21, the PAR was about 10 MJ m^{-2} day^{-1}, but the temperatures were much more favourable for potato crop growth in March, with maximum temperatures of 20 °C, than in September with maximum temperatures of 35 °C.

Conversion coefficients between intercepted radiation and total dry matter production (radiation use efficiencies) were 13 % higher in spring than in autumn. In spring, tuber initiation started at lower plant weights and lower levels of radiation interception, the spring value being less than half the autumn value, and led to higher harvest indices. Radiation use efficiencies hardly differed between cultivars in spring, but in autumn they ranged from 1.67 g MJ^{-1} (Spunta) to 2.35 g MJ^{-1} (Désirée). These differences were mainly attributed to an escape from the initial high temperatures (which cause losses through higher respiration rates) by late emergence. Although apparent tuber initiation in autumn at high levels of intercepted radiation was associated with higher conversion coefficients between intercepted radiation and tuber dry matter production, this advantage was offset by the lower harvest indices.

This study showed that the early cultivar, Atica, advantageous for marketing, did not make full use of the favourable period for potato crop growth and its yields were the lowest of the four cultivars tested in both seasons. The 1987 spring period was relatively cool and higher temperatures were recorded only towards the end of the season so that the potential of the early variety to escape from the consequences of high temperatures through earliness was not expressed. The three later cultivars performed equally well within each season. Physiologically older seed tubers were not an advantage in the autumn, especially with cultivars with a short dormant period, because of the higher temperatures encountered during the early stages of growth. In spring, older seed was only advantageous for the late cultivar Claustar which produced 10 t ha^{-1} tuber dry matter from the locally produced older seed compared with 7.76 t ha^{-1} from the imported seed; it also showed an escape from the higher temperatures encoun-

tered at the end of the spring.

The relationships between intercepted radiation and dry matter production and the distribution of dry matter between foliage and tubers, adequately described crop phenomena leading to tuber yield in the crops studied in the two contrasting seasons. The work showed that the unexplained, 'other factors than ground cover duration and proportion of light interception involved in tuber yield', (Levy et al., 1986) are the distribution of solar radiation throughout the growing season (Fig. 2), the influence of temperature on the conversion coefficient between PAR and dry matter production, the distribution of dry matter and, finally, tuber dry matter content.

Acknowledgements

The authors thank Mr M. Azzouz, Director of CPRA-Saïda for his support for the work and Dr M. Ben Khedher of the Ecole Supérieure d'Horticulture in Chott Meriem and Mr P. M. Harris of the Department of Agriculture of the University of Reading for their valuable remarks and constructive criticism of the manuscript.

References

Allen, E. J. & R. K. Schott, 1980. An analysis of the growth of the potato crop. *Journal of agricultural Science, Cambridge* 94: 583–606.

Ben Khedher, M. & E. E. Ewing, 1985. Growth analysis of eleven potato cultivars grown in the greenhouse under long photoperiods with and without heat stress. *American Potato Journal* 62: 537–555.

Britton, C. M. & J. P. Dodd, 1976. Relationships of photosynthetically active radiation and short wave irradiance. *Agricultural Meteorology* 17: 1–7.

Burstall, L. & P. M. Harris, 1983. The estimation of percentage light interception from leaf area index and percentage ground cover in potatoes. *Journal of agricultural Science, Cambridge* 100: 241–244.

Ewing, E. E., M. Ben Khedher, E. J. Batutis & R. G. Snyder, 1984. Partitioning of dry matter in the potato implications for modelling. Abstracts 9th Triennal Conference European Association for Potato Research (Interlaken) 344–345.

Fahem, M. & A. J. Haverkort, 1987. Stockage de pommes de terre de consommation issues de la culture de saison en Tunisie. Abstracts 10th Triennal Conference European Association for Potato Research (Aalborg): 51–52.

Goudriaan, J. & H. H. van Laan, 1978. Calculations of daily totals of gross CO_2 assimilation of leaf canopies. *Netherlands Journal of agricultural Science* 26: 373–382.

Haverkort, A. J. & M. Bicamumpaka, 1986. Correlation between intercepted radiation and yield of potato crops infested by *Phytophthora infestans* in central Africa. *Netherlands Journal of Plant Pathology* 92: 239–247.

Haverkort, A. J. & C. Rutayisire, 1986. Utilisation des engrais chimiques sous conditions tropicales. 2. Effet de l'application d'azote, phosphore et potasse sur la relation entre la radiation interceptée et le rendement de la pomme de terre en Afrique centrale. *Potato Research* 29: 357–365.

Haverkort, A. J. & P. M. Harris, 1986. Conversion coefficients between intercepted solar radiation and tuber yields of potato crops under tropical highlands conditions. *Potato Research* 29: 529–533.

Haverkort, A. J. & P. M. Harris, 1987. A model for potato growth and yield under tropical highland conditions. *Agricultural and Forest Meteorology* 39: 271–282.

Levy, D., L. Livesku & D. E. van der Zaag, 1986. Double cropping of potatoes in a semi-arid environment; the association of ground cover with tuber yields. *Potato Research* 29: 437–449.

MacKerron, D. K. L. & P. D. Waister, 1985. A simple model of potato growth and yield, part 1: Model development and sensitivity analysis. *Agricultural and Forest Meteorology* 34: 241–252.

Monteith, J. L., 1972. Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. *Journal of applied Ecology* 9: 447–466.

Steward, F. C., U. Moreno & W. M. Roca, 1981. Growth, form and composition of potato plants as affected by environment. Supplement to *Annals of Botany* 48: 45 pp.

CHAPITRE 4

Soumis pour publication (1991).

Influence de l'origine et du mode de stockage des plants sur leurs performances, en conditions méditerranéennes. I: Influence de la date de plantation sur la levée, le nombre de tiges et le rendement relatif.

M. Fahem[1], P.C. Struik[2].

1 CPRA - Saïda, Ministère de l'Agriculture, Direction Générale de la Formation et de la Recherche Agricole. Saïda 2031, Tunisie.

2 Département des Grandes Cultures et des Cultures Fourragères, Université Agronomique de Wageningen, Haarweg 333, 6709 RZ Wageningen, Pays Bas.

Résumé:

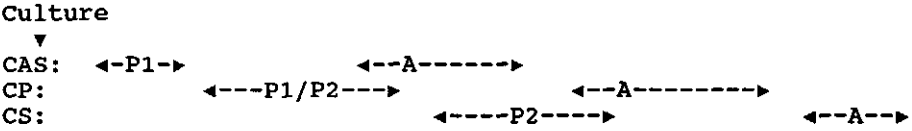
Les performances des plants de différentes origines et de différents âges physiologiques, ont été étudiées, durant les cultures de saison et d'arrière-saison en Tunisie, en utilisant trois différents cultivars. Une levée rapide et homogène a été observée suite à l'utilisation de plants bien prégermés en culture de saison, alors qu'en culture d'arrière-saison, on assiste à une situation inverse lorsqu'il s'agit de plantation précoce. C'est aussi durant la première culture qu'on a obtenu le plus de tiges et les meilleurs rendements. Tout retard de la date de plantation est suivi par une diminution du rendement, indépendamment de la saison de culture. Les cultivars utilisés donnent des rendements similaires en culture de saison, lorsqu'il s'agit de plants bien réveillés. En culture d'arrière-saison, les meilleurs rendements sont obtenus avec le cultivar "Spunta".

Mots-clés additionnels: Age physiologique, levée, nombre de tiges.

Introduction:

En Tunisie, la pomme de terre peut être plantée à partir du mois de Septembre jusqu'au mois de Mars. Les dates de plantation ainsi que l'approvisionnement en plants des différentes cultures pratiquées seront résumés par le Tableau 1.

Tableau 1: Calendrier de production de pomme de terre en Tunisie et origines des plants utilisés.



Légende: P1 = plantation à partir de plants locaux.
P2 = plantation à partir de plants importés.
A = arrachage.
CAS = culture d'arrière-saison.
CP = culture de primeur.
CS = culture de saison.

Les cultures de saison et d'arrière-saison sont considérées comme étant les plus importantes puisqu'elles représentent environ 85% de la production totale du pays.

En culture de saison (CS), le choix de la date de plantation diffère selon les régions. C'est ainsi que les plantations précoces de Janvier se limitent aux régions côtières où les risques de gelées sont minimes. Inversement, pour les zones continentales, ces plantations peuvent avoir lieu jusqu'à début Mars.

Cette période de culture est caractérisée par ses jours courts (9 à 10 h) et ses basses températures au moment de la plantation et qui vont en s'élevant jusqu'à la fin du cycle. Kédar (1981) pense qu'en zone méditerranéenne, la durée de la période

favorable à la pratique de cette culture est très courte. C'est ainsi que dans certains pays de la région, les meilleurs rendements sont obtenus avec les plants locaux (Ben Kheder, 1980). Inversement, l'utilisation de plants très jeunes, entraîne une hétérogénéité de la levée, prolonge la période de la croissance, exposant ainsi la culture aux risques des aléas climatiques et des attaques de teigne (*Phthorimaea operculella*), d'où les faibles rendements.

La culture d'arrière-saison (CAS) quant à elle, est caractérisée par ses hautes températures et ses jours longs (13 à 14 h) à la plantation, lesquelles conditions seront inversées à la fin du cycle végétatif; marquant ainsi le contraste par rapport à la CS. La plantation de cette culture se fait généralement à partir de la fin du mois d'Août pour se prolonger jusqu'à fin Septembre, respectivement en zones continentales et côtières.

Ces conditions de croissance au début du cycle favorisent surtout le développement végétatif aux dépens de l'initiation et le grossissement des tubercules (Bodlaender, 1981). Décrivant cette culture, Souibgui (1988), considère que cette dernière souffre surtout de la mauvaise qualité des plants, d'où les faibles rendements. Ainsi, en plus de l'action des facteurs du milieu sur la croissance des plantes, les conditions de production et les manipulations des plants paraissent avoir une grande influence quant à leurs performances au champ (Wurr, 1979; O'Brien et al., 1983; Wiersema & Booth, 1985 et Benz & Fahem, 1988). Cependant, Reust (1982), considère qu'en plus des techniques de stockage, les techniques de plantation, telles que la date et la profondeur, peuvent aussi modifier la vigueur de ces plants.

Le travail décrit dans cette série de publications, se propose d'étudier les conséquences de l'utilisation de plants de différents âges physiologiques et de différentes origines, sur le comportement des cultures de saison et d'arrière-saison, plantées à différentes dates. Le choix des différents traitements tendra à couvrir l'ensemble des possibilités de ces deux cultures en zone méditerranéenne. La levée, la variation du nombre de tiges et du rendement relatif, seront étudiées dans cette première partie.

Matériel et méthodes:

Description des conditions climatiques: L'évolution des températures maximales, minimales et du sol durant les années 1988 et 1989 (fig. 1A + B), marque un net contraste entre les deux saisons de culture. En effet, en CS les températures de l'air fluctuent entre 0 et 1 °C minimum et 12 à 20 °C maximum au début du cycle. En 1988, ces températures étaient plus élevées durant le mois de Janvier et inversement durant les mois de Février et Mars. A la fin du cycle, elles sont alors comprises entre 12 et 35 °C avec quelques augmentations brusques, causées par les vents chauds du Sud (Sirocco 1988), à partir de mi-Mai. Inversement, en CAS c'est plutôt au début du cycle qu'on rencontre les températures les plus élevées, où elles fluctuent entre 13 et 45 °C (1988), pour s'abaisser à la fin entre 5 et 25 °C.

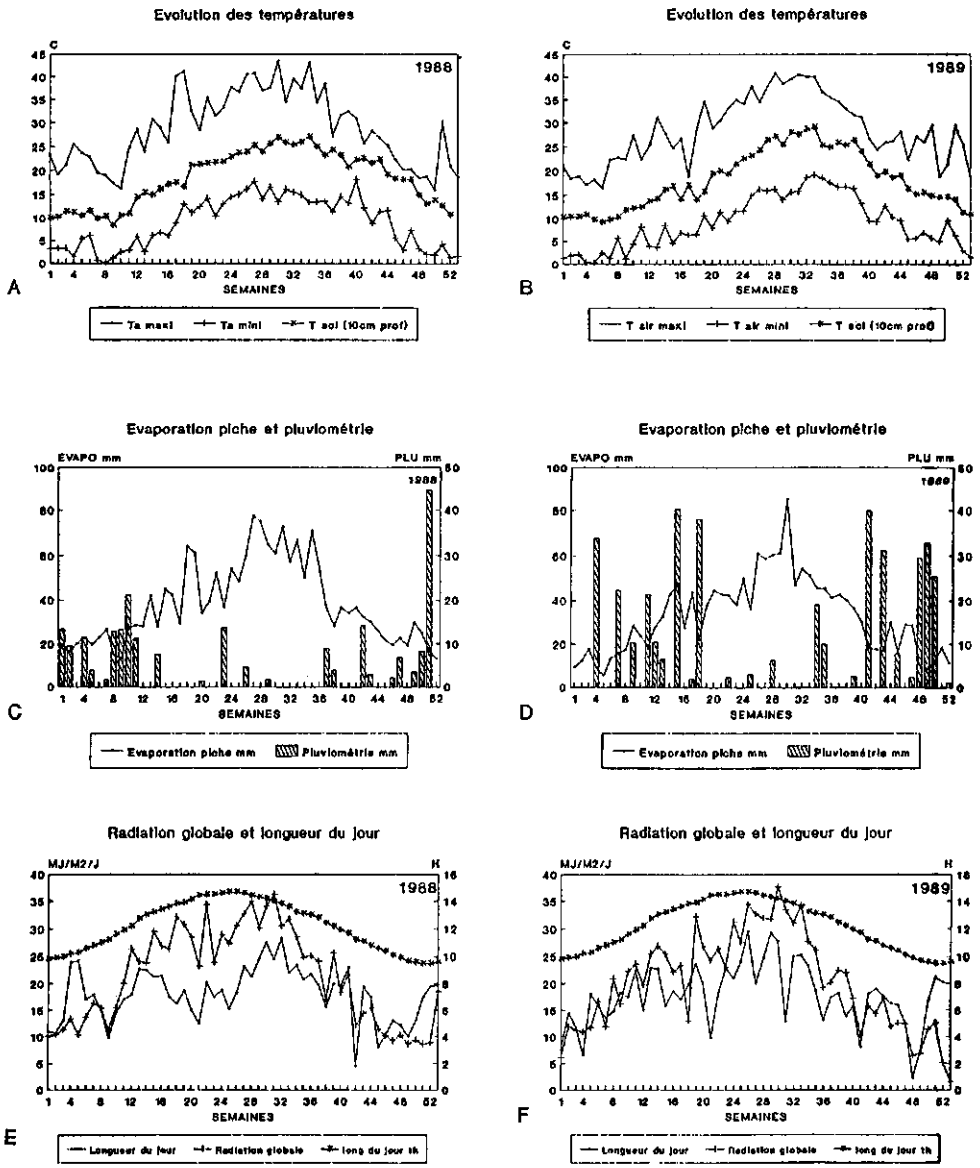


Fig1: Description des différentes données climatiques 1988-1989; A et B: évolution des températures de l'air et du sol, C et D: précipitation hebdomadaire (mm) et évaporation piche, E et F: évolution de la longueur du jour (h), du nombre d'heures d'ensoleillement (h) et de la radiation globale ($MJ/m^2/j$).

Les températures du sol, montrent une plus grande stabilité entre les années. Ainsi, elles évoluent entre 10 et 22 °C du début jusqu'à la fin de la CS, alors qu'elles sont situées entre 28 et 11 °C en CAS.

L'instabilité de la pluviométrie et son irrégularité font partie des caractéristiques du climat méditerranéen. Certes, les périodes pluvieuses s'étendent du mois d'Octobre jusqu'à la fin du mois d'Avril, mais quelques pluies torrentielles peuvent avoir lieu en pleine saison estivale. Le contraste entre les disponibilités naturelles en eau et les besoins évaporatifs (fig. 1C + D), font que la pomme de terre est conduite en culture irriguée. Les apports hydriques se font d'une façon systématique, tous les 5 à 6 jours, selon les conditions climatiques.

L'évolution de la longueur du jour, du nombre d'heures d'ensoleillement et de la radiation globale (fig. 1E + F), montre une fois de plus le contraste entre les deux saisons. Les jours évolueront ainsi entre 9 et 13 h en CS et inversement en CAS, alors que la radiation globale, mesurée selon le procédé décrit par Fahem et Haverkort (1988), serait comprise entre 10 et 35 MJ/M2 et 33 et 7 MJ/M2, respectivement pour ces deux cultures.

Matériel végétal: Trois cultivars ont été utilisés au cours de cet essai:

- Le cultivar "Atica" (C1): Précoce, à dormance courte, importé chaque année d'Europe pour les cultures de primeur, en zones côtières.
- Le cultivar "Spunta" (C2): A cycle moyen, connu en zone méditerranéenne par sa bonne adaptation aux deux principales

cultures et représente 90% des importations annuelles en Tunisie.

- Le cultivar "Désirée" (C3): Malgré sa bonne aptitude au stockage durant une longue période (Benz & Fahem, 1988) et malgré ses bons rendements en CS, ce cultivar reste cultivé uniquement à titre d'essai; sa peau rouge limite son utilisation à grande échelle en Tunisie.

Origines des plants: Ayant des âges physiologiques différents, les plants utilisés sont calibrés entre 35 et 55 mm, avec une dominance du gros calibre chez le cultivar C2. Ces plants seront classés selon leurs destinations comme suit:

Culture de saison:

-A1: Plants très jeunes, prélevés à partir de la CAS et replantés en CS, soit 2 à 4 mois après arrachage. Durant cette période, ils seront stockés traditionnellement (Benz & Fahem, 1988).

-A2: Plants importés début Janvier, mis en prégermination à la lumière diffuse jusqu'à la plantation.

-A3: Plants locaux, arrachés début Juin de l'année précédente, stockés au frigo à 6 °C durant 7 à 9 mois, égermés et mis en prégermination une semaine avant leur plantation.

Culture d'arrière-saison:

-A1: Plants issus de la CS, arrachés le 10 Juin et stockés en tas après triage et traitement insecticide contre la teigne (*Phthorimaea operculella*).

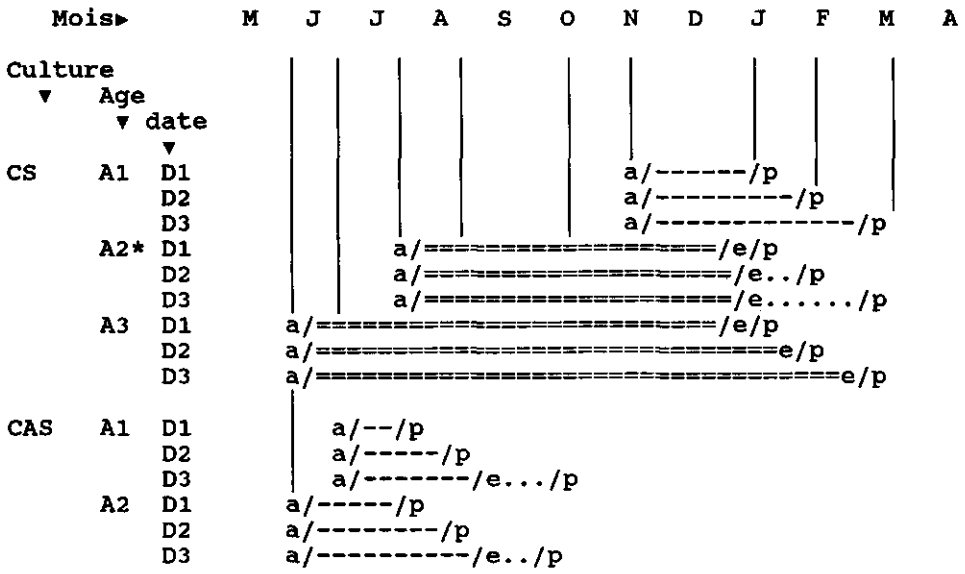
-A2: Plants de la même origine que les précédents, sauf qu'ils sont arrachés plus tôt, soit mi Mai.

Les dates de plantation et les différents traitements utilisés au cours de cet essai, seront résumés par le tableau 2, alors qu'une description des âges physiologiques des différents types de plants utilisés, sera présentée par le tableau 3.

Protocole expérimental et installation de l'essai: Cet essai est installé en Split plot, avec quatre répétitions dont le facteur principal est la date de plantation. Chaque parcelle élémentaire (PE), comprend une combinaison (date x age x cultivar) et est constituée de quatre lignes de 25 plants chacune.

Collection des données: L'évolution du pourcentage de levée est effectué tous les dix jours, jusqu'à l'obtention de la valeur maximale. Pour le contrôle de la croissance végétative et des tubercules, un échantillon de quatre plantes par PE est prélevé tous les débuts de semaine, de l'émergence jusqu'à l'arrachage final. Quand la croissance végétative atteint son maximum, on procède alors au comptage du nombre de tiges et à la détermination du poids sec des différentes parties de la plante. Leur séchage se fait à l'aide d'une étuve ventilée à 105 °C pendant 48 h. L'arrachage se fait à la maturité totale et les tubercules seront pesés sur champ.

Tableau 2: Description des différentes combinaisons, cultures (CS, CAS), dates de plantation (D1, D2, D3) et âges des plants (A1, A2, A3), utilisés au cours de cet essai.



Légende: ----- : Stockage traditionnel.
..... : Prégermination à la lumière diffuse.
===== : Stockage frigorifique.
a : Arrachage.
e : Egermage.
p : Plantation.
* : Plants importés.

Tableau 3: Description des âges physiologiques (degré-jour) des plants utilisés au cours de cet essai.

		P1: Ini ▸ Sto ▸ Pla		P2: Pla ▸ levée		Total (Dj)	
		1988	1989	1988	1989	1988	1989
Culture de saison:							
A1	D1	1510	1420	736	784	2446	2204
	D2	1805	1737	688	707	2493	2444
	D3	2500	2307	409	456	2909	2763
A2	D1	2170	2210	297	210	2467	2420
	D2	2100	2170	253	270	2353	2440
	D3	2662	2750	311	278	2973	3028
A3	D1	2363	2809	261	210	2624	3019
	D2	2429	2843	253	217	2682	3060
	D3	2603	2892	311	279	2914	3171
Culture d'arrière-saison:							
A1	D1	1708	1778	1537	1550	3245	3486
	D2	2612	2716	627	697	3239	3413
	D3	3367	3556	352	395	3719	3951
A2	D1	1417	1055	1418	1400	2835	2455
	D2	2221	1993	754	541	2975	2534
	D3	3076	2833	352	290	3428	3123

Légende: P1 = Phase 1, initiation ▸ stockage ▸ plantation.
P2 = Phase 2, plantation ▸ levée.

Remarques:
- Température de base égale à 4 °C.
- On n'a pas tenu compte des différences entre les cycles des différents cultivars.
- Pour estimer l'âge du matériel importé, on s'est basé sur les moyennes de température des différentes stations aux Pays Bas, sans tenir compte du pays d'origine (Cv. "Atica").

Résultats:

La levée: Au niveau de la levée, nos résultats confirment les théories déjà vérifiées, sur les effets de l'âge physiologique, des conditions de températures de l'air et du sol et des particularités génétiques des cultivars.

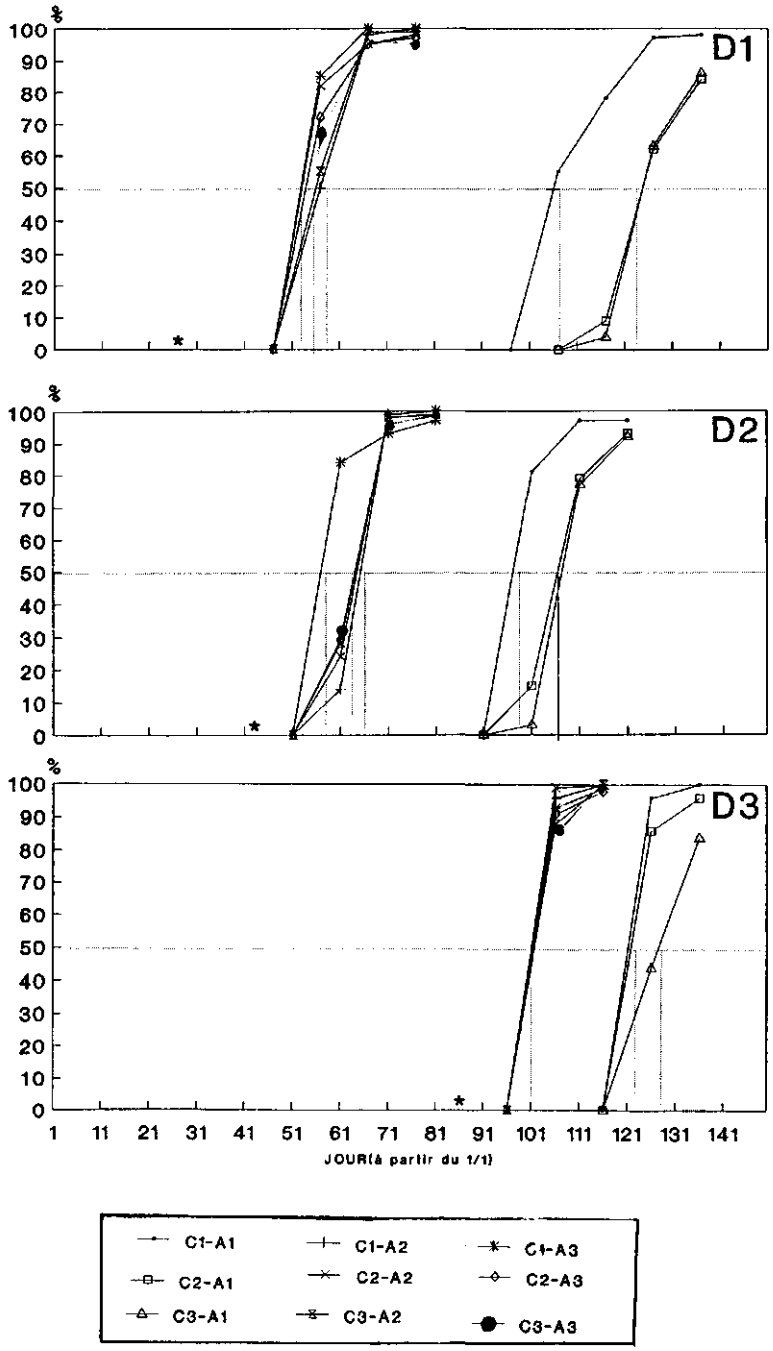
En CS, dont les résultats sont présentés par la figure 2, les plants A2 et A3 lèvent plus rapidement que A1. Le stockage prolongé au froid de A3 et à la lumière diffuse de A2, fait que la différence entre leur dates de levée diminue, voire même s'annule en plantation tardive D3. Pour D1 et D2 le maximum de levée est atteint à la même période, pour les deux types de plants précités.

Les plants A1, encore dormants à la plantation, n'émergent qu'après avoir levé leur dormance, soit une levée à la même période pour les dates D1 et D2. Le cultivar C1 montre une levée plus rapide que C2 et C3 surtout en D1, laquelle différence va en diminuant, en retardant la plantation.

En CAS, dont les résultats sont présentés par la figure 3, la plantation précoce n'est pas suivie par une levée rapide. A2 montre une vitesse de levée plus importante que celle de A1, surtout chez le cultivar C2; alors qu'en passant de D1 à D3, la levée devient plus rapide et le pourcentage de manquants devient plus faible.

D'une façon générale, les plants trop jeunes lèvent tardivement et possèdent le pourcentage de manquants le plus élevé, alors que cette différence va en diminuant en D3. Cette levée lente, coïncide avec les hautes températures durant les deux saisons.

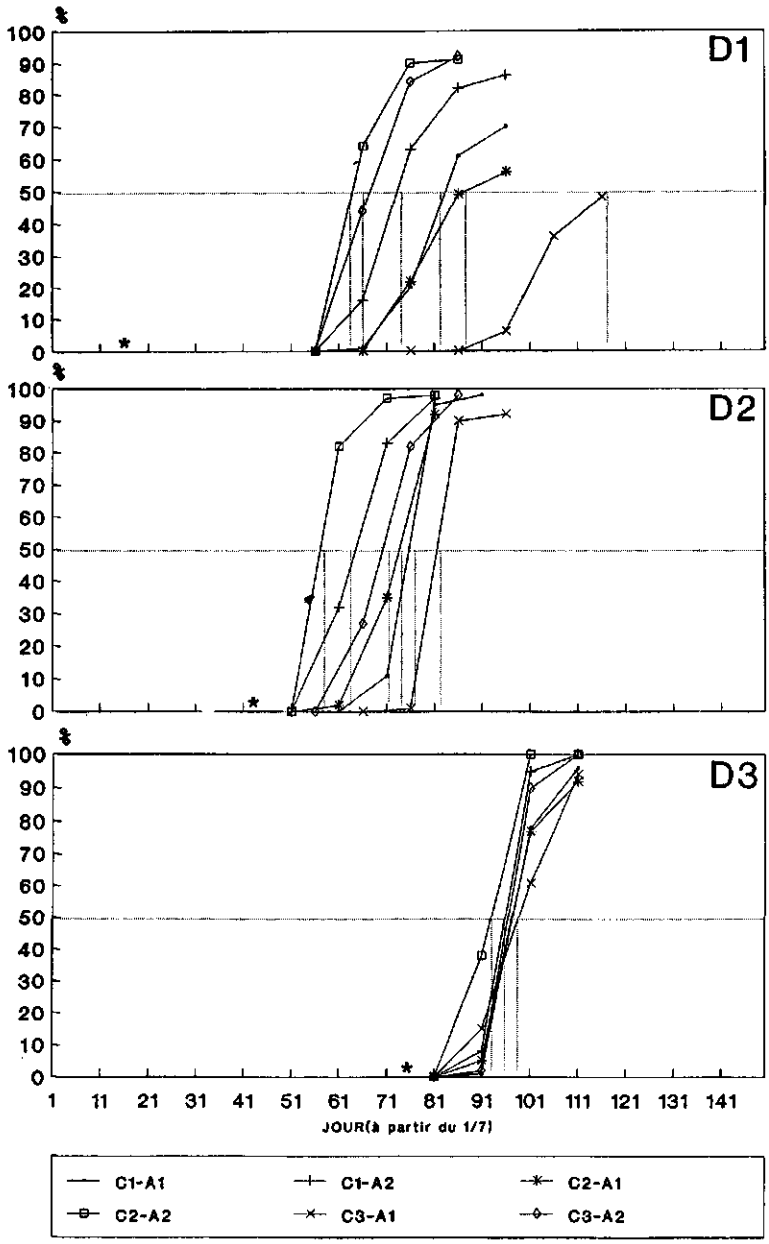
pourcentage de levée



Rq: * = Date de plantation

Fig2: Evolution du pourcentage de levée en culture de saison, pour les différentes dates de plantation (D1, D2 et D3).

pourcentage de levée



Rq: * = date de plantation

Fig3: Evolution du pourcentage de levée en culture d'arrière-saison, pour les différentes de plantation (D1, D2 et D3).

Nombre de tiges: Tout comme la levée, le nombre de tiges est la résultante de l'ensemble des facteurs de production, manipulés au cours de cet essai.

L'utilisation de plants très jeunes donne en moyenne 1.5 tiges par plante et ce, indépendamment de la saison. Seulement, les conditions de stockage et de production font que les plants A2, utilisés en CAS, produisent plus de tiges principales en plantation tardive D3 (fig. 4B). Inversement, les plants jeunes utilisés en CS, stockés à la température ambiante, ne vieillissent pas trop vite (tableau 3). En plantation tardive D3, le nombre de tiges reste faible (fig. 5D).

La variation des dates de plantation et des âges des plants se fait simultanément, d'où les interactions D.A et C.A (tableau 4).

Tableau 4: Résultats de l'analyse de variance des données de la CS et de la CAS (pour détails voir matériel et méthodes).

CS► CAS►	Tp(+A1)	Tp(-A1)	Ts(+A1)	Ts(-A1)	Rent	Tp	Ts	Rent
An	**	**	*	**	**			*
D	*	*		**	**	**	**	**
C		*	**	**		**	**	**
A	**	**	**	**	**	**		**
D.C				*		*	*	**
D.A			*	**	**	**		**
C.A	**	*	**		**	**		**
D.C.A	*		**		*	*		

An=année, D=date, C=cultivar, A=âge, Rent=rendement, Tp=tige principale, Ts=tige secondaire, *=0.01≤P<0.05, **=P<0.01.

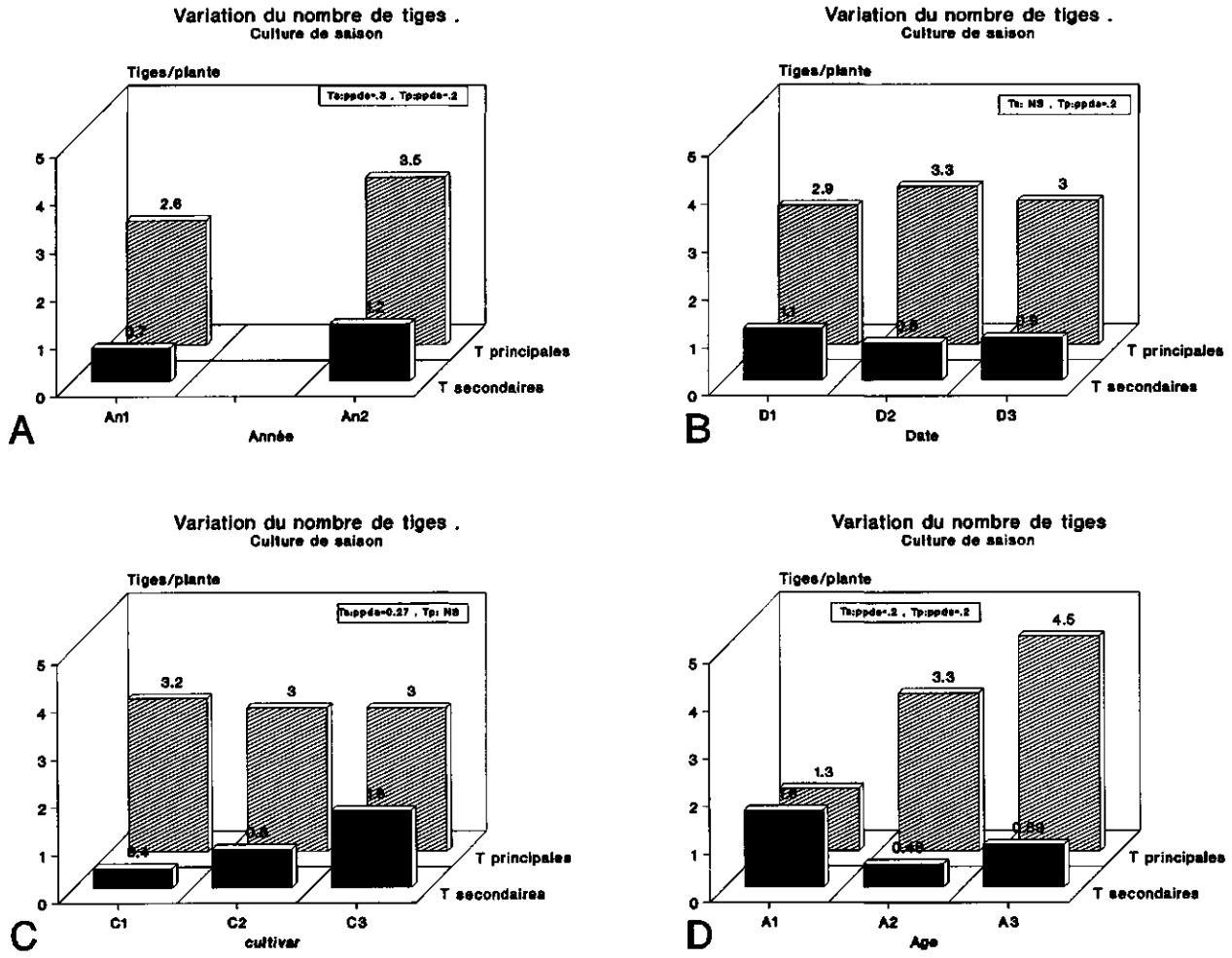


Fig4: Evolution du nombre de tiges en culture saison, A: effet année, B: effet date, C: effet cultivar et D: effet âge.

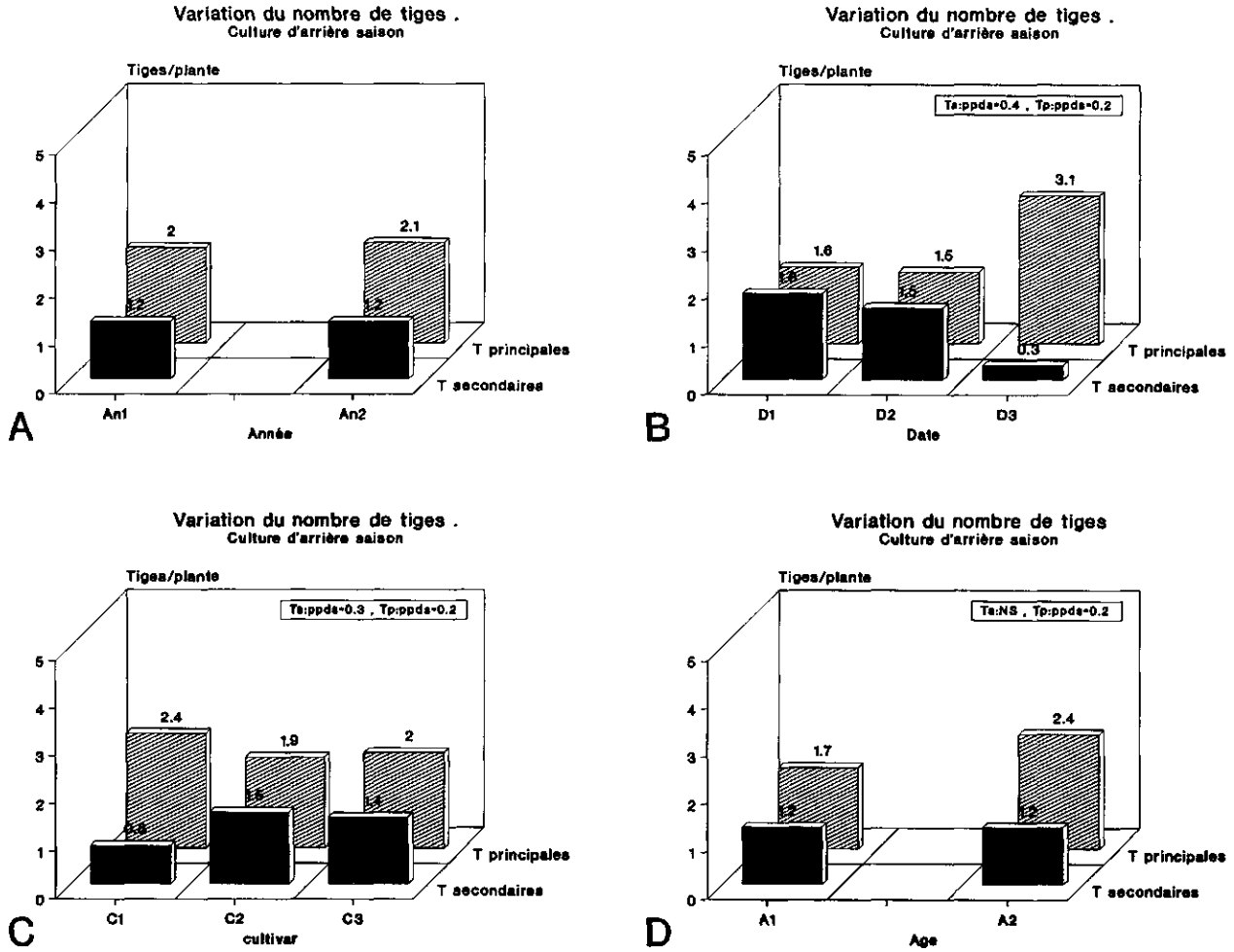


Fig5: Evolution du nombre de tiges en culture d'arrière-saison, A: effet année, B: effet date, C: effet cultivar et D: effet âge.

En CS, la variation des conditions climatiques (pluviométrie), des dates d'importation des plants A2 et les problèmes techniques du stockage frigorifique (A3), font que l'effet année n'est marqué que durant cette culture.

La formation de tiges secondaires (Ts) est fonction de l'âge des plants mais aussi du type de cultivar. En CS, l'utilisation de plants bien prégermés A2 et A3, ayant des germes souvent ramifiés et un cycle végétatif long, fait que le nombre de Ts formées est plus important que celui de A1 (fig. 5D).

En CAS, les températures élevées du sol et l'âge jeune des plants font que seul le germe apical se développe. C'est ainsi qu'en D1 et D2, on a obtenu le nombre de Ts le plus élevé (fig. 4D). Inversement, en D3, leur nombre décroît de nouveau avec l'abaissement des températures et le raccourcissement du cycle végétatif.

Rapport poids sec du feuillage / poids sec des racines: C'est en CAS précoce (D1 et D2), qu'on assiste à une meilleure accumulation de la matière sèche au niveau du feuillage. Les températures plus modérées du sol en plantation tardive de la CAS et durant toute la CS, sont plus favorables pour le développement radiculaire (fig. 6).

Variation du rendement: Le rendement est la résultante d'une multitude de facteurs qui interviennent à tous les niveaux de la production (tableau 4). En CS, la variation des conditions climatiques (1989 année pluvieuse) fait que le facteur année est significatif (fig. 7A). L'utilisation de plants bien prégermés

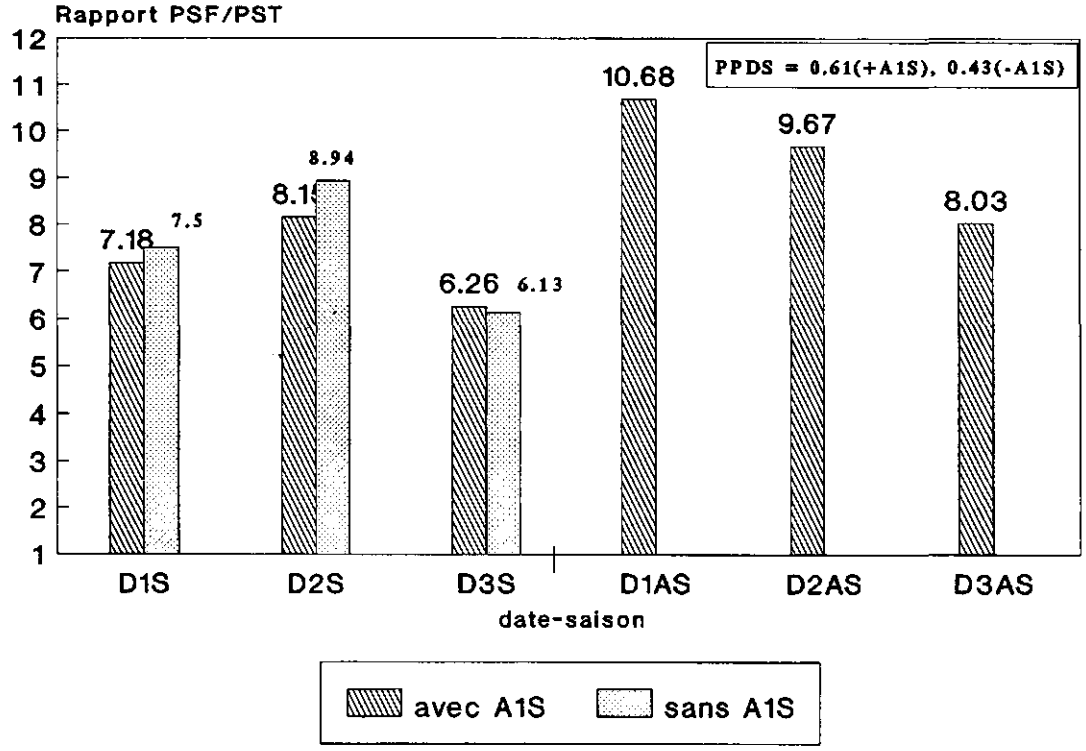


Fig6: Variation du rapport poids sec du feuillage / poids sec des racines, durant les deux saisons de culture.

A2 et A3, en cultures précoces D1 et D2 (fig. 7B + D), nous a permis d'obtenir les meilleurs rendements. Les plants A3, malgré la conservation continue au froid, voient leur rendement chuter lorsqu'ils sont plantés tardivement (D3).

La plantation précoce est sans intérêt quand il s'agit de plants trop jeunes (A1). Ainsi donc, ces derniers donnent les rendements les plus faibles. Dans ces conditions, le cultivar "Atica", ayant levé plus rapidement, a donné une meilleure production que les cultivars "Spunta" et "Désirée". Mis à part les plants A1, le cultivar "Spunta" a donné le rendement le plus élevé (fig. 7C).

En CAS (fig. 7), où les rendements sont plus faibles que ceux de la CS, l'effet année est moins marqué (fig. 7A). Cependant les effets des dates de plantation (fig. 7B), du cultivar (fig. 7C) et de l'âge des plants (fig. 7D), sont très significatifs. L'interaction D.C (tableau 4), montre l'importance du choix du cultivar en fonction de la date de plantation. Ainsi, le cultivar "Désirée", en plantation précoce, a donné de faibles rendements et inversement pour le cultivar "Atica", en plantation tardive. Le cultivar "Spunta" parait plus stable et sa production est meilleure (fig. 7C). Les contraintes imposées par les basses températures à la fin du cycle de la CAS, font que malgré l'utilisation de plants prégermés A2, le rendement obtenu est inférieur à celui de D2 (fig. 7B).

Discussion:

Nos résultats viennent confirmer ceux obtenus par certains auteurs sur l'effet de l'origine et du mode de stockage des

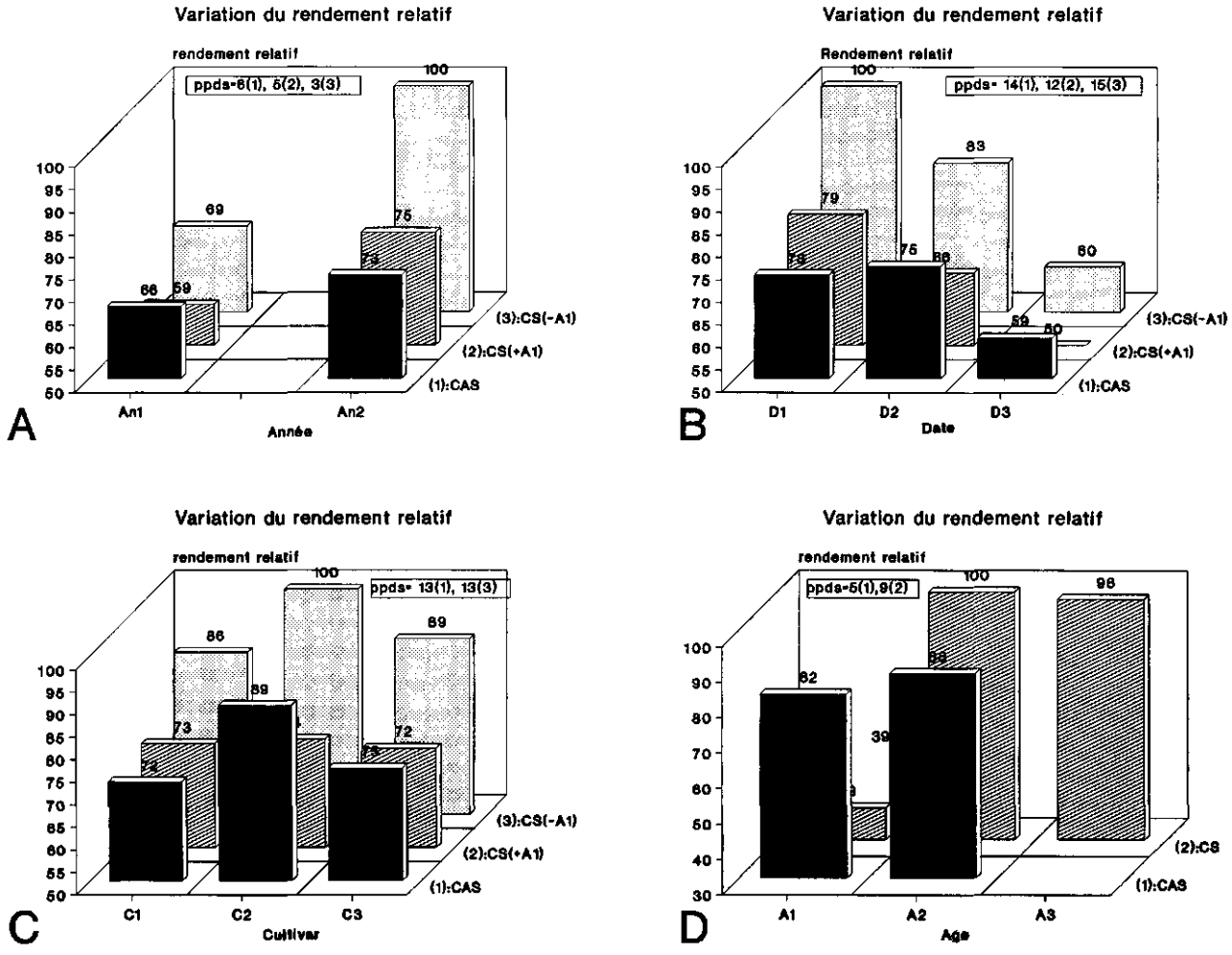


Fig7: Evolution du rendement relatif durant les deux saisons de culture, A: effet année, B: effet date, C: effet cultivar et D: effet âge.

plants et du choix du cultivar, sur leurs performances au champ. C'est ainsi que Wiersema & Booth (1985), en comparant le comportement des plants produits sous différentes conditions climatiques du Pérou, a conclu que c'est plutôt l'âge physiologique des plants qui conditionne leur vigueur et non pas leurs origines. O'Brien et al. (1983), considèrent que la qualité des plants est conditionnée par la température et la durée du stockage. Allen & O'Brien (1986), constatent à leur tour que sous conditions européennes, l'augmentation du nombre de degrés jours accumulés par les plants entraîne une amélioration du rendement et de la précocité; cette efficacité diminue en plantation tardive. Ainsi, le choix d'une technique de stockage adéquate à chaque date de plantation voire même à chaque type de cultivar, s'avère nécessaire (Benz & Fahem, 1988).

Choix de l'âge physiologique: La durée du cycle végétatif de la culture de la pomme de terre, en zone méditerranéenne, est relativement court, soit 3 à 4 mois. Cette situation est due essentiellement, à la succession rapide des saisons au cours de l'année.

En culture de saison, le passage du printemps à l'été, est souvent très rapide, d'où l'intérêt que présente l'utilisation des plants locaux frigo (A3). Au début du cycle, alors que les températures sont encore basses, ces plants lèvent plus rapidement et l'arrachage peut avoir lieu à partir de mi-Mai, échappant ainsi aux aléas climatiques et aux attaques de teigne. Ces mêmes plantations précoces donnent les meilleurs rendements, aussi bien avec les plants locaux qu'avec les plants importés et

inversement pour les plantations tardives. Les tubercules ainsi produits, sont de plus gros calibre (Fahem & Struik, 1991a), mais ont des taux de matière sèche plus faibles, lesquels taux augmenteront au cours du stockage. Contrairement, l'utilisation de plants trop jeunes (A1) s'avère sans avantages pratiques, si on ne fait pas appel à des techniques de rupture artificielle de la dormance. Ce type de plants montre une germination très irrégulière et une levée lente et hétérogène, avec un fort pourcentage de manquants qui, selon Hide & Firmager (1989), peut être du aux attaques de *Rhizoctonia solani*. Les températures élevées à la fin du cycle, entraînent une sénescence rapide (Struik et al., 1989), d'où les faibles rendements. Le cultivar "Atica", ayant une dormance plus courte, lève plus rapidement et ainsi, il échappe partiellement aux effets des hautes températures.

En CAS, indépendamment des dates de plantation, les plants âgés (A2) donnent toujours les meilleurs rendements. Les effets conjugués des hautes températures (Midmore, 1984; Struik et al., 1989) et du raccourcissement de la longueur du jour, font que la sénescence est activée, d'où l'avantage d'avoir une levée rapide et une meilleure couverture du sol (Fahem & Struik, 1991b), soit un auto ombrage (Midmore, 1984). Le microclimat ainsi créé, entraînera un abaissement de la température du sol et une limitation des évapotranspirations. Le cultivar "Spunta", qui montre une plus grande stabilité durant cette saison, a l'avantage d'avoir un bon développement végétatif. Cependant, vu la courte période végétative et malgré les hautes températures, la ramification des tiges se limite à la formation de tiges

secondaires, sans formation de branches secondaires et tertiaires, comme c'est le cas en zones tempérées.

Choix de la date de plantation: Il s'agit de faire coïncider la période de croissance végétative, avec des conditions climatiques favorables. En culture de saison, une plantation précoce en Janvier, présente cet avantage, mais risque d'être exposée aux gelées printanières (peu fréquentes). Tout retard de plantation est alors désavantageux, d'un côté à cause du vieillissement continu des plants (surtout A3), d'un autre côté à cause de l'exposition des plantes aux hautes températures à la fin du cycle.
En culture d'arrière-saison, une plantation précoce, alors que les températures sont encore élevées, ne présente aucun avantage. Cependant et malgré ces conditions de température, le raccourcissement des jours active l'initiation des tubercules alors que les stolons sont encore trop courts. Les tubercules ainsi formés seront de gros calibre (Fahem & Struik, 1991a) et ramassés autour du collet de la tige et inversement en plantations tardives. Dans la pratique, les meilleurs rendements sont obtenus entre fin Août et mi-Septembre, avec des plants prégermés.

Choix du cultivar: Ce choix est surtout important en culture d'arrière-saison. En fait, là où il y a un facteur limitant, le choix d'un génotype adapté est nécessaire. La bonne vitesse de levée et de couverture du sol (Fahem & Struik, 1991b), peuvent expliquer les meilleurs rendements du cultivar "Spunta".

Inversement, en culture de saison, l'utilisation de plants bien réveillés en culture précoce, fait que l'effet cultivar est moins significatif.

Remerciements:

Les auteurs tiennent à remercier tout le personnel du "Centre de Perfectionnement et de Recyclage Agricole" de Saïda et du "Département des Grandes Cultures et des Cultures Fourragères" pour leur aide technique. Au Centre International de la Pomme de terre, au Ministère de l'Agriculture de Tunisie et à l'Université Agronomique de Wageningen, pour l'appui financier qui a rendu possible la réalisation de ce travail, nous tenons à exprimer notre vive gratitude.

Références bibliographiques:

-Ben Kheder, M., 1980. A propos de la multiplication de la pomme de terre. Document technique de l'Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie (INRAT), 82:19.

-Benz, J.S & M. Fahem, 1988. Effect of storage on field performance of seed tubers. Potato Research 31: 37-47.

-Fahem, M. & A.J. Haverkort, 1988. Comparison of growth of potato crops grown in autumn and spring in North Africa. Potato Research 31: 557-568.

-Fahem, M. & P.C. Struik, 1991a. Influence de l'origine et du mode de stockage des plants sur leurs performances en condition méditerranéenne. III: Influence de la date de plantation sur la distribution du calibre. (en cours de publication).

-Fahem, M. & P.C. Struik, 1991b. Influence de l'origine et du mode de stockage des plants sur leurs performances en condition méditerranéenne. II: Influence de la date de plantation sur l'évolution de la couverture du sol et sur l'efficacité de l'utilisation de la radiation. (en cours de publication).

-Hide, G.A. & Janet P. Firmager, 1989. Effect of soil temperature and moisture on stem canker (*Rhizoctonia solani*) disease of potatoes. Potato Research 32: 74-80.

-Midmore, D.J., 1984. The potato (*Solanum spp.*) in the hot tropics. I: Soil temperature effects on emergence, plant development and yield. Field Crops Research 8: 207-227.

-O'Brien, P.J., E.J. Allen, J.N. Bean, R.L. Griffith, S.A. Jones & J.L. Jones, 1983. Accumulated day degrees as a measure of physiological age and the relationships with growth and yield in early potato varieties. Journal of Agricultural Science, Cambridge 101: 613-631.

-Reust, W., 1982. Contribution à l'appréciation de l'âge physiologique des tubercules de pomme de terre (*Solanum tuberosum*) et étude de son importance sur le rendement. Thèse, Ecole Polytechnique Fédérale Zürich.

-Souibgui, M., 1988. Investigation into relationships between temperature and development and between intercepted radiation and growth in two potato cultivars. Thesis, University of Reading, Reading.

-Struik, P.C., J. Geertsema & C.H.M.G. Custers, 1989. Effect of shoot, root and stolon temperature on the development of the potato (*Solanum tuberosum* L.) plant. I: Development of the haulm. Potato Research 32: 133-141.

-Wurr, D.C.E., 1979. The effect of the site of seed potato production on subsequent sprout growth and tuber yield. Journal of Agricultural Science, Cambridge 92: 223-227.

-Wiersema, S.G. & R.H. Booth, 1985. Influence of growing and storage conditions on the subsequent performance of seed potatoes under short-day conditions. Potato Research 28: 15-25.

CHAPITRE 5

Soumis pour publication (1991).

Influence de l'origine et du mode de stockage des plants sur leurs performances en conditions méditerranéennes. II: Influence de la date de plantation sur l'évolution de la couverture du sol et sur l'efficacité de l'utilisation de la radiation.

M. Fahem[1], P.C. Struik[2].

1 CPRA - Saïda, Ministère de l'Agriculture, Direction Générale de la Formation et de la Recherche Agricole. Saïda 2031, Tunisie.

2 Département des Grandes Cultures et des Cultures Fourragères, Université Agronomique de Wageningen, Haarweg 333, 6709 RZ Wageningen, Pays Bas.

Résumé:

L'évolution de la couverture du sol, de l'efficacité de l'utilisation de la radiation et de la distribution de la matière sèche, ont été étudiées durant les cultures de saison (plantations: 25/1, 15/2 et 25/3, arrachage à maturité) et d'arrière-saison (plantations: 15/7, 25/8 et 5/10, arrachage à maturité) sous conditions méditerranéennes. Pour ce faire, les dates de plantation, les âges des plants et leurs origines ont été variés, en utilisant les trois cultivars "Atica", "Spunta" et "Désirée".
En culture de saison, les plantations précoces sont marquées par de faibles vitesses et de longues durées de couverture du sol, alors qu'en plantation tardive, on assiste à des réactions inverses. Les cultures issues de plants locaux trop jeunes montrent de faibles couvertures du sol.
En culture d'arrière-saison, les meilleures valeurs sont obtenues en plantation tardive.
Indépendamment de la saison de culture, l'efficacité de l'utilisation de la radiation (EUR_{tot}), est plus importante en plantation tardive et inversement pour la croissance des tubercules (EUR_{tub}).
La répartition de la matière sèche dans la plante se fait au profit des tubercules en culture de saison et inversement en culture d'arrière-saison, alors que les plantations tardives freinent l'accumulation des réserves.

Mots-clés additionnels: Couverture du sol, indice du rendement, radiation interceptée, efficacité de l'utilisation de la radiation.

Introduction:

Défini par Van der Zaag & Horton (1983), le rendement potentiel d'une culture de pomme de terre est le rendement obtenu à partir d'une culture ayant accompli tout son cycle végétatif et dont la production journalière en tubercules a été optimisée par des apports suffisants d'eau et de fertilisants et par un bon contrôle des maladies. De leur côté Allen & Scott (1980), considèrent que le rendement est fonction du poids de la plante, exception faite pour les conditions extrêmes de croissance. Seulement, de grandes variations du rendement ont été constatées d'une année à l'autre voire même d'une saison à l'autre, que seule la variation des conditions climatiques, telle que la pluviométrie, peut expliquer.

Certains auteurs (Allen & Scott, 1980; Souibgui, 1988; Haverkort & Rutayisire, 1986 et Fahem & Haverkort, 1988) ont constaté qu'il existe une relation linéaire entre la quantité de matière sèche (MS) produite par la plante et la quantité de radiation photosynthétiquement active (400-700 nm) interceptée (RI) durant la même période.

Partant de ces constations, on peut dire qu'en conditions normales, la quantité de MS produite dépend en partie de:

- la quantité de RI.
- l'efficacité de la conversion de cette énergie en MS (EUR_{tot}).

Si l'interception de la lumière se fait par l'intermédiaire de la couverture végétale, l'évolution de cette dernière sera alors un facteur déterminant de la production finale.

L'indice foliaire (IF), défini comme étant le rapport entre la

surface foliaire par unité de surface du sol, est utilisé pour exprimer l'aptitude des feuilles à l'interception lumineuse. Ainsi, Scott & Wilcockson (1978) constatent qu'il existe une relation curvilinéaire entre l'IF et la RI. En zone tempérée, le maximum de radiation photosynthétiquement active (RPA) est intercepté avec un IF situé entre 3 et 4, alors qu'en zone tropicale, le maximum de RPA est intercepté à des IF situés entre 2 et 4 (Midmore, 1984). Cependant, cet indice peut être augmenté jusqu'à une certaine limite, après quoi sa variation n'est plus concomitante avec celle du rendement. D'autres auteurs proposent plutôt la relation logarithmique entre la durée de couverture du sol (DCS) et le rendement.

L'EUR_{tot} diffère d'une région à l'autre voire même d'une saison à l'autre. En effet, en conditions tempérées ces valeurs sont autour de 1.4 gr/MJ (Allen & Scott, 1980). En zone tropicale, Midmore (1984) obtient des valeurs plus faibles, alors qu'en région méditerranéenne, Fahem et Haverkort (1988) obtiennent des valeurs plus élevées en culture de printemps qu'en culture d'automne.

Seulement, pour l'agriculteur, c'est plutôt le rendement économique qui l'intéresse, d'où la nécessité d'avoir non seulement des valeurs élevées de l'EUR_{tot} mais aussi une bonne efficacité de l'utilisation de la radiation (RPA) pour la croissance des tubercules $(EUR)_{tub}$. Cette dernière varie aussi selon les saisons, le type de cultivar (Fahem & Haverkort, 1988) et la situation géographique (Midmore, 1984). Ce dernier constate que les valeurs de l'EUR_{tub} varient de 0.5 à 1 gr/MJ respectivement en zone côtière du Pérou et en hautes altitudes

andines de ce pays.

Cette variation de l'EUR_{tub} , vient du fait que sous l'influence des conditions du milieu, la distribution de la matière sèche se fait différemment. Celle-ci est quantifiée par l'indice du rendement, qui est défini comme étant la portion du rendement économique (tubercule en cas de pomme de terre) par rapport à la MS totale produite par la plante.

Les facteurs, contrôlant la distribution de la MS dans la plante, sont encore mal connus. Ewing (1981), Struik et al. (1989a) et Struik et al. (1989b), constatent qu'en variant les températures au niveau des différentes parties de la plante, on varie simultanément la distribution de la matière sèche. Steward et al. (1981), obtiennent les mêmes effets en variant à la fois la température et la longueur du jour. Krauss & Marschner (1984), constatent que l'exposition des tubercules aux hautes températures (30 °C) pendant 6 jours, arrête l'accumulation des réserves, alors que Steward et al. (1981) voient que les températures élevées favorisent surtout la formation du feuillage et que les jours longs accentuent ce phénomène. De leur côté, Marinus & Bodlaender (1975) constatent que des intensités lumineuses élevées retardent la sénescence, suite à la formation de nouvelles feuilles, alors que leurs effets combinés avec les températures élevées, varient selon le cultivar.

En Tunisie, plantée presque durant toute l'année à l'exception de la saison estivale, la pomme de terre se comporte alors différemment selon la saison de culture (Fahem & Haverkort, 1988), d'où la variation de son rendement (Fahem & Struik, 1991). La présente étude vise à déterminer les origines de la variation

de la production et de la distribution de la MS et du rendement final d'une culture de pomme de terre en zone méditerranéenne, durant les deux principales cultures de cette région. Les performances des plants de différentes origines et les effets de la variation des dates de plantation, seront étudiées par la même occasion.

Matériel et Méthodes:

Le protocole expérimental et la conduite de cet essai ont été déjà décrits par Fahem & Struik (1991). Ainsi, seules les mesures et les observations spécifiques à cette partie seront mentionnées.

Estimation de la couverture du sol (Csol): Les mesures de la Csol ont été effectuées hebdomadairement, à raison de 8 observations par traitement, soit deux observations par parcelle élémentaire et par semaine. Pour ce faire, la méthode décrite par Burstall & Harris (1983) a été adoptée, en utilisant un cadre de 80 × 90 cm de dimensions (Fahem & Haverkort, 1988). Cette grille, ayant une surface identique à celle occupée par 3 plantes, est divisée en 80 petits carrés. Les mesures se feront alors par comptage du nombre de carrés occupés par le feuillage vert et ce, en plaçant la grille sur la ligne à une hauteur ajustée avec celle des plantes. La proportion de couverture du sol (PCS) est définie alors comme étant le rapport du nombre de carrés occupés par le feuillage vert sur le nombre total (80).

Vitesse de la couverture du sol (VCS): Considérée par Midmore et Mendoza (1984) comme un caractère important pour atténuer les effets des hautes températures, la VCS est la pente de la régression linéaire joignant les premiers points de la courbe de la Csol. C'est aussi le pourcentage de Csol par jour, réalisé par la culture.

Estimation de la durée de couverture du sol (DCS): La DCS en fonction du nombre de jours après plantation (DAP), est estimée de la levée jusqu'à la maturité totale. Pour ce faire la méthode décrite par Kooman et Spitters (1990) a été adoptée. Ces derniers utilisent alors la fonction logistique (Eq 1) pour décrire l'évolution de Csol jusqu'au début du jaunissement des feuilles, alors que la deuxième phase (sénescence) est décrite à l'aide d'une régression linéaire (Eq 2). La DCS totale est calculée par intégration et sommation de ces deux fonctions (Eq 3).

$$PCS(1) = \frac{F_0 \cdot e^{R_0 \cdot DAP}}{F_0 \cdot e^{R_0 \cdot DAP} + 1 - F_0}$$

Eq 1

PCS (1) = proportion de couverture du sol de la levée jusqu'au début de la sénescence (%).

F_0 = couverture initiale du sol (%).

DAP = jours après plantation (j).

R_0 = développement relatif initial (j^{-1}).

PCS (2) = -aX + b Eq 2

PCS (2) = proportion de la couverture du sol du début de la sénescence jusqu'à la maturité (%).

a = vitesse de sénescence (%/j).

b = proportion de couverture du sol au début de la sénescence (%).

X = jours après plantation du début de sénescence jusqu'à la maturité.

$$DCS = \int (Eq1) + \int (Eq2)$$

Eq 3

DCS = durée de couverture du sol totale (j).

Radiation interceptée (RI): Elle est calculée en multipliant le pourcentage de Csol, par la radiation globale mesurée à l'aide d'un pyranomètre Gunn-Bellani. Les valeurs obtenues seront multipliées par un coefficient de 0.5, correspondant à la proportion de la radiation photosynthétiquement active (400 - 700 nm).

Estimation du rendement: Proposée par Spiertz et al. (1984), la formule présentée ci-après est utilisée pour estimer le rendement.

$$\underset{(gr/m^2)}{\text{Rendement}} = \underset{(gr/m^2)}{RI} \times \underset{(MJ/m^2)}{EUR_{TOT}} \times \underset{(gr/MJ)}{IR} / \underset{(gr/gr)}{\%MS}$$

Eq 4

Résultats:

Evolution de la couverture du sol: Vu la différence entre les conditions de croissance et les âges des plants utilisés, les résultats des deux saisons seront présentés séparément. Une récapitulation des résultats de l'analyse de variance est présentée par le tableau 1:

Tableau 1: Résultats de l'analyse de variance de la vitesse de couverture du sol (VCS), de la durée de couverture du sol (DCS) et de la couverture maximale du sol (CMS), en culture de saison (CS) et en culture d'arrière-saison (CAS). (pour détails voir matériel et méthodes).

Culture:	Saison			Arrière-saison		
Observations:	VSC	DCS	CMS	VSC	DCS	CMS
An		**	**		*	**
D	*	**	**	**	**	**
C		**		*	**	
A	**	**	**	**	**	**
D.C	**	**		**	**	**
D.A	**	**	**	**	**	**
C.A	**	**	**	**	**	**
D.C.A	**	**	**	**	*	**

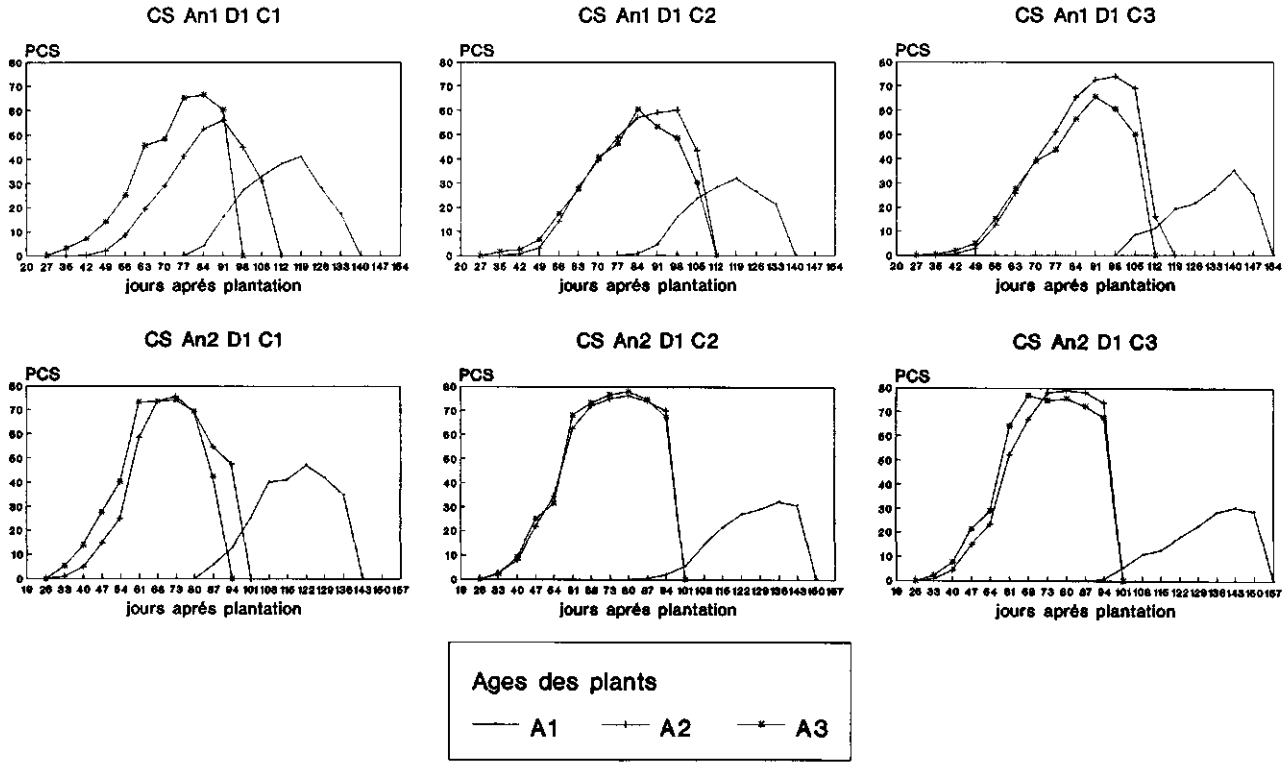
An=année, D=date, C=cultivar, A=âge des plants, *=0.01≤P<0.05 **=P<0.01.

Culture de saison: Dans la majorité des cas, le comportement des plants locaux A3 était identique à celui des plants importés A2 ce qui n'est pas le cas pour les plants jeunes A1 (fig. 1): ces derniers ont levé trop tardivement, soit à partir de fin Avril, et ont des tiges de faible densité, peu ramifiées (Fahem & Struik, 1991) d'où la faible VCS soit 1.55 %/j en moyenne (fig. 2a, 2b). Leur développement végétatif se déroulait durant les mois de Mai-Juin, coïncidant avec les périodes de fortes chaleurs (Tmax ≥ 25 °C); d'où les faibles valeurs de la CMS (fig. 3a, 3b) et de la DCS (fig. 4b). "Atica" (C1) ayant levé plus rapidement, possédait aussi une VCS plus importante, soit 1.90 %/j, alors que "Spunta" (C2) et "Désirée" (C3) réalisaient des VCS respectives de 1.30 et 1.39 %/j.

D'une façon générale, la croissance végétative est très lente avec un tel type de plants, surtout avec "Désirée" qui montrait déjà un fort pourcentage de manquants (plants n'ayant pas levé) particulièrement en D3 (Fahem & Struik, 1991).

Pour les plants importés A2, une faible VCS (fig. 2a) était observée en D1, soit 1.92 %/j. Cette VCS augmentera après pour se stabiliser à partir de D2 au niveau de 2.34 %/j. L'occupation rapide du sol en D2 et D3 s'était traduite aussi par une meilleure DCS, particulièrement avec les plants locaux frigo A3 (fig. 4b).

Parallèlement à l'effet de l'âge des plants, on a constaté un effet cultivar très significatif. "Atica", malgré son cycle court, possédait la DCS la plus élevée soit une moyenne de 28 j (fig. 4a), contrairement aux deux autres cultivars C2 et C3 dont la DCS moyenne était respectivement de 25.4 et 23.3 j. Ces mêmes



Figla: Evolution de la couverture du sol, en culture de saison (CS) date 1, pour les cultivars "Atica" (C1), "Spunta" (C2) et "Désirée" (C3).

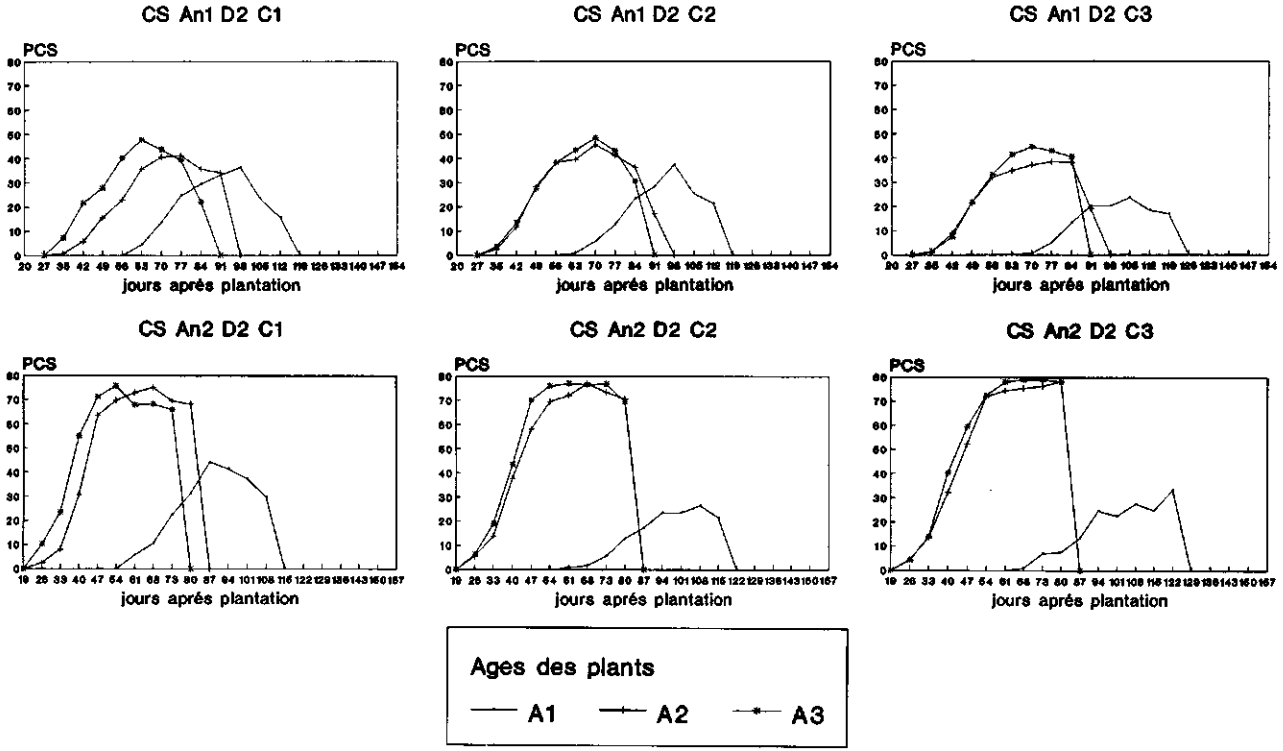


Fig1b: Evolution de la couverture du sol, en culture de saison (CS) date 2, pour les cultivars "Atica" (C1), "Spunta" (C2) et "Désirée" (C3).

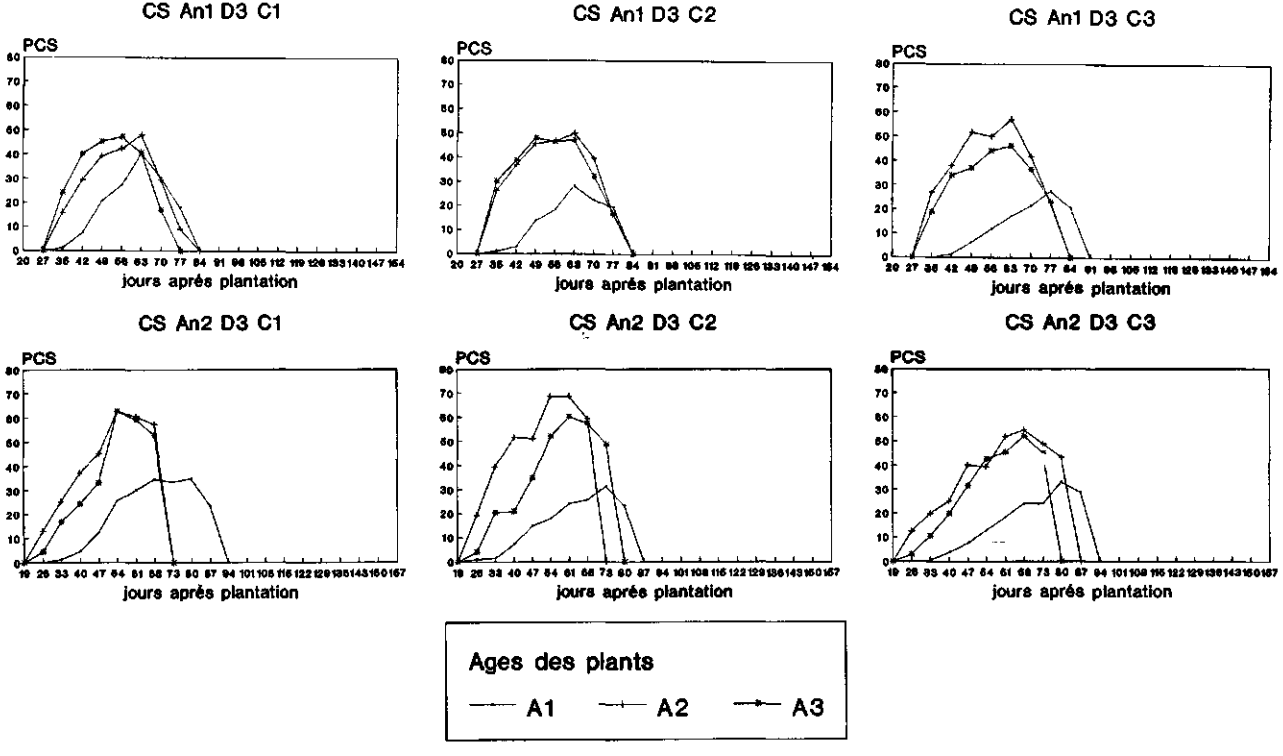


Fig1c: Evolution de la couverture du sol, en culture de saison (CS) date 3, pour les cultivars "Atica" (C1), "Spunta" (C2) et "Désirée" (C3).

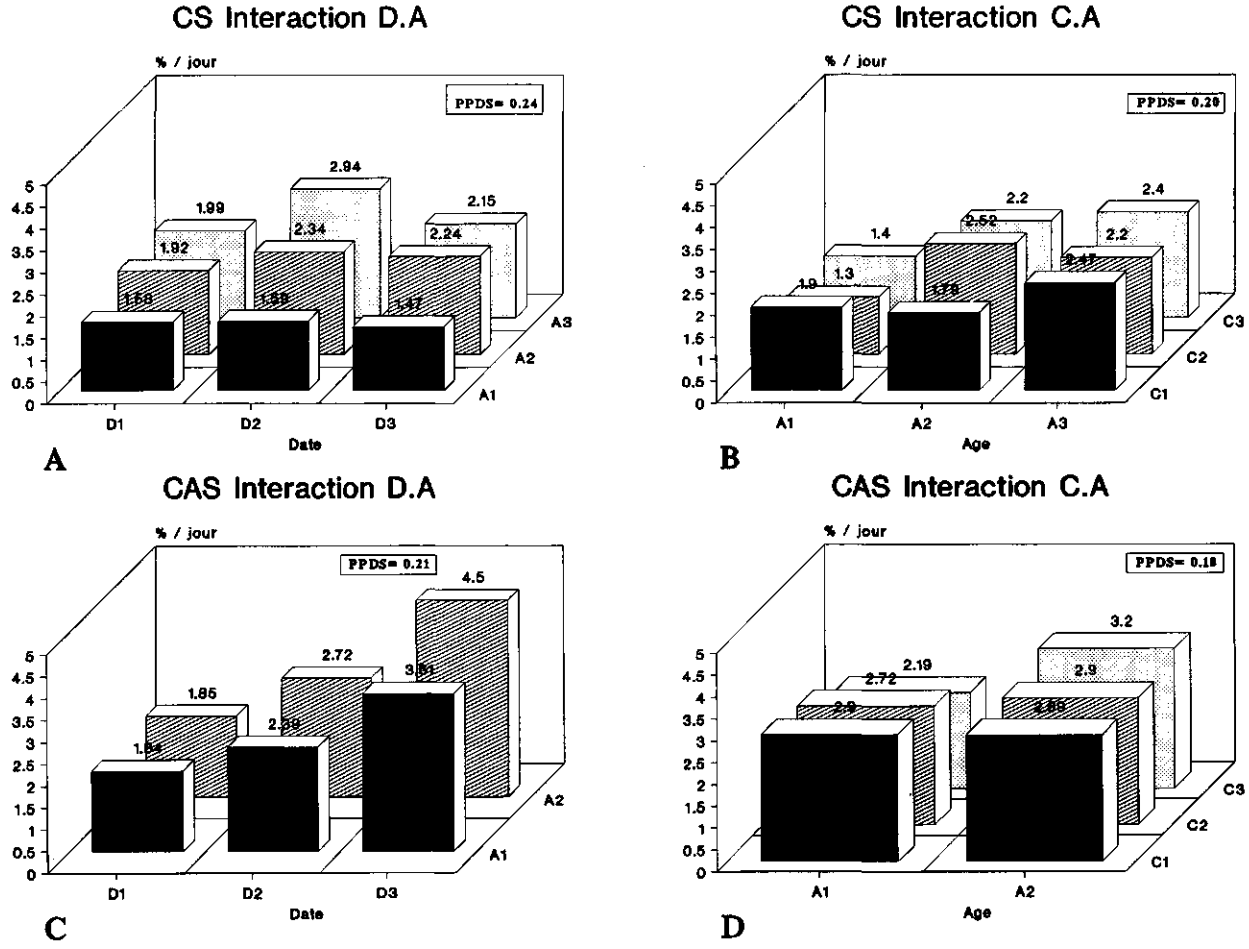
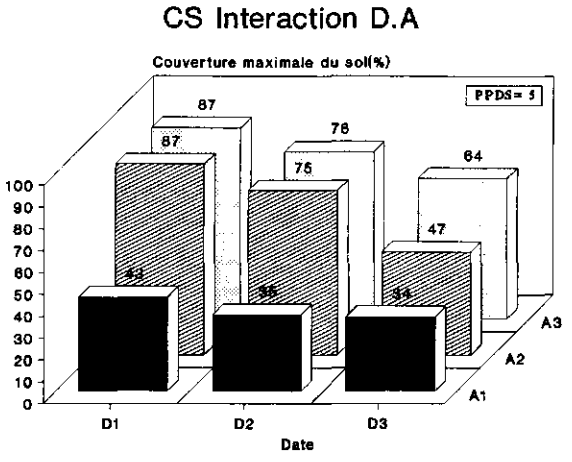


Fig2: Evolution de la vitesse de couverture du sol (VCS) en culture de saison et en culture d'arrière-saison (CAS), A: interaction date x âge en CS, B: interaction cultivar x âge en CS, C: interaction date x âge (CAS) et D: interaction cultivar x âge en CAS.



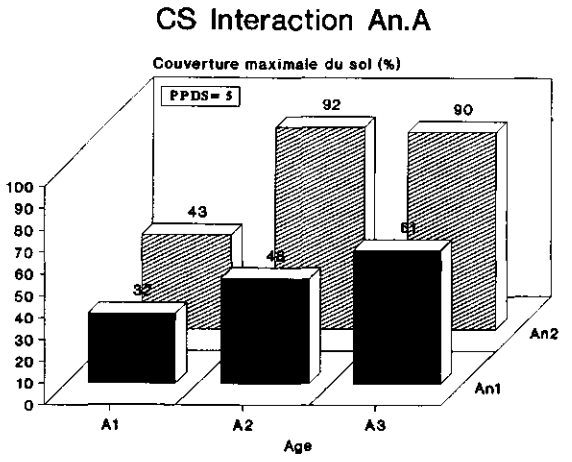
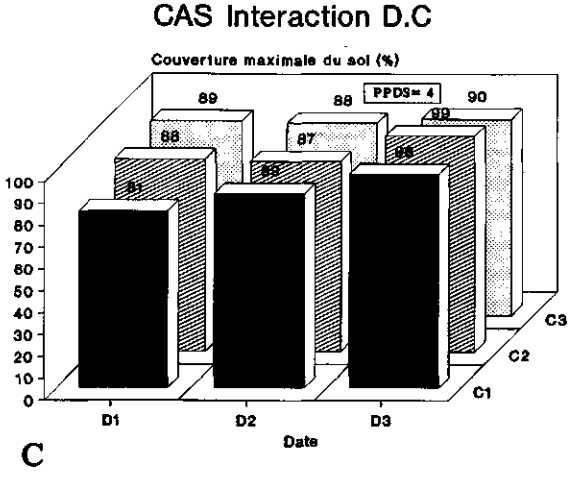


Fig. 3: Evolution de la couverture maximale du sol (CMS) en culture de saison (CS) et culture d'arrière-saison (CAS), A: interaction date x âge en CS, B: interaction année x âge en CS et C: interaction date x âge en CAS.



cultivars se comportent différemment selon les différentes dates de plantation d'où l'interaction D.C (tableau 1); "Spunta" se montre plus stable et sa DCS fluctue entre 20 et 28 j. Chez "Atica" ces fluctuations étaient plus importantes, elles étaient alors situées entre 35 et 20 j respectivement pour D2 et D3 (fig. 4a). La variation des conditions climatiques et de stockage, explique l'interaction An.A (tableau 1), soit des DCS plus importantes en An2 (fig. 4b).

L'évolution de la CMS et de la DCS, n'était pas concomitante avec celle de la VCS. C'est en D1, où la VCS était faible, qu'on a obtenu les meilleures DCS et inversement en D3 où malgré la VCS élevée on a obtenu de faibles DCS. Cependant, si de telles valeurs étaient dues au vieillissement des plants de C1, il n'en est pas de même pour les deux autres cultivars où c'est plutôt le jaunissement accéléré du feuillage à la fin du mois de Mai qui en est responsable. Dans ce cas, on note des différences des dates de maturation, soit une meilleure précocité pour le cultivar C1 (fig. 1c).

Culture d'arrière-saison: Au cours de cette culture c'est surtout la VCS (tableau 1) qui varie avec la variation des dates de plantation. Cette vitesse était alors de 1.8, 2.5 et 4 %/j, respectivement pour les dates D1, D2 et D3. Bien qu'il existe un effet cultivar significatif, c'est surtout la différence entre les âges A1 et A2 qui est le plus responsable de la variation de la VCS (2.6 pour A1 et 3.0 %/j pour A2). En plantation précoce, cet effet est moins marqué, soit une VCS moyenne de 1.8 %/j, alors que la différence devient plus importante en D3, soit 3.6

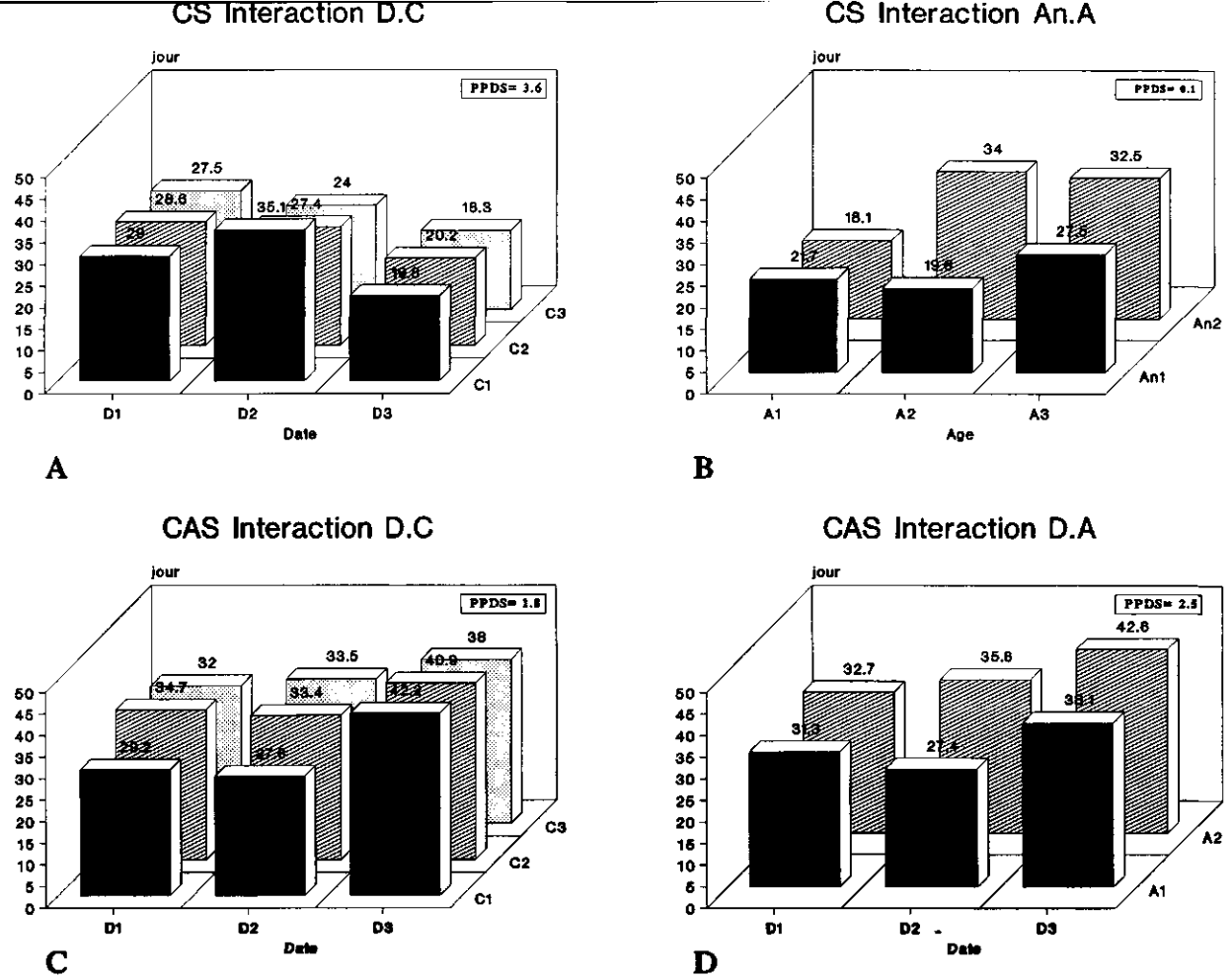


Fig4: Evolution de la durée de couverture du sol (DCS) en culture de saison (CS) et en culture d'arrière saison (CAS), A: Interaction date x âge (CS), B: interaction année x âge (CS), C: interaction date x cultivar (CAS) et D: interaction date x âge (CAS).

et 4.5 %/j respectivement pour les âges A1 et A2, d'où l'interaction A.D (fig. 2c).

C'est aussi en D3 qu'on a obtenu les valeurs les plus élevées de CMS, ces derniers ont évolué de 86 à 95 % entre D1 et D3. Ce phénomène est plus accentué chez les plants A2.

La plantation très tardive D3, ayant entraîné une meilleure VCS et une CMS élevée, avait produit le même effet au niveau de la DCS soit une moyenne de 40 j. Les plantations D1 et D2, ayant levé en même temps, ont enregistré les mêmes DCS, soit des valeurs moyennes respectives de 32 et 31 j (fig. 4c, 4d).

Les courbes de couverture du sol, présentées par les figures 5a, 5b et 5c, montrent une similitude entre les VCS et les vitesses de sénescence. En effet, c'est en D3 que la levée est rapide et que l'on note aussi la sénescence la plus rapide, surtout avec l'âge A1 (fig. 5c). Inversement, pour l'âge A2, le facteur cultivar reste important. D'une façon générale, là où la croissance est lente (D1) la sénescence est lente (D3) et inversement.

Efficacité de l'utilisation de la radiation: Résultat du produit de la proportion de la couverture du sol (PCS) et de la radiation photosynthétiquement active (RPA), la radiation interceptée va dépendre surtout de la saison de culture, alors que l'efficacité de son utilisation dépendra de l'ensemble des facteurs manipulés surtout en culture de saison. Une récapitulation des résultats de l'analyse de variance sera présentée dans le tableau 2.

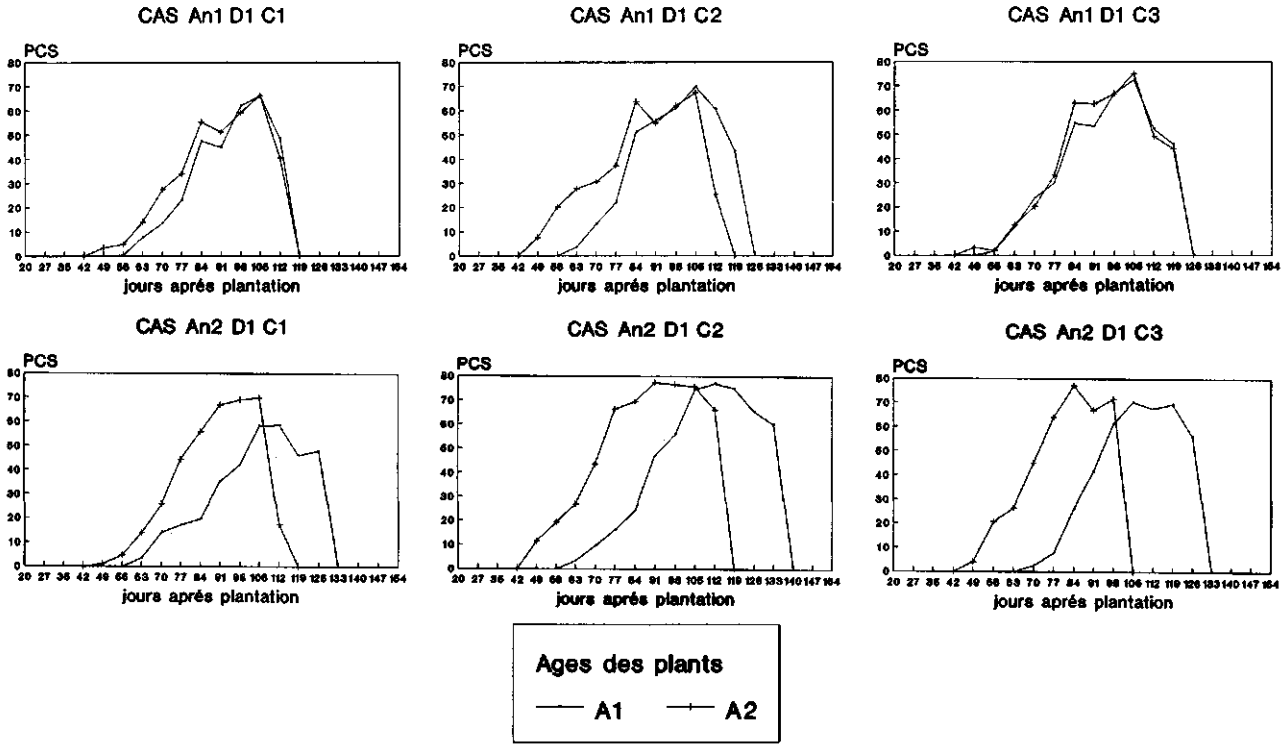


Fig5a: Evolution de la couverture du sol en culture d'arrière-saison (CAS) date 1, pour les cultivars "Atica" (C1), "Spunta" (C2) et "Désirée" (C3).

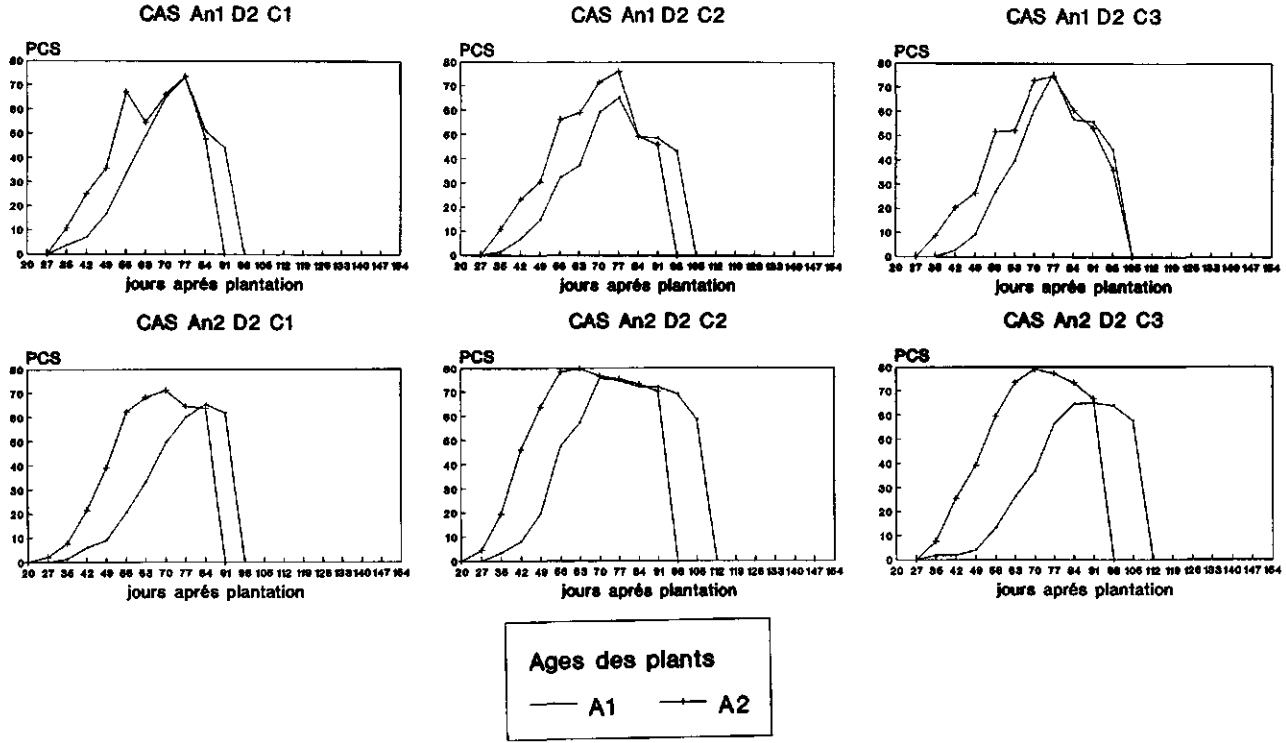


Fig5b: Evolution de la couverture du sol en culture d'arrière-saison (CAS) date 2, pour les cultivars "Atica" (C1), "Spunta" (C2) et "Désirée" (C3).

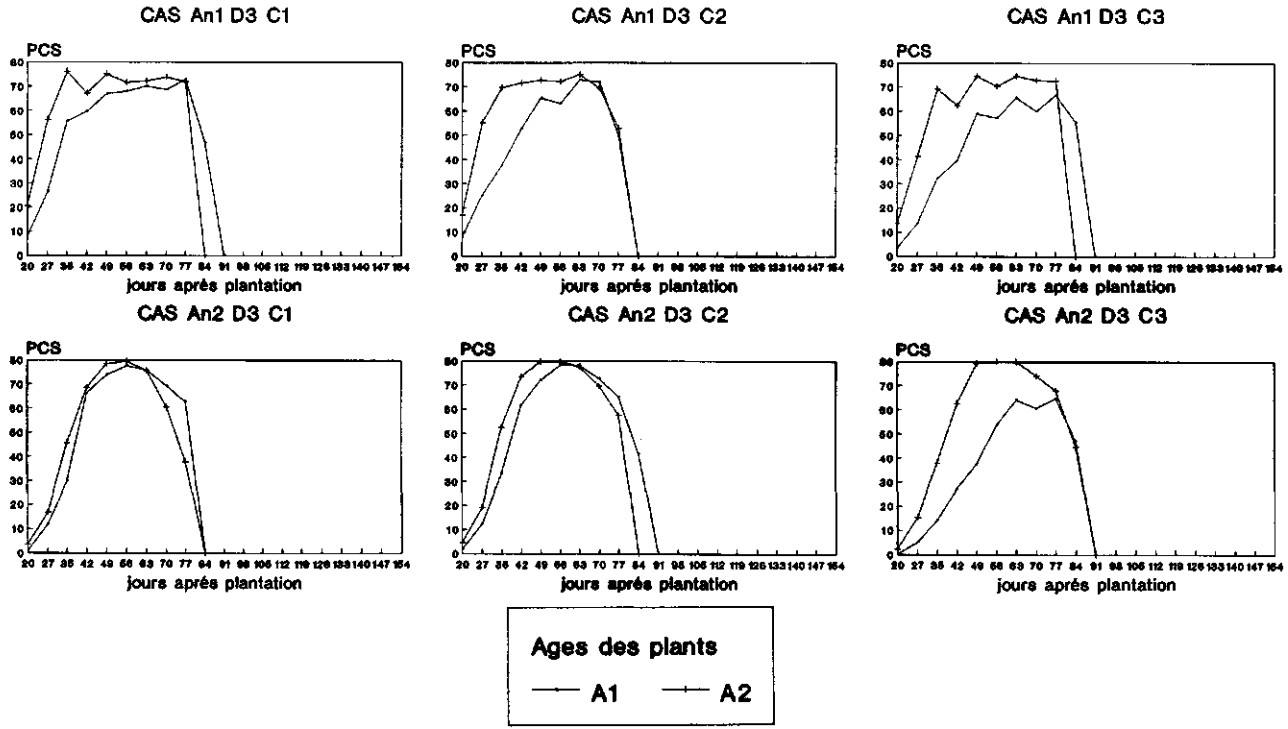


Fig5c: Evolution de la couverture du sol en culture d'arrière-saison (CAS) date 3, pour les cultivars "Atica" (C1), "Spunta" (C2) et "Désirée" (3).

Tableau 2: Résultats de l'analyse de la variance de l'efficacité de l'utilisation de la radiation totale (EUR_{tot}), de l'efficacité de l'utilisation de la radiation pour la tubérisation (EUR_{tub}) et de l'indice du rendement (IR), pour les cultures de saison (CS) et d'arrière-saison (CAS).

Culture:	Saison			Arrière-saison		
Observations:	EUR_{tot}	EUR_{tub}	IR	EUR_{tot}	EUR_{tub}	IR
An		*				
D	*	**		**	**	
C	**	**	**		**	*
A	**	**	**	**	**	
D.C		**	*	*		
D.A	**	*	**	**		
C.A	**	**	**	**	**	
D.A.C	**	**		**		

An=année, D=date, C=cultivar, A=âge des plants, *=0.01≤P≤0.05, **=P<0.01.

Culture de saison: Au cours de cette culture, l'évolution de la PCS se fait parallèlement avec celle de la RPA. En plantation précoce D1, la faible VCS coïncide avec de faibles disponibilités de RPA, alors qu'à sa CMS, soit à la phase de croissance des tubercules, la radiation disponible était beaucoup plus importante. Cette bonne interception lumineuse est accentuée par la sénescence lente du feuillage.

En plantation tardive D3, malgré les disponibilités énergétiques importantes, la RI va être réduite suite à la réduction de la DCS constatée auparavant. C'est aussi le cas des cultures issues de plants trop jeunes A1.

L'évolution des températures de l'air et du sol se font dans le même sens. Alors que ces températures sont faibles durant les mois de Janvier-Février (Fahem et Struik, 1991), elles deviennent plus modérées à partir du mois de Mars, avec une plus forte

amplitude thermique entre le jour et la nuit. En plantation tardive D3, les faibles valeurs de la DCS ne seront pas compensées par les grandes disponibilités de radiation, période durant laquelle les températures deviennent trop élevées, dépassant parfois les 35 °C (1988).

L'évolution progressive de la RI est suivie par des valeurs proportionnelles de l'EUR_{tot}. Ayant une croissance plus rapide les plantations tardives issues des plants A2 et A3, possèdent les valeurs les plus élevées. Ces valeurs évoluent entre une moyenne de 1.1 et 1.5 gr/MJ (RPA) (fig. 6a), respectivement pour D1 et D3. En année sèche (1988), ce phénomène est plus accentué, d'où l'interaction D.An (tableau 2). En fait, là où la croissance est rapide, l'EUR_{tot} est plus importante.

"Atica" ayant une croissance rapide, possède aussi l'EUR_{tot} moyenne la plus élevée, soit 1.52 gr/MJ (RPA). Inversement les cultivars C2 et C3 ont une efficacité moins importante. Ainsi, leurs EUR_{tot} respectives sont de 1.32 et 1.40 gr/MJ (RPA) avec une différence non significative. Ces faibles valeurs observées, sont causées essentiellement par les plants A1 (fig. 6b).

L'effet de l'âge des plants évolue dans le même sens. Ainsi seul l'âge A1, avec son EUR_{tot} de 1.07 gr/MJ (RPA), est différent de A2 et A3. Ces derniers possèdent alors une EUR_{tot} moyenne de 1.62 gr/MJ (RPA). Leur vieillissement continu est à l'origine des interactions D.A et C.A (tableau 2).

La croissance des tubercules se fait généralement à une vitesse proportionnelle à celle de la croissance végétative. Ainsi donc, des constatations similaires peuvent êtres faites entre l'EUR_{tot} et l'EUR_{tub}.

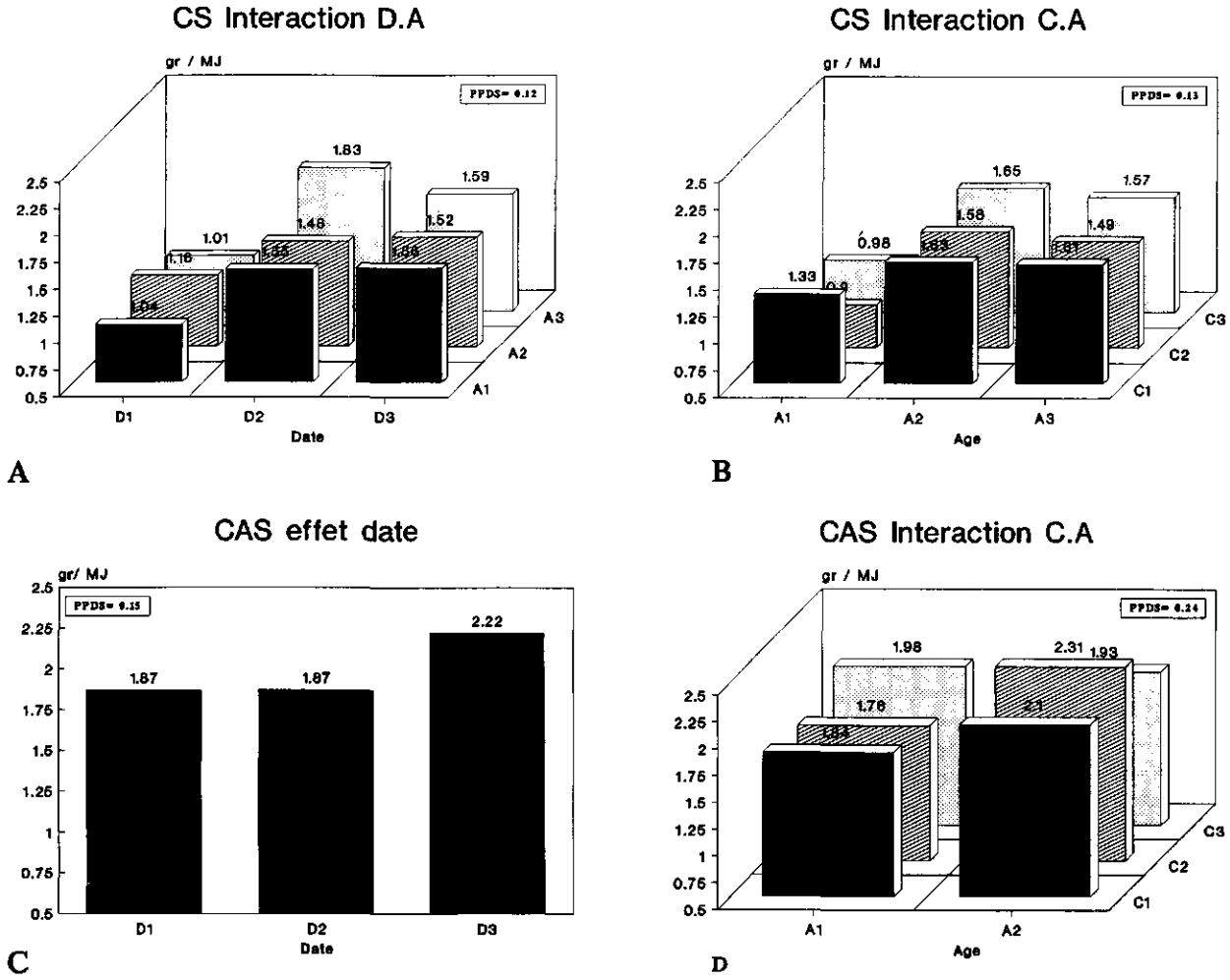


Fig6: Evolution de l'éfficacité de l'utilisation de la radiation totale (EUR_{tot}), en culture de saison (CS) et en culture d'arrière-saison (CAS), A: interaction date x âge (CS), B: interaction cultivar x âge (CS), C: éffet date (CAS) et D: interaction cultivar x âge (CAS).

C'est en D3 que l'EUR_{tub} est la plus élevée avec une moyenne de 1.54 gr/MJ (RPA). En D1 et D2, où la différence est non significative, EUR_{tub} est alors d'une moyenne de 1.30 gr/MJ (RPA) uniquement. Il existe aussi un effet cultivar significatif et les valeurs de l'EUR_{tub} sont alors de 1.72, 1.28 et 1.17 gr/MJ (RPA) respectivement pour C1, C2 et C3. L'efficacité élevée de C1 provient surtout de plants jeunes A1 (fig. 7c), d'où l'interaction C.A (tableau 2).

La variation des conditions de croissance, va entraîner une modification de la répartition de la MS dans la plante, donc de son IR (tableau 2). En culture de saison, cet indice va dépendre surtout du cultivar, de l'âge des plants et plus particulièrement de l'interaction entre-eux. Seuls les traitements C2A1 et C3A1 possèdent un IR inférieur à 0.7 gr/gr, alors que le reste des valeurs est supérieur à 0.8 gr/gr. Le faible développement constaté en 1988, s'était traduit par une interaction A.An. Les plants A2 et A3, qui ont donné des IR respectifs de 0.93 et 0.90 gr/gr en 1988, voient leurs IR chuter à 0.83 et 0.82 gr/gr en 1989. C'est aussi avec les plants jeunes A1 qu'on a obtenu les plus faibles IR, soit 0.55 et 0.67 gr/gr respectivement pour les années 1988 et 1989. L'interaction C.A provient surtout du cultivar "Désirée", qui suite a son très faible rendement avec les plants A1, a enregistré aussi un faible IR, soit 0.34 gr/gr (fig. 8a).

Culture d'arrière-saison: Durant cette culture où l'évolution de la croissance végétative se fait dans un sens opposé à celui de la RG, les conséquences de la variation des facteurs de

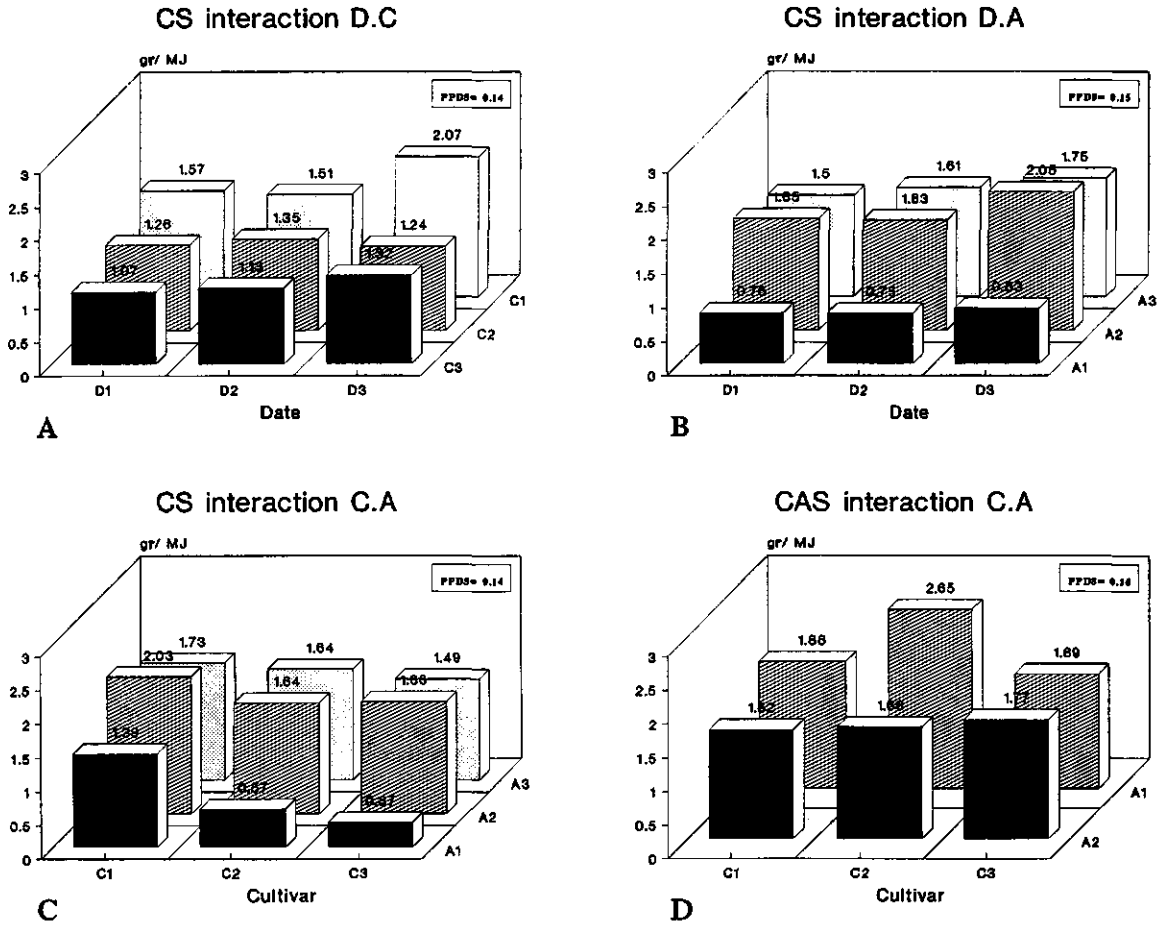
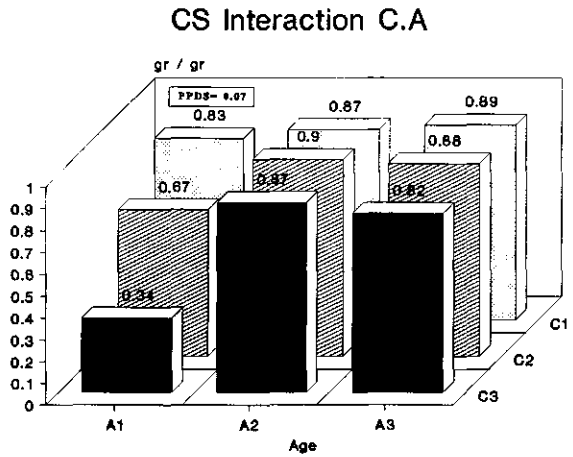
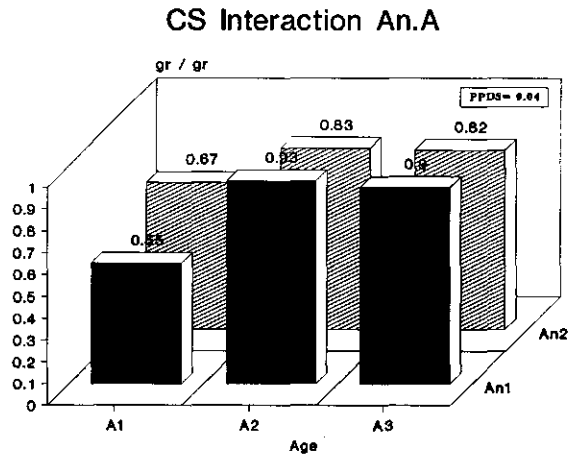


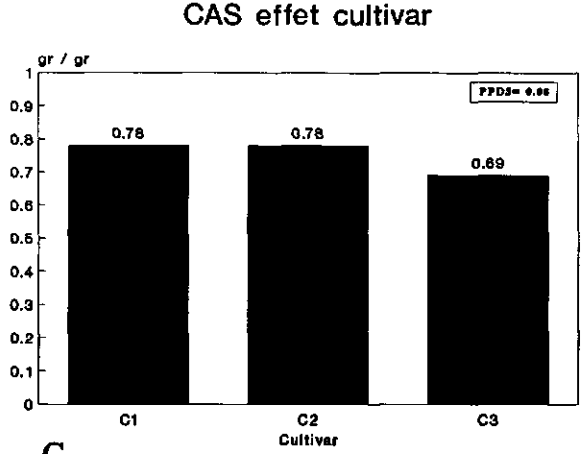
Fig7: Evolution de l'éfficacité de l'utilisation de radiation pour la tubérisation, en culture de saison et en culture d'arrière-saison (CAS), A: interaction date x cultivar en CS, B: interaction date x âge en CS, C: interaction cultivar x âge en CS et D: interaction cultivar x âge en CAS.



A



B



C

Fig8: Evolution de l'indice du rendement (IR) en culture de saison (CS) et en culture d'arrière-saison (CAS), A: interaction cultivar x âge en CS, B: interaction année x âge en CS et C: effet cultivar en CAS.

production vont être différentes de celles obtenues au cours de la culture de saison, surtout au niveau de l'IR.

Le bon développement végétatif réalisé par les cultures tardives D3, se répercute alors par une meilleure EUR_{tot}, soit 2.22 gr/MJ (RPA); alors que cette dernière est identique pour D1 et D2, soit 1.87 gr/MJ (RPA) (fig. 6c). Cette différence provient surtout des plants A2 dont l'EUR_{tot} moyenne est de 2.11 gr/MJ (RPA), alors qu'elle est de 1.86 gr/MJ (RPA) pour A1.

Malgré l'absence d'un effet cultivar, il existe une interaction A.C (tableau 2), suite à la bonne VCS réalisée par "Atica" et "Spunta", ce qui n'est pas le cas chez "Désirée". C'est avec le traitement C2A2 que cette efficacité est la plus élevée, soit une EUR_{tot} de 2.31 gr/MJ (RPA) (fig. 6d). La plantation D1 étant très précoce, les plants ne sont pas encore réveillés et de ce fait, la différence entre D1 et D2 n'est pas significative, alors qu'elle l'est avec D3 (fig. 6c). Seulement, il existe une différence significative entre les cultivars au niveau de l'EUR_{tub} (tableau 2). "Spunta" possède l'EUR_{tub} la plus élevée soit 1.9 gr/MJ (RPA), alors que ces valeurs sont de 1.73 et 1.58 gr/MJ (RPA), respectivement pour les cultivars C1 et C3. Cette bonne efficacité de "Spunta" provient surtout des jeunes plants A1 (fig. 7d).

Au niveau de l'IR (fig. 8), la moyenne globale en CAS est nettement inférieure à celle de la CS. Seul l'effet cultivar est significatif, soit 0.78, 0.78 et 0.69 gr/gr respectivement pour C1, C2 et C3.

Suite à ces résultats, on ne doit pas se contenter de la mesure de la couverture du sol et de la radiation interceptée pour

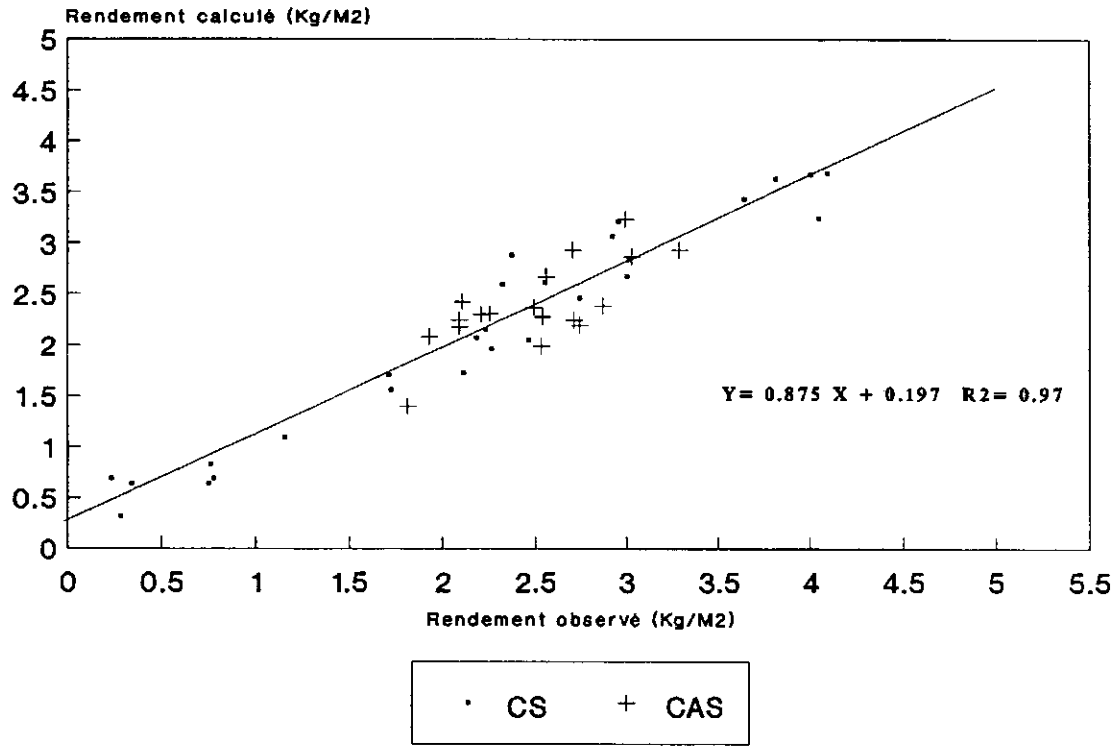


Fig9: Corrélation linéaire entre les rendements calculés (d'après Spiertz et al., 1984) et les rendements observés, en culture de saison et en culture d'arrière-saison.

prévoir le rendement final d'une culture de pomme de terre. L'utilisation de la formule (Eq 4), proposée par Spiertz et al. (1984), nous a montré que le rendement peut être estimé, si on tient compte à la fois de la quantité de RI, de l'EUR, de la concentration des tubercules en matière sèche et de l'IR; d'où la corrélation linéaire entre le rendement estimé et celui observé (fig. 9).

Discussion:

L'ensemble des facteurs agronomiques, manipulés au cours de cette série d'essais, a conditionné le comportement de cette culture; d'où la différence entre les saisons voire même entre les dates de plantation au cours d'une même saison. Certes, il existe une relation entre le développement de la couverture du sol, la quantité de radiation interceptée et le rendement final. Seulement, cette relation peut être modifiée par les facteurs agronomiques (choix du cultivar, de la date de plantation, de l'âge des plants etc...).

En zone méditerranéenne et durant certaines périodes de l'année (Avril - Septembre), le climat semble se rapprocher plus du type tropical où le facteur déterminant est la température. Dans nos conditions, l'action de la température se limite uniquement à la répartition de la MS et non à l'état hydrique de la plante (irrigation suffisante). Durant d'autres périodes, (Octobre - Mars) ce climat se rapprochera plutôt du type tempéré où c'est le facteur radiation qui détermine le plus le rendement.

En culture de saison, chaque retard de la date de plantation augmente le risque d'exposition de la culture aux effets des hautes températures estivales malgré le vieillissement des plants. Ainsi, seules les courbes de la première date de plantation semblent prendre une allure normale, soit une meilleure précocité pour les cultures issues de plants locaux frigo (A3) et une sénescence lente. Dans ces conditions, on a obtenu aussi la plus longue durée de couverture du sol, plus particulièrement durant la phase de grossissement des tubercules. Une telle situation a bénéficié de deux avantages essentiels: d'un côté, la quantité de radiation interceptée de l'initiation jusqu'à la maturité, d'un autre côté, les températures modérées du sol (de 18 à 20 °C). Ces derniers facteurs, selon Midmore (1984) et Struik et al. (1989b), favorisent le maintien de l'activité respiratoire à un niveau réduit d'où un meilleur grossissement des tubercules. Ces derniers doivent avoir aussi, le taux de matière sèche le plus important, chose qui parait en contradiction avec nos résultats précédents (Fahem & Struik, 1991). Dans notre cas, l'arrachage est effectué juste au moment du jaunissement du feuillage, alors que la peau n'est pas encore ferme, voire une migration des réserves des tiges vers les tubercules non complète.

Le retard de la plantation, de mi-Février (D2) jusqu'à fin Mars (D3), fait que la phase de grossissement des tubercules coïncide de plus en plus avec les périodes de hautes chaleurs d'un côté, d'un autre côté avec la diminution de la vigueur des plants suite à leur vieillissement. Dans de telles conditions, on assiste à un faible développement végétatif et à un réchauffement plus

accentué du sol, suite à l'incidence directe d'une fraction des rayons solaires. Des circonstances pareilles accélèrent la croissance, hâtent la tubérisation et la sénescence (Harris, 1983). Ces résultats semblent contredire ceux de Marinus et Bodlaender (1975), qui ont constaté que les hautes températures prolongent plutôt le cycle végétatif par l'initiation de nouvelles feuilles. Dans nos conditions, même l'utilisation de plants trop jeunes, ne nous a pas permis de surmonter ce problème.

Cependant, nos résultats semblent confirmer ceux obtenus par Midmore (1984). Ce dernier montre que la grande efficacité de l'utilisation de la radiation et l'indice du rendement élevé, traduisent plutôt une tubérisation rapide et une translocation des assimilats des tiges vers les tubercules. D'une façon générale, au cours de cette culture, chaque fois qu'on a de bonnes efficacités de l'utilisation de la radiation (RPA) et de bons indices du rendement, on a aussi de faibles DCS, d'où les faibles rendements.

En culture d'arrière-saison, on assiste à une situation inverse, aussi bien au niveau de l'âge des plants qu'au niveau des conditions climatiques.

En plantation précoce (Juillet - Août), cette culture rencontre les problèmes causés par les hautes températures. Ces derniers vont entraîner un mauvais développement radiculaire, réduire le pourcentage de levée et retardent l'initiation des tubercules. Selon Struik et al. (1989b), l'action conjuguée des températures élevées de l'air et du sol hâte l'initiation des tubercules, diminue leur nombre et réduit l'accumulation de la matière sèche

dans les stolons, d'où leurs longueurs réduites. Dans notre cas, de telles réactions semblent s'amplifier par l'action conjuguée du milieu et de l'âge des plants, d'où le retard de la levée, son hétérogénéité et les faibles vitesses de couverture du sol. D'après Midmore (1984), ce dernier facteur est très important dans de pareilles conditions quant à son pouvoir d'atténuer les températures du sol. Cette vitesse parait dépendre à la fois de la date de plantation et du type de cultivar. Ainsi, c'est en plantation précoce (D1 et D2) qu'on a obtenu le plus de ramifications et plus particulièrement avec "Spunta".

D'après le même auteur, si ces conditions de températures devenues alors plus modérées, coïncident avec la phase du grossissement des tubercules, elles entraîneront une diminution de l'activité respiratoire des tubercules et une meilleure accumulation de matière sèche.

L'utilisation de plants jeunes, a entraîné un prolongement de la période de croissance mais pas de la durée de couverture du sol. Les faibles valeurs de ce dernier facteur, sont causées essentiellement par le nombre élevé de manquants (Fahem & Struik, 1991) et plus particulièrement chez "Désirée". De telles conditions, ayant favorisé la distribution de la matière sèche au niveau du feuillage au détriment des tubercules (un indice du rendement faible), ont donné les plus faibles, rendements. Les grandes disponibilités en radiation et la bonne efficacité de son utilisation n'ont pas permis d'obtenir de bons rendements. Il s'avère aussi que, dans de telles conditions, l'activité photosynthétique devient plus réduite ([CO2]) alors que la respiration devient plus intense, soit une plus grande

dégradation des sucres photosynthétisés, donc moins de réserves accumulées.

En plantation très tardive D3 (début Octobre), où les plants sont déjà prégermés, la levée est plus rapide et plus homogène, d'où la plus grande vitesse de couverture du sol. Durant cette période, malgré les valeurs élevées de la durée de couverture du sol, la radiation interceptée va être réduite. Les faibles rendements obtenus dans ces conditions sont alors la conséquence directe de cette situation. La sénescence rapide, intervenue au cours du mois de Décembre, a amplifié les effets de manque de radiation par la rupture brusque de la croissance des tubercules. Cette sénescence rapide semble avoir deux origines, dont la première est d'ordre physiologique suite à l'initiation rapide de la tubérisation, alors que la seconde est d'ordre climatique suite aux basses températures enregistrées au mois de Décembre.

D'une façon générale, les meilleurs rendements sont obtenus, quand les hauts niveaux d'interception lumineuse coïncident avec des températures favorables du sol et de l'air, soit entre 18 et 25 °C. Dans le cas contraire, même si l'efficacité de l'utilisation de la radiation est très importante, le raccourcissement de la durée de couverture du sol semble jouer un rôle plus important dans la détermination du rendement. En utilisant la formule proposée par Spiertz et al. (1984), on se rend compte que les paramètres mesurés, voient leur importance varier selon les saisons. Ainsi, en culture de saison précoce, où l'efficacité de l'utilisation de la radiation est moins importante, on a aussi de meilleurs IR et des pourcentages de MS plus élevés. En culture d'arrière-saison on assiste à une

situation inverse. En fait, durant cette dernière culture, la différence entre les rendements est moins importante, l'IR est plus stable et le pourcentage de MS des tubercules est constant. Une telle situation a fait que la corrélation entre le rendement observé et le rendement calculé est moins importante (R^2 = 0.79) que celle de la culture de saison (R^2 = 0.98), d'où la faible pente de la régression.

Références bibliographiques:

-Allen, E.J. & R.K. Scott, 1980. The analysis of growth of the potato crop. Journal of Agricultural Science (Cambridge) 94: 583-606.

-Burstall, L. & P.M. Harris, 1983. The estimation of percentage light interception from leaf area index and percentage ground cover in potatoes. Journal of Agricultural Science (Cambridge) 100: 241-244.

-Ewing, E.E, 1981. Heat stress and the tuberization stimulus. American Potato Journal 58 : 31-45.

-Fahem, M. & A.J. Haverkort, 1988. Comparison of the growth of potato crops grown in autumn and spring in North Africa. Potato Research 31: 557-568.

-Fahem, M. & P.C. Struik, 1991. Influence de l'origine et du mode de stockage des plants sur leurs performances, en condition méditerranéenne. I: Influence de la date de plantation sur la levée, le nombre de tiges et le rendement, 1991. (encours de publication)

-Haverkort, A.J. & C. Rutayisire, 1986. Utilisation des engrais chimiques sous conditions tropicales. 2: Effet de l'application d'azote , phosphore et potasse sur la relation entre la radiation interceptée et le rendement de la pomme de terre en Afrique centrale. Potato Research 29: 357-365.

-Harris, P.M., 1983. The use of root data in some agronomic research. In: Root ecology and its practical application. International Symposium, Gumpenstein, 1982, Bundesanstalt Gumpenstein, A-8952, Irding, 1983, pp. 525-533.

-Kooman, P.L. & C.J.T. Spitters, 1991. A coherent set of modules to simulate potato growth. In: Simulation Monograph, PUDOC, Wageningen. (sous presse).

-Krauss, A. & H. Marschner, 1984. Growth rate and carbohydrate metabolism of potato tubers exposed to high temperatures. Potato Research 27: 297-303.

-Marinus, J. & K.B.A. Bodlaender, 1975. Response of some potato varieties to temperature. Potato Research 18: 189-204.

-Midmore, D.J. & H.A. Mendoza, 1984. Improving adaptation of the potato (*Solanum* spp.) to hot climates - some physiological considerations. In. Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, 6th, 1983. Proceedings. pp: 457-464.

-Midmore, D.J., 1984. Potato (*Solanum* spp.) in the hot tropics. I. Soil temperature effects on emergence, plant development and yield. Field Crops Research 8: 255-271.

-Scott, R.K. & S.J. Wilcockson, 1978. Application of physiological and agronomic principles to the development of the potato industry. In: P.M. Harris (ed), The potato crop, Chapman & Hall, London, pp: 678-704.

-Spiertz, J.H.J., H.D.J. Van Heemst & F.W.T. Penning De Vries, 1984. Modelling growth and production of potatoes. Proceedings de la 9e Conférence trisannuelle de l'EAPR, Interlaken pp: 99-113.

-Steward, F.C., V. Moreno & W.M. Roco, 1981. Growth, form and composition of potato plants as affected by environment. Annals of Botany. (NS) 48, Suppl. 2, 1-45.

-Struik, P.C., J. Geertsema, & C.H.M.G. Custers, 1989a. Effects of shoot, root and stolon temperature on the development of the potato (*Solanum tuberosum* L.) plant. I. Development of the haulm. Potato Research 32: 133-149.

-Struik, P.C., J. Geertsema, & C.H.M.G. Custers, 1989b. Effects of shoot, root and stolon temperature on the development of the potato (*Solanum tuberosum* L.) plant. III. Development of tubers. Potato Research 32: 151-158.

-Souibgui, M., 1988. Investigation into relationships between temperature and development and between intercepted radiation and growth in two potato cultivars. PhD thesis, University of Reading, Reading, UK.

-Zaag, D.E. van der & D. Horton, 1983. Potato production and utilisation in world perspective with special reference to the tropics and sub-tropics. Potato Research 26: 323-362.

CHAPITRE 6

Soumis pour publication (1991).

Influence de l'origine et du mode de stockage des plants sur leurs performances en conditions méditerranéennes. III: Influence de la date de plantation sur la distribution du calibre.

M. Fahem[1], P.C. Struik[2].

1 CPRA - Saïda, Ministère de l'Agriculture, Direction Générale de la Formation et de la Recherche Agricole. Saïda 2031, Tunisie.

2 Département des Grandes Cultures et des Cultures Fourragères. Université Agronomique de Wageningen, Haarweg 333, 6709 RZ Wageningen, Pays Bas.

Résumé:

La distribution du calibre, définie par le poids moyen du tubercule (μ) et l'écart-type (σ), a été étudiée sur le rendement des cultures de saison et d'arrière-saison, en conditions méditerranéennes. Le nombre de tubercules par plante est plus important en culture de saison, alors qu'en culture d'arrière-saison, ces tubercules peu nombreux, sont de plus gros calibre et d'un taux de matière sèche plus faible. C'est avec le cultivar "Spunta" qu'on a obtenu les plus gros tubercules.
L'augmentation du nombre de tiges par plante, est suivi par une augmentation du nombre de tubercules, plus particulièrement en culture de saison. En culture d'arrière-saison ce dernier se montre plus stable.

Mots-clés additionnels: Distribution du calibre, nombre de tubercules, poids moyen, variabilité relative.

Introduction:

La variation des saisons de culture voire même des dates de plantation au sein de la même saison, de la culture de pomme de terre en zone méditerranéenne (Fahem et Struik, 1991a), s'était

traduite par un ensemble de modifications du comportement des plantes. Ces modifications se situent principalement au niveau du nombre de tiges, du nombre de tubercules et de la longueur du cycle végétatif. Il s'avère que ces conditions sont déterminantes quant à la distribution du calibre également. Selon Sands & Regel (1983), cette distribution peut être définie pour un cultivar donné, par le poids moyen (μ) et l'écart-type (σ). L'importance de ce facteur dépend de la destination de la production (consommation ou multiplication).

Le mécanisme exact de la distribution du calibre, est encore mal connu. Seulement, certaines corrélations ont été déjà constatées entre le nombre de tiges, le nombre de tubercules et leurs poids moyens (Travis, 1987; MacKerron et al., 1988). Ces facteurs sont à leur tour conditionnés par la variation des conditions de croissance (Ahmed & Sagar, 1981; Struik et al., 1990; Fahem & Struik, 1991a). C'est ainsi qu'en cas d'une courte période de croissance, l'initiation des tubercules est rapide, leur grossissement se fait simultanément (Moorby, 1967) et au moment de la maturité, la plante arrête toute initiation de nouveaux tubercules. En cas de variétés tardives et si les conditions climatiques le permettent, de nouveaux tubercules seront initiés. D'une façon générale, en cas d'un nombre réduit de tubercules et de stolons courts, la concurrence pour le grossissement est moins importante et par conséquent, le rendement est moins homogène. Dans ce sens Struik et al. (1991), constatent qu'il existe une corrélation négative entre la variabilité relative ($VR=\sigma/\mu$) et le nombre de tubercules par unité de surface; cette VR diminue avec l'augmentation du nombre de ces derniers.

Le travail décrit dans cette publication, se propose d'étudier les conséquences de la variation des conditions de croissance d'une culture de pomme de terre, issue de plants de différents âges physiologiques, sur la distribution du calibre.

Matériel et Méthodes:

Le protocole expérimental et la conduite de cet essai ont été déjà décrits par Fahem & Struik (1991a). Les tubercules, formant le rendement de chaque parcelle élémentaire, sont pesés et calibrés individuellement, en utilisant une balance de précision (± 0.1 gr) et un pied à coulisse.

Résultats:

L'utilisation de plants bien prégermés, aussi bien au cours de la culture de saison (CS), qu'au cours de la culture d'arrière-saison (CAS), nous a permis d'obtenir le nombre de tiges par plante le plus élevé (Fahem & Struik, 1991a). C'est aussi avec ces mêmes traitements qu'on a obtenu le plus de tubercules. Ainsi, les plants A2 et A3 donnent plus de tubercules que A1, en CS (fig. 1D) alors que le même phénomène se reproduit en CAS avec les plants A2. D'une façon générale, les plants âgés donnent toujours le plus de tubercules, c'est le cas des plantations tardives, principalement en CS: 8.1 en D3 contre 7.5 et 7.3, respectivement en D2 et D1 (fig. 1B). En fait, si on ne tient pas compte des plants A1, le nombre de tubercules par plante dépasse les dix (fig. 1A).

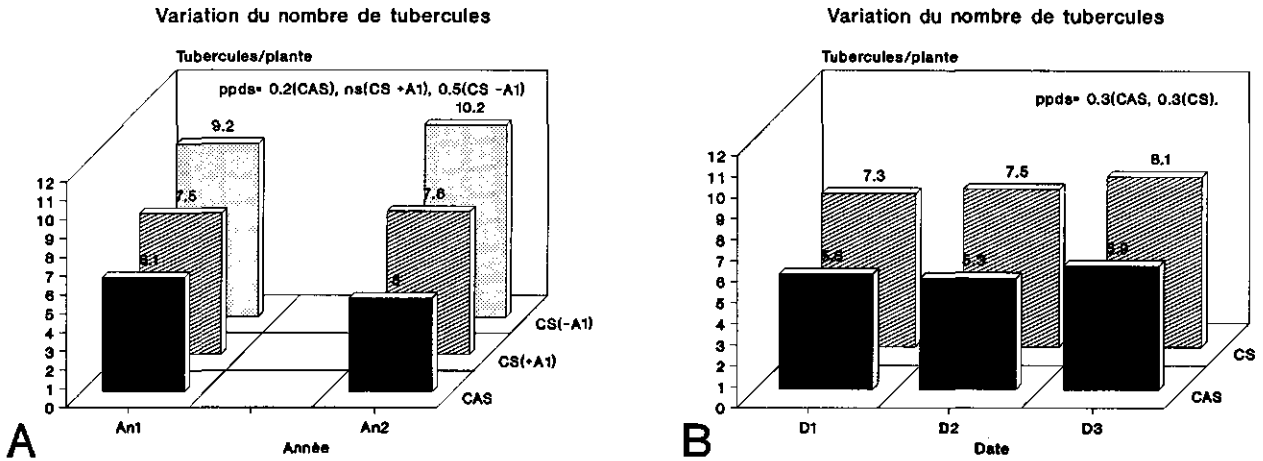


Fig1: Variation du nombre de tubercules par plante en CS et en CAS, A: effet année, B: effet date, C: effet cultivar et D: effet âge.

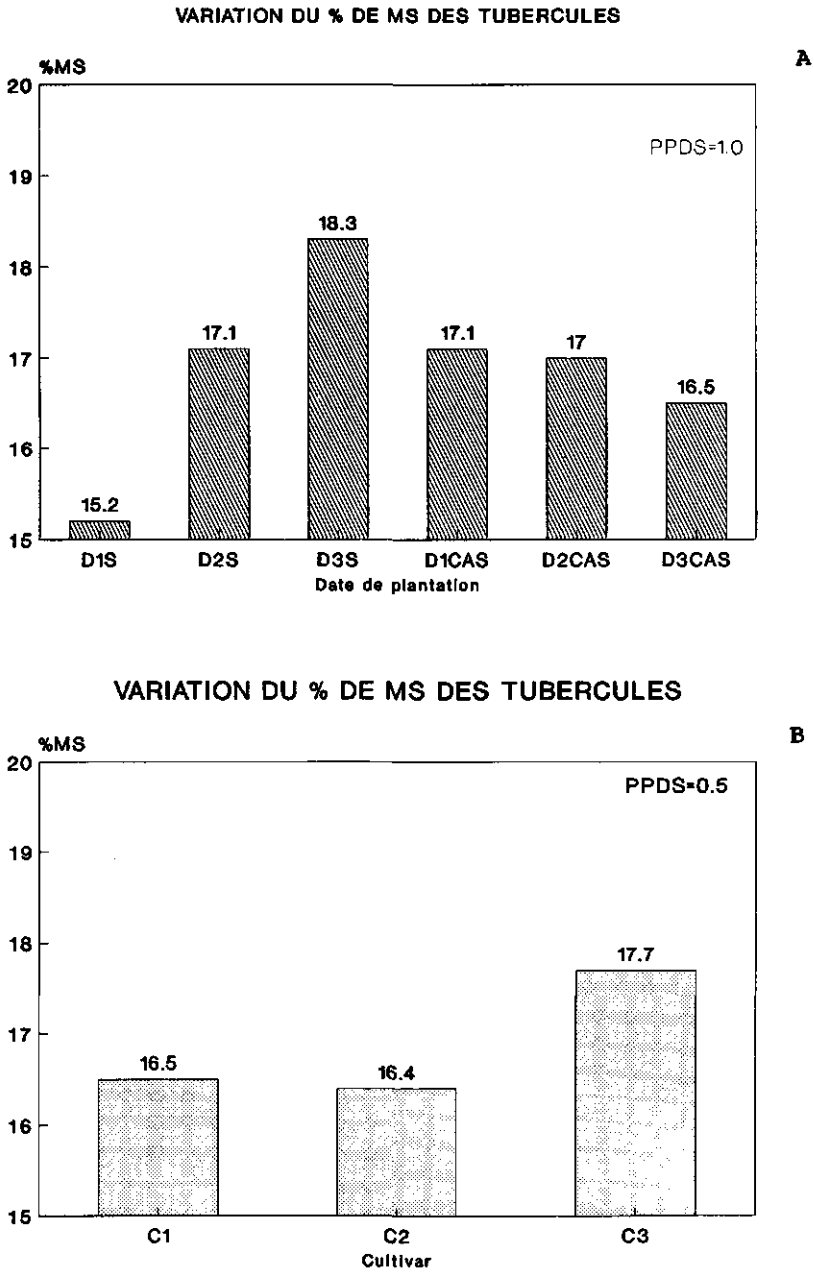


Fig2: Variation du pourcentage de matière sèche dans les tubercules, A: effet date et B: effet cultivar.

Certes, il existe une différence entre les cultivars. C'est ainsi que le cultivar "Atica" (C1), a donné le plus de tubercules par plante, soit 8.5 et 6.4, respectivement en CS et en CAS, de même que le cultivar "Désirée" (C3), dont le nombre respectif de tubercules est de 7.7 et 5.2. Le cultivar "Spunta" (C2), se montre plus stable avec un effet saison moins marqué, soit une production de 6.6 et 5 respectivement pour la CS et la CAS (fig. 1C). Les variations des conditions climatiques constatées entre les années qui ont entraîné une variation du rendement (Fahem & Struik, 1991a), ont entraîné aussi une variation du nombre de tubercules par plante (fig. 1A).

En plus de leur variation quantitative, leurs taux en matière sèche (MS) se trouvent variés. Ce sont les plantations D2 et D3 de la CS (fig. 2A), qui donnent le taux le plus élevé, surtout avec le cultivar C3 (fig. 2B). Les tubercules produits en CS sont plus riches en MS que ceux de la CAS, où ce taux reste stable.

Distribution du calibre: En CS, le nombre important de tubercules par plante ainsi que la grande différence entre les âges, font que l'ensemble des facteurs, année, date, âge et cultivar, montrent des effets sur la distribution du calibre (tableau 1). En CAS, où le nombre de tubercules est le plus réduit et où la différence entre les âges est moins marquée, c'est surtout les facteurs date et cultivar, qui ont le plus d'effets sur la distribution du calibre.

L'interaction D.C, montre une fois de plus l'importance du choix du cultivar en CAS (tableau 1).

Les résultats des proportions des différents calibres constituant

le rendement, sont présentés par les figures 3a et 3b, alors que les résultats de l'analyse de la variance sont présentés par le tableau 2.

Tableau 1: Résultats de l'analyse de la variance pour les cultures de saison et d'arrière-saison (pour détails voir matériel et méthodes).

Culture:	CS			CAS		
Observation:	Ntu	μ	VR	Ntu	μ	VR
An			*	**		**
D	**	**	**		**	
C	**	**	**	**	**	
A	**			**		
D.C					**	**
D.A	**	**	**			**
C.A	**	**				
D.C.A				*		**

Légende: An= année, D= date, C= cultivar, A= âge, Ntu= nombre de tubercules, μ= poids moyen et VR= variabilité relative (VR=σ/μ). *=0.01≤P<0.05, **=P<0.01.

Tableau 2: Résultats de l'analyse de la variance du nombre de tubercules (%) par classe en CS et CAS.

Culture:	CS				CAS			
Calibre:	28-35	35-45	45-55	>55	28-35	35-45	45-55	>55
An	**	**		*				
D		*		**				**
C		**	*	**	**	*		**
A		*	**					
D.C		*	*		**	**		**
D.A		*						
C.A		*	*	*				
D.C.A		*	*	*				

Légende: An= année, D= date, C= cultivar, A= âge, *=0.01≤P<0.05, **= P<0.01.

Il découle de ces résultats que toute plantation tardive, qui produit plus de tiges et de tubercules, donne des proportions de gros calibre plus faibles (fig. 3a) et inversement. Le cultivar "Spunta" parait plus stable et donne le plus de gros tubercules et ce, durant les deux saisons (fig. 3b).

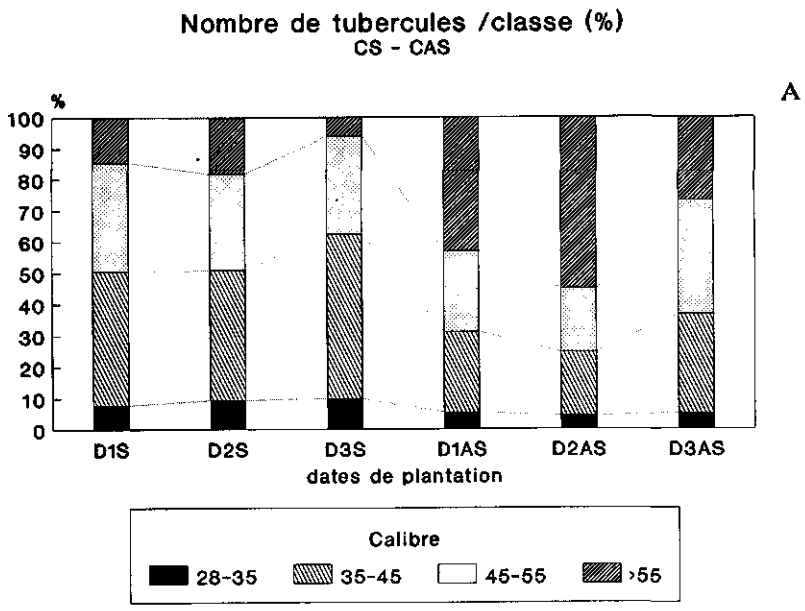
Cette variation du nombre de tubercules par classe, est suivie par une variation de la VR. Les résultats sont présentés par la figure 4. Cette dernière décroît parallèlement à la diminution du poids moyen des tubercules en CS, alors qu'en CAS, où le poids moyen est plus important, cette VR est plus stable. Le cultivar "Spunta", produisant peu de tubercules, possède aussi une VR très importante, suite à la grande différence entre les calibres extrêmes et ce, particulièrement en CS.

Discussion:

Partant du fait que le nombre de tubercules et la distribution du calibre sont contrôlés par l'ensemble des facteurs de production, il serait alors utile d'établir un inventaire comparatif entre les deux saisons de culture.

Selon Struik et al. (1990), le nombre de tubercules est contrôlé en premier lieu par le nombre de tiges par unité de surface, lequel dépendra alors des facteurs suivants:

- pourcentage de levée.
- nombre de germes par tubercule mère.
- génotype.
- âge physiologique du plant.



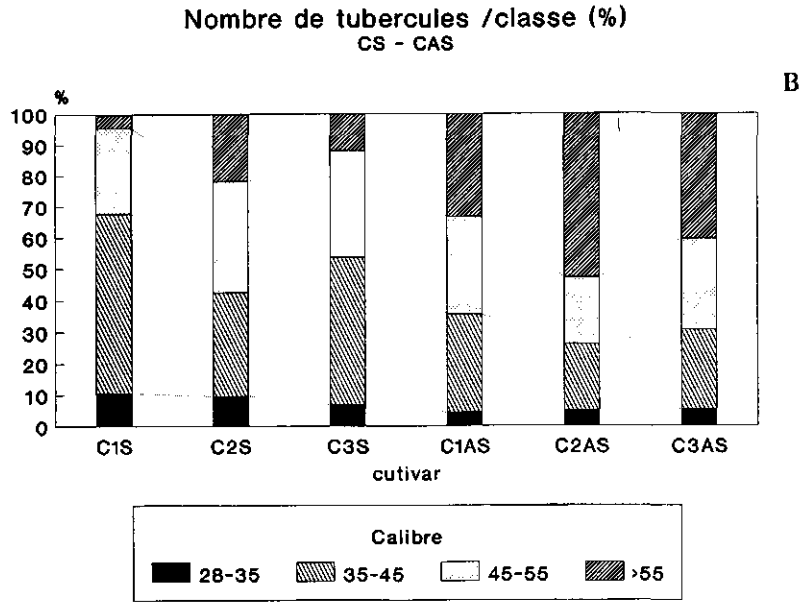


Fig3: Variation du pourcentage du nombre de tubercules par classe par rapport au rendement global, A: effet date et B: effet cultivar.

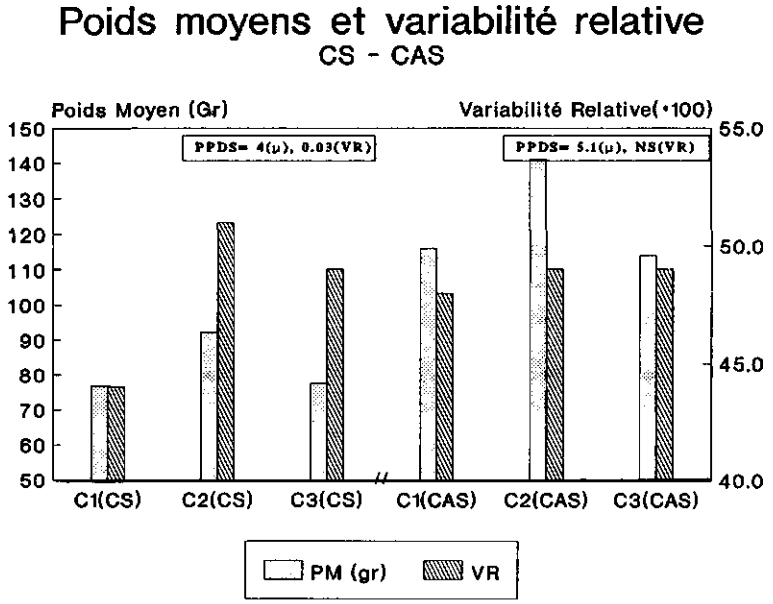


Fig4: Variation du poids moyen (μ) et de la variabilité relative (VR), en culture saison (CS) et en culture d'arrière-saison (CAS).

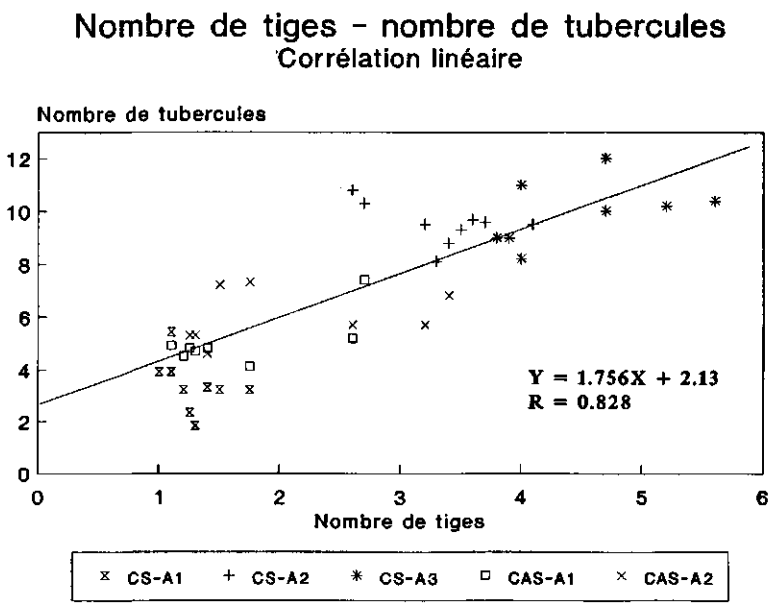


Fig5: Corrélation linéaire entre le nombre de tiges et le nombre de tubercules par plante.

- conditions de l'environnement au cours de la croissance des germes.
- conditions de la croissance végétative et leur influence sur la formation de tiges secondaires (durée du cycle végétatif).

Or, d'après les résultats obtenus par Fahem & Struik (1991a), c'est en CS et plus particulièrement avec les plants A2 et A3 qu'on a obtenu le nombre de tiges le plus élevé. En plantation précoce D1 et D2, on a obtenu la durée de couverture du sol la plus importante. Ces conditions ont également donné les meilleurs rendements. Cependant, le vieillissement continu des plants fait qu'en plantation tardive D3, on produit le plus de tubercules par plante. Comme en conditions méditerranéennes, tout retard de plantation est suivi par un raccourcissement du cycle végétatif (Fahem & Struik, 1991b). Le grand nombre de tubercules produits va être soumis essentiellement à la pression de deux facteurs:

- la concurrence pour le grossissement.
- l'arrêt de la croissance suite à l'action des températures élevées du mois de Juin.

En CAS, l'utilisation de plants très jeunes, soit avant la levée de la dormance soit au stade de la dominance apicale (cas des dates D1 et D2), fait que les plantes développeront en moyenne de 1.2 à 1.5 tiges par plante (Fahem & Struik, 1991a), d'où le nombre réduit de tubercules. Les effets conjugués de ces particularités physiologiques des plants et des conditions de haute température du sol, ont eu pour conséquence le développement de stolons trop courts. Ainsi donc, les tubercules peu nombreux et initiés simultanément, seront ramassés autour du collet de la tige et leur taux de MS serait plus faible.

L'amélioration des conditions de croissance (température du sol) à partir du mois de Septembre, fait que toutes les réserves produites par la plante, seront stockées dans un nombre réduit de tubercules, d'où la dominance du gros calibre. Ainsi, nos résultats viennent confirmer ceux de Cother & Cullis (1985), qui constatent que les tubercules formés à la base du stolon sont plus larges.

Seulement, durant cette culture, la date de plantation parait avoir peu d'influence sur le nombre réduit de tubercules. Or, si en D1 et D2 c'est le faible nombre de tiges qui en est le responsable, il n'en est pas de même pour D3. Durant cette dernière date, on a une initiation de tubercules plus précoce mais aussi un cycle végétatif très court, résultat d'un ralentissement rapide de la croissance, d'où l'arrêt de l'initiation de nouveaux tubercules. Les tubercules ainsi produits seront peu nombreux et de calibre inférieur à celui de D1 et D2.

Marshall & Thompson (1986), constatent que toute augmentation du poids moyen (μ) est suivie par une augmentation de l'écart-type (σ), soit une variabilité relative (VR) constante. Nos résultats viennent confirmer ces constatations. Ainsi, c'est en culture d'arrière-saison où μ est la plus importante, qu'on a obtenu aussi la VR la plus élevée, de même pour le cultivar "Spunta" en CS. Ces résultats peuvent être expliqués par la grande différence entre les calibres extrêmes, plus particulièrement chez le cultivar "Spunta".

D'une façon générale, c'est en culture de saison qu'on a les conditions les plus favorables pour produire le plus de

tubercules par plante, soit de calibre moyen plus petit mais plus homogène aussi.

Le choix du génotype parait avoir un grand intérêt économique. Ainsi, en cas d'une production destinée à la consommation, c'est avec le cultivar "Spunta" qu'on a une dominance des gros calibres et plus particulièrement en culture d'arrière-saison. Ce caractère parait peu avantageux si l'on tient compte de la variabilité relative élevée. Seulement, si sur le plan numérique le rendement parait hétérogène, il n'en est pas de même sur le plan pondéral. En ce sens, nos résultats viennent confirmer ceux obtenus par MacKerron et al. (1990), qui constatent que toute augmentation de μ est suivie par une augmentation de σ.

La bonne corrélation entre le nombre de tubercules et le nombre de tiges, dont les résultats sont présentés par la figure 5, vient confirmer ceux déjà obtenus par Struik et al. (1990). En effet, toute augmentation du nombre de tiges par plante est suivie par une augmentation du nombre de tubercules. Ainsi donc, les plants âgés (importés et locaux frigo), utilisés en culture de saison, ont donné le plus de tubercules surtout en plantation précoce. Indépendamment de la saison, toute utilisation de plants très jeunes est suivie par un nombre réduit de tubercules par plante. La variation de la date de plantation en culture d'arrière-saison n'est pas suivie par une augmentation importante du nombre de tubercules, suite au raccourcissement du cycle végétatif (Fahem et Struik, 1991b).

Références:

-Ahmed, Ch.M.S. & G.R. Sagar, 1981. Volume increase of individual tubers of potatoes grown under field conditions. Potato Research 24: 279-288.

-Cother, E.J. & B.R. Cullis, 1985. Tuber-size distribution in cv. Sebago and quantitative effects of Rhizoctonia solani on yield. Potato Research 28: 1-14.

-Fahem, M. & P.C. Struik, 1991a. Influence de l'origine et du mode de stockage des plants sur leurs performances, en conditions méditerranéennes. I. Influence de la date de plantation sur la levée, le nombre de tiges et le rendement relatif (encours de publication).

-Fahem, M. & P.C. Struik, 1991b. Influence de l'origine et du mode de stockage des plants sur leurs performances, en conditions méditerranéennes. II. Influence de la date de plantation sur l'évolution de la couverture du sol et l'efficacité de l'utilisation de la radiation (encours de publication).

-MacKerron, D.K.L., B. Marshall & R.A. Jefferies, 1988. The distributions of tuber sizes in droughted and irrigated crops of potato. II. Relation between size and weight of tubers and variability of tuber-size distribution. Potato Research 31: 279-288.

-MacKerron, D.L.K., D.J. Greenwood, B. Marshall, R. Rabbinge & B. Schöber, 1990. Forcasting systems for the potato crop. Proceedings de la 11th Conférence Trisannuelle de l'EAPR, Edinburgh, p. 85-105.

-Marshall, B. & R. Thompson, 1986. Tuber-size distribution. Potato Research 29: 261-262.

-Moorby, J., 1967. Inter-stem and inter-tuber competition in potatoes. European Potato Journal 10: 189-205.

-Sands, P.J. & P.A. Regel, 1983. A model of the development and bulking of potatoes (*Solanum tuberosum* L.). V. A simple model for predicting graded yield. Field Crops Research 6: 25-40.

-Struik, P.C., A.J. Haverkort, D. Vreugdenhil, C.B. Bus & R. Dankert, 1990. Manipulation of tuber-size distribution of a potato crop. Potato Research 33: 417-432.

-Struik, P.C., D. Vreugdenhil, A.J. Haverkort, C.B. Bus & R. Dankert, 1991. Possible mechanisms of hierarchy among tubers on one stem of a potato (*Solanum tuberosum* L.) plant. Potato Research 34 (in press).

-Travis, K.Z., 1987. Use of a simple model to study factors affecting the size distribution of tubers in potato crops. Journal of Agricultural Science, Cambridge 109: 563-571.

CHAPITRE 7

Discussion générale:

En tenant compte des résultats des essais réalisés durant les différentes phases de production, soit de la préparation des plants jusqu'à la fin de la culture, une récapitulation des différents facteurs physiologiques (internes) et climatiques (externes), intervenant dans la détermination du rendement, peut être présentée par la figure 1.

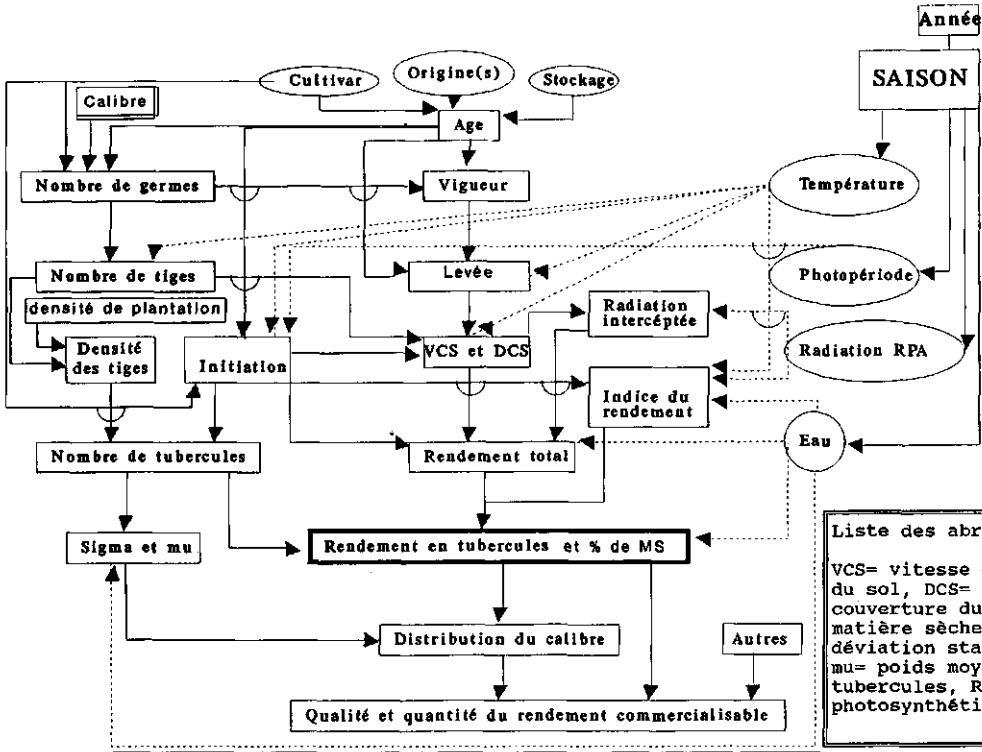


Fig1: Diagramme récapitulatif des différentes interactions: Conséquences de la manipulation des plants et des conditions de croissance sur le comportement d'une culture de pomme de terre et son rendement qualitatif et quantitatif.

Les différentes interactions illustrées sont tirées soit à partir des résultats obtenus, soit à partir de certaines références utilisées.

Ce diagramme fournit un outil pour une meilleure compréhension de l'importance de la manipulation des plants et les conséquences de l'action des conditions climatiques, au cours de la croissance, sur le comportement des plantes.

La figure 2 constitue une référence descriptive des conditions normales de croissance et leur évolution, marquant une fois de plus le contraste entre les deux principales cultures étudiées.

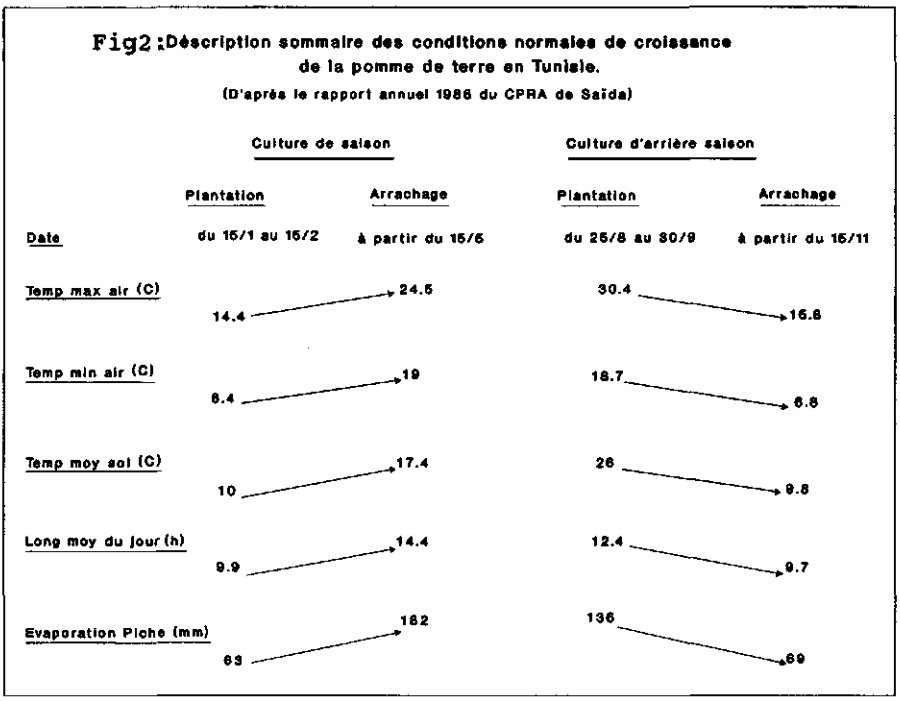


Fig2 : Description sommaire des conditions normales de croissance de la pomme de terre en Tunisie.
(D'après le rapport annuel 1986 du CPRA de Saïda)

L'action séparée des facteurs origines et modes de stockage des plants, saisons de culture et variation des dates de plantation, sera montrée qualitativement et quantitativement dans l'exposé ci-dessous.

Effet du mode de stockage sur le rendement:

Le choix du mode de stockage des plants devrait tenir compte de leur destination et du type de cultivar.

Destinés pour la culture d'arrière-saison, les plants devraient être stockés traditionnellement, avec une bonne protection contre la teigne (*Phthorimaea operculella*). Ce choix viendrait compléter celui d'autres facteurs tels que le type de cultivar et les conditions de sa production. Les cultivars à dormance courte ou moyenne (≥ 3 mois) s'adaptent le mieux. Un arrachage précoce est très bénéfique pour ce type de plants.

Destinés pour la culture de primeur et de saison, les plants locaux devraient être stockés de préférence au froid, afin de préserver leur vigueur. Cette technique a l'avantage d'avoir une meilleure flexibilité de gestion du stock, surtout au moment de son écoulement. Cependant, en cas de cultivar ayant une bonne aptitude au stockage durant de longues périodes, une combinaison des différentes techniques peut être appliquée à l'échelle de l'agriculteur. Ainsi, pour le cas des cultivars "Claustar" et "Désirée", la combinaison stockage traditionnel - stockage à la lumière diffuse peut être appliquée, avec une diminution du rendement de 10 %. Un égermage durant la phase de transition peut ralentir le vieillissement des plants.

Influence de la saison de culture sur le rendement:

En comparant les cultures de saison et d'arrière-saison, on constate que les meilleurs rendements sont obtenus à partir de la première culture. A des mêmes longueurs du jour (Equinoxe), les hautes températures du mois de Septembre freinent la croissance des tubercules, alors qu'en Mars, les températures modérées de l'air et du sol favorisent cette croissance.

Choix de la date de plantation:

En culture de saison, le choix de la date de plantation est d'une grande importance, qu'il s'agisse de plants locaux frigo ou de plants importés. Pour les plantations précoces, à partir de début Janvier, alors que les températures sont encore basses et les plants encore jeunes, on assiste à une levée très lente. A partir de fin Février, les conditions climatiques deviennent plus favorables et se prolongeront jusqu'à mi-Mai. De telles conditions permettront à la plante d'exploiter au mieux ses potentialités, d'où les bons rendements de cette culture. Dans de telles conditions, l'utilisation de cultivars très précoces est désavantageuse.

En plantation tardive, soit à partir de fin Février jusqu'à mi-Mars, les conditions de température, deviennent de plus en plus défavorables. Les effets de ces derniers seront accentués par le vieillissement continu des plants, d'où la chute du rendement. Cependant, les plants locaux frigo, ayant une maturité plus précoce, seront partiellement épargnés des attaques de teigne (*Phthorimaea operculella*).

En culture d'arrière-saison précoce, les températures élevées de

l'air et du sol activent le vieillissement des plants après plantation et accentuent le phénomène de la dominance apicale. Au cours de la croissance végétative, ces même conditions, en plus des grandes disponibilités en radiation, vont hâter l'initiation des tubercules. On obtient alors des stolons très courts et un nombre réduit d'ébauches de tubercules. L'ensemble de ces facteurs fait que le nombre de tubercules par plante est très réduit, à formation groupée autour du collet près de la surface du sol. En cas de cultivar à gros tubercules ("Spunta"), une partie de ces tubercules sera exposée au soleil et verdie. Le choix de la date de plantation peut influencer le rendement de cette culture. En effet, en retardant la plantation, on pourrait éviter les hautes températures. Ce retard devrait se limiter au maximum aux dix premiers jours du mois de Septembre. Au delà de cette date, le rendement ne peut être meilleur à cause du raccourcissement de la longueur du jour. Ce choix devrait compléter l'utilisation de techniques culturales adéquates telles que le choix de cultivars adaptés du type "Spunta", de plants bien réveillés et la maîtrise de l'irrigation. Cette dernière aura pour effet d'atténuer les températures et d'augmenter la durée de la couverture du sol. En zones continentales, où la plantation est plus précoce, l'utilisation de l'irrigation par aspersion pourrait créer un microclimat plus favorable à cette culture.

Radiation interceptée et indice du rendement:

En culture de saison précoce, les faibles disponibilités de radiation et les basses températures font que l'efficacité de

l'utilisation de la radiation (EUR) est faible. En plantation tardive, on assiste alors à une croissance plus rapide au moment où les jours deviennent plus longs, d'où les valeurs élevées de EUR. Or, c'est avec des plantations précoces qu'on a obtenu les meilleurs rendements. Ainsi donc, la radiation ne peut être le seul facteur déterminant du rendement. La distribution de la matière sèche dans la plante et les facteurs qui la déterminent, semblent jouer un rôle plus important.

En culture d'arrière-saison précoce, malgré les grandes disponibilités en radiation, l'EUR montre de faibles valeurs suite au nombre élevé de manquants et la faible vitesse de levée. Les conséquences d'une telle situation sur le rendement seront amplifiées par l'action des températures élevées, soit une forte activité respiratoire et un faible indice du rendement.

L'amélioration de la vitesse de couverture du sol pourrait atténuer les effets néfastes des facteurs climatiques extrêmes. Ceci peut être obtenu par une augmentation du nombre de tiges et/ou une bonne ramification.

En plantation tardive, alors que les conditions de température seront plus favorables et la vitesse de couverture du sol plus importante, on assiste à une chute des disponibilités en radiation, voire même des risques de gelée à partir de Novembre. Pour cette culture, le choix d'une date de plantation convenable est d'une grande importance. Il s'agit surtout d'éviter les fortes chaleurs et d'exploiter la radiation disponible.

Distribution du calibre et taux de matière sèche:

C'est en culture de saison qu'on a utilisé les plants les plus

âgés, d'où l'obtention d'un nombre plus élevé de tiges par plante. En plantation précoce, ce nombre était moins important et le cycle végétatif était plus long, d'où la dominance des calibres moyens à gros. En culture plus tardive, le nombre plus élevé de tubercules et le raccourcissement du cycle ont entraîné une nette diminution du calibre. Les températures relativement modérées du sol (< à 20 °C) ont favorisé l'accumulation des réserves dans les tubercules, surtout quand il s'agit d'un arrachage à maturité complète.

En culture d'arrière-saison où les plants étaient plus jeunes que les précédents, le nombre de tiges était moins important et inversement pour le calibre. Les conséquences du retard de plantation étaient masquées par le raccourcissement simultané de la longueur du cycle, d'où la stabilité du nombre de tubercules et leur grande homogénéité.

La forte activité respiratoire (dégradation enzymatique de l'amidon) des tubercules pour les plantations précoces et l'arrêt brusque de la croissance pour les plantations tardives expliquent la faible accumulation des réserves.

CHAPITRE 8

Conclusion générale:

Le mode de stockage des plants influe beaucoup leurs performances au champ. Le choix d'une technique appropriée est fonction de la destination des plants et du type de cultivar. Lorsque la durée du stockage est plus longue, l'utilisation du froid devient nécessaire. Le stockage à la lumière diffuse et le stockage traditionnel, peuvent être utilisés pour une durée courte à moyenne (3 à 4 mois) ou encore lorsqu'on dispose de cultivars ayant une bonne aptitude au stockage durant de longues périodes.
En culture de saison précoce, la performance des plants locaux est similaire à celle des plants importés, alors que l'utilisation des plants locaux trop jeunes est sans intérêt. En culture d'arrière-saison les plants arrachés en Mai sont plus avantageux.
Les rendements de la culture de saison sont plus élevés que ceux de la culture d'arrière-saison. En conditions méditerranéennes, les facteurs température et durée limitée de la période favorable à la croissance de la pomme de terre, sont considérés comme des obstacles majeurs. Ces problèmes sont plus accentués en culture d'arrière-saison alors qu'en culture de saison précoce, on bénéficie de conditions climatiques favorables.
En culture de saison précoce la faible vitesse de levée est compensée par une longue durée de couverture du sol, alors que la plantation tardive est plutôt caractérisée par sa courte durée de couverture du sol. En culture d'arrière-saison, où le facteur vitesse de couverture du sol est très important, seuls les cultivars ayant une bonne ramification peuvent être avantageux.

En région méditerranéenne, le facteur radiation et l'efficacité de son utilisation relèvent une moindre importance, comparativement aux conditions tempérées, alors que la différence de la répartition de la matière sèche dans la plante peut expliquer partiellement la différence de productivité entre les deux principales saisons de culture.

La qualité des tubercules produits diffère selon les saisons. C'est en culture d'arrière-saison qu'on produit les plus gros tubercules ayant de faibles taux de matière sèche; alors qu'en culture de saison, les tubercules de petit calibres seront plus nombreux et auront des taux de matière sèche plus importants.

CHAPITRE 9

Liste des abréviations:

Chapitre 3:

T = traditional store.
L = diffused-light store.
C = cold store.
RH = relative humidity.
D = desprouting.

Chapitre 4:

PAR = photosynthetically active radiation.
RUE = radiation use efficiency.
IR = intercepted radiation.
IR_{ti} = intercepted radiation at tuber initiation.
Y = yield.

Chapitre 5, 6, et 7:

CS = culture de saison.
CAS = culture d'arrière-saison.
C1 = cultivar "Atica".
C2 = cultivar "Spunta".
C3 = cultivar "Désirée".
A = âge physiologique des plants.
An = année.
D = date de plantation (1, 2, 3).
PE = parcelle élémentaire.
Tp = tige principale.
Ts = tige secondaire.
Ntu = nombre de tubercules.
EUR_{tot} = efficacité de l'utilisation de la radiation pour la production de la matière sèche totale.
EUR_{tub} = efficacité de l'utilisation de la radiation pour la croissance des tubercules.
RI = radiation interceptée.
IR = indice de rendement.
RPA = radiation photosynthétiquement active.
DCS = durée de couverture du sol.
MS = matière sèche.
Csol = couverture du sol.
VCS = vitesse de couverture du sol.
DAP = jours après plantation.
PCS = proportion de couverture du sol.
CMS = couverture maximale du sol.
μ = poids moyen des tubercules.
σ = écart-type.
VR = variabilité relative.

CURRICULUM VITAE.

El FAHEM Mohamed est né en 1955 à Nabeul (TUNISIE). Après des études primaires à l'Ecole des Martyrs de Nabeul (1962 - 1969), il fit des études secondaires au lycée technique de sa ville natale (1969 - 1975) sanctionnées par le Baccalauréat Math - Science. Après des études supérieures (1976 - 1980) à l'Ecole Supérieure d'Horticulture de Chott Meriem (Sousse), il entreprit une formation post-universitaire à l'Institut National Agronomique de Tunis (1981 - 1984) pour obtenir le grade d'ingénieur de spécialité (cultures maraîchères). Depuis cette date il exerce la fonction de chercheur au "Centre de Perfectionnement et de Recyclage Agricole" de Saïda. Le présent travail a été mené parallèlement à ses activités de recherches au dit Centre.