

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

L'Université Echahid Hamma Lakhdar - El Oued

Faculté de Technologie Département
d'hydraulique et de Génie civil



Mémoire Présentée en vue L'obtention du Diplôme De Master en

Hydraulique Option: Ouvrage hydraulique

Thème:

**Evaluation de l'humidité le long des
planches dans l'irrigation
superficielle.**

Dirigé par :

- Encadreur Meguellati soumia
- Co-Encadreur Geryani Sofiene

Présenté par :

- ✓ Laid khenfour
- ✓ Bahi Hacene
- ✓ Abbassi Meriem

Promotion : Juin 2021

Dédicace

*Je dédie ce modeste travail en signe de reconnaissance
et de respect:*

*A mon chère père et ma chère mère et mes frères et
sœurs. et mon petits*

*Enfants Refel et Toufik . A ma chère femme qui était toujours
a mes cotés*

Bahi hacene

Dédicace

Je dédie cet humble acte de gratitude et de respect à mon cher père, ma chère mère, mes frères, mes amis, mes enfants et ma chère femme qui était à mes côtés.

Khenfour laid

Dédicace

*Je dédie ce succès à ceux qui ont montré leur
amouret colorent ma vie de toutes les
couleurs de joie, et que je considère comme
un lien qui m'aide face à chaque obstacle, à
tous les membres de ma famille, que Dieu les
protège.*

Abbassi Meriem

Remerciement

Avant tout Merci à Dieu de tout puissant pour nous avoir donné la force, la volonté et le courage pour pouvoir réaliser ce modeste travail. Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements

À toutes les personnes qui nous ont aidés tout au long de notre travail.

Directeur de l'institut national de la recherche agronomique (INRA) (sidi Mehdi Touggourt)

Directeur de centre formation orientation agricole (sidi Mehdi Touggourt)

Nous exprimons également notre gratitude et notre profond respect aux Enseignants du département de l'Hydraulique et Génie civil, université d'El-Oued et aux membres de jury de nous avoir fait l'honneur d'assister et discuter notre modeste mémoire et de rapporter notre travail avec leurs critiques constructives

Nous tenons aussi à remercier bien sincèrement le chef de département, le président du comité scientifique, ainsi que tous les membres de l'administration du département de l'Hydraulique et génie civile, Faculté de la technologie de l'université d'El-Oued qui trouvent également l'expression de nos profonds respects à travers ces lignes

A tous mes collègues de la promotion master option ouvrages Promo 2021 à qui je souhaite le succès et la prospérité pour tous.

Sommaire

Introduction générale	2
Historique d'irrigation	5
Chapitre I : Irrigation superficielle	
I-1 Introduction.....	7
I-2 Définition de l'irrigation.....	7
I-3 Système d'irrigation.....	8
I-3-1 Ressource en eau.....	8
I-3-2 Moyens de transport.....	8
I-3-3 Moyens de distribution de l'eau.....	9
I-4 Méthodes d'irrigation.....	9
I-4-1 Irrigation de surface.....	9
I-4.1.1 Irrigation par bassins.....	10
I-4.1.2 Irrigation par sillon/A la raie.....	10
I-4.1.3 Irrigation par aspersion.....	11
I-4.1.4 Irrigation au goutte à goutte.....	12
I-4.1.5 Irrigation par planches.....	12
I-4.1.5.1 Conditions d'utilisation.....	14
A- Pentes adéquates.....	14
B- Types du sol appropriés.....	14
C- Cultures recommandées.....	15
I-4.1.5.2 Aménagement des planches.....	15
I-4.1.5.3 Mise en eau des planches.....	16
i- Profils d'humectation.....	16
i-A Nivellement insuffisant du terrain.....	17
i-B Courant d'eau inadéquat.....	17
i-C Arrêt inopportun de l'alimentation en eau.....	18
I-4.1.5.4 Entretien des planches.....	18

I-5 Comment choisir les méthodes d'irrigation appropriées.....	18
I-5.1 Les conditions naturelles.....	19
I-5.2 Les cultures.....	19
I-5.3 La technologie.....	19
I-5.4 La tradition des irrigations.....	19
I-5.5 Les besoins en main-d'œuvre.....	19
I-5.6 Les coûts et les bénéfices.....	20
I-6 La meilleure méthode d'irrigation.....	20
I-7 Avantages de l'eau d'irrigation.....	20
I-8 Conclusion.....	20

Chapitre II: Méthodes d'estimation de l'humidité du sol

II-1 Introduction.....	22
II-2 L'eau dans le sol.....	22
II-3 L'humidité du sol.....	23
II-3.1 L'humidité initiale dans le sol.....	23
II-3.2 Méthodes de détermination de la teneur en eau du sol et du potentiel hydrique.....	24
II-3. 2.1 Méthodes d'expression de la teneur en eau du sol.....	24
II-3.2.1.1 La teneur en humidité actuelle basée sur le poids humide du sol (poids humide...)	24
II-3.2.1.2 Teneur en humidité pondérale basée sur le poids sec du sol masse.....	24
II-3.2.1.3 Teneur en eau volumétrique.....	25
II-4 Méthodes de détermination de la teneur en eau du sol.....	27
II-4.1 Premièrement - Méthodes directes de mesure de la teneur en eau du sol.....	27
II-4.1.1 Méthode thermogravimétrique : méthode de séchage.....	27
II-4.2 Deuxièmement-Méthodes de terrain pour mesurer l'humidité du sol et la tension de l'humidité.....	27
II-5 Les différentes techniques de mesures de l'humidité du sol.....	28
II-5.1 Méthodes thermogravimétriques.....	28
II-5-1.1 Modélisation de l'humidité du sol.....	29
II-5.1.2 Mesures par les sondes neutroniques.....	29
II-5.1.3 Méthode par Tensiomètre.....	31

II-5.1.4 Méthode capacimétrique.....	32
II-5.1.5 Méthode TDR.....	32
II-6 Conclusion.....	33
Chapitre III: Résultats et Discussions	
III-1 Présentation de la station d'étude.....	35
III.1.1 Les caractéristique physiques de la station.....	35
III-1.1.1 Le climat.....	35
III-1.1.2 Le sol.....	36
III-1.1.3 L'irrigation.....	36
III-2 Les matériels.....	37
III-3 les mesures.....	37
III-4 Comment calculer l'humidité.....	38
III-5 Les tableaux.....	38
III-6 Les Graphes.....	44
III-7 Le résultats et analyse.....	86
III-7.1 Observations.....	86
III-7.2 Etude de l'uniformité de la répartition de l'humidité.....	86
III-8 Discussion.....	86
III-9 Conclusion.....	87
Conclusion générale.....	89
Référence.....	91

Liste Des Tableaux

Tableau I-1: <i>ordis</i> de grandeur des longueur et des largeurs maximums des planches.....	15
Tableau III.1: Humidité du sol Avant Arrosage (%) 7:00 h le premier jour	38
Tableau III.2: Humidité du sol Après Arrosage (%) 9:00 h le premier jour.....	39
Tableau III.3: Humidité du sol Après Arrosage (%) 12:00 h le premier jour	41
Tableau III.4: Humidité du sol Après Arrosage (%) 15:00 h le premier jour.....	42
Tableau III.5: Humidité du sol Avant Arrosage (%) 7:00 h le deuxième jour	62
Tableau III.6: Humidité du sol Après Arrosage (%) 9:00 h le deuxième jour	63
Tableau III.7: Humidité du sol Après Arrosage (%) 12:00 h le deuxième jour.....	65
Tableau III.8: Humidité du sol Après Arrosage (%) 15:00 h le deuxième jour.....	66

Liste des Figures

Figure I.1: Irrigation par bassins	10
Figure I.2:Alimentation des sillons par siphons.....	11
Figure I.3: irrigation par Aspiration.....	12
Figure I.4: irrigation au goutte à goutte.....	12
Figure I.5: irrigation par planches	14
Figure I.6: irrigation par planches : terrain à nivellement insuffisant.....	14
Figure I.7: effet de la pente transversale sur le ruissellement des eaux sur la planche.....	17
Figure I.8: faible courant d'eau	17
Figure I.9: fort courant d'eau	18
Figure I.10: mise en eau des planches.....	18
Figure II.1: Schéma type de la méthode thermogravimétrique.....	29
Figure II.2: Schéma d'une dispositif d'un humidimètre à neutrons.....	30
Figure II.3: Schéma d'une canne tensionétrique.....	31
Figure II.4: Schéma d'une sonde TDR du signale théorique obtenu.....	33
Figure III-1 : المعهد الوطني الجزائري للبحث الزراعي – محطة التجارب الزراعية :	35
Figure III-2 : présente la planche d'étude	36
Figure III 3: présenté la sachets	37
Figure III.4: humidité avant et après arrosage: planche 1 – profondeur: 0.20m, Q=0.5 l/s , P=0.5% le premier jour.....	44
Figure III.5: humidité avant et après arrosage: planche 2 – profondeur: 0.20m, Q=1 l/s , P=0.5% le premier jour.....	44
Figure III.6: humidité avant et après arrosage: planche 3 – profondeur: 0.20m, Q=0.5 l/s , P=1% le premier jour.....	45
Figure III.7: humidité avant et après arrosage: planche 4 – profondeur: 0.20m, Q=1 l/s , P=1% le premier jour.....	45
Figure III.8: humidité avant et après arrosage: planche 5 – profondeur: 0.20m, Q=0.5 l/s , P=1.5% le premier jour.....	46
Figure III.9: humidité avant et après arrosage: planche 6 – profondeur: 0.20m, Q=1 l/s , P=1.5 % le premier jour.....	46
Figure III.10: humidité avant et après arrosage: planche 1 – profondeur: 0.40m, Q=0.5 l/s , P=0.5% le premier jour.....	47
Figure III.11: humidité avant et après arrosage: planche 2 – profondeur: 0.40m, Q=1 l/s ,	

P=0.5% le premier jour.....	47
Figure III.12: humidité avant et après arrosage: planche 3 – profondeur: 0.40m, Q=0.5 l/s , P=1% le premier jour.....	48
Figure III.13: humidité avant et après arrosage: planche 4 – profondeur: 0.40m, Q=1 l/s , P=1% le premier jour.....	48
Figure III.14: humidité avant et après arrosage: planche 5 – profondeur: 0.40m, Q=0.5 l/s , P=1.5% le premier jour.....	49
Figure III.15: humidité avant et après arrosage: planche 6 – profondeur: 0.40m, Q=1 l/s , P=1.5 % le premier jour.....	49
Figure III.16: humidité avant et après arrosage: planche 1 – profondeur: 0.60m, Q=0.5 l/s , P=0.5% le premier jour.....	50
Figure III.17: humidité avant et après arrosage: planche 2 – profondeur: 0.60m, Q=1 l/s , P=0.5% le premier jour.....	50
Figure III.18: humidité avant et après arrosage: planche 3 – profondeur: 0.60m, Q=0.5 l/s , P=1% le premier jour.....	51
Figure III.19: humidité avant et après arrosage: planche 4 – profondeur: 0.60m, Q=1 l/s , P=1% le premier jour.....	51
Figure III.20: humidité avant et après arrosage: planche 5 – profondeur: 0.60m, Q=0.5 l/s , P=1.5% le premier jour.....	52
Figure III.21: humidité avant et après arrosage: planche 6 – profondeur: 0.60m, Q=1 l/s , P=1.5% le premier jour.....	52
Figure III.22: humidité avant et après arrosage: planche 1 – puit 1: Q=0.5 l/s , P=0.5% le premier jour.....	53
Figure III.23: humidité avant et après arrosage: planche 1 – puit 2: Q=0.5 l/s , P=0.5% le premier jour.....	53
Figure III.24: humidité avant et après arrosage: planche 1 – puit 3: Q=0.5 l/s , P=0.5% le premier jour.....	54
Figure III.25: humidité avant et après arrosage: planche 2 – puit 1: Q=1 l/s , P=0.5% le premier jour	54
Figure III.26: humidité avant et après arrosage: planche 2 – puit 2: Q=1 l/s , P=0.5% le premier jour	55
Figure III.27: humidité avant et après arrosage: planche 2 – puit 3: Q=1 l/s , P=0.5% le premier jour	55
Figure III.28: humidité avant et après arrosage: planche 3 – puit 1: Q=0.5 l/s , P=1%	

le premier jour	56
Figure III.29: humidité avant et après arrosage: planche 3 – puit 2: Q=0.5 l/s , P=1%	
le premier jour.....	56
Figure III.30: humidité avant et après arrosage: planche 3 – puit 3: Q=0.5 l/s , P=1%	
le premier jour	57
Figure III.31: humidité avant et après arrosage: planche 4 – puit 1: Q=1 l/s , P=1%	
le premier jour	57
Figure III.32: humidité avant et après arrosage: planche 4 – puit 2: Q=1 l/s , P=1%	
le premier jour.....	58
Figure III.33: humidité avant et après arrosage: planche 4 – puit 3: Q=1 l/s , P=1%	
le premier jour.....	58
Figure III.34: humidité avant et après arrosage: planche 5 – puit 1: Q=0.5 l/s , P=1.5%	
le premier jour.....	59
Figure III.35: humidité avant et après arrosage: planche 5 – puit 2: Q=0.5 l/s , P=1.5%	
le premier jour.....	59
Figure III.36: humidité avant et après arrosage: planche 5 – puit 3: Q=0.5 l/s , P=1.5%	
le premier jour.....	60

Figure III.37: humidité avant et après arrosage: planche 6 – Puit 1: Q=1 l/s , P=1.5%	
le premier jour.....	60
Figure III.38: humidité avant et après arrosage: planche 6 – puit 2: Q=1 l/s , P=1.5%	
le premier jour.....	61
Figure III.39: humidité avant et après arrosage: planche 6 – puit 3: Q=1 l/s , P=1.5%	
le premier jour.....	61
Figure III.40: humidité avant et après arrosage: planche 1 – profondeur: 0.20m, Q=0.5 l/s , P=0.5% le deuxième jour.....	68
Figure III.41: humidité avant et après arrosage: planche 2 – profondeur: 0.20m, Q=1 l/s , P=0.5% le deuxième jour.....	68
Figure III.42: humidité avant et après arrosage: planche 3 – profondeur: 0.20m, Q=0.5 l/s , P=1% le deuxième jour.....	69
Figure III.43: humidité avant et après arrosage: planche 4 – profondeur: 0.20m, Q=1 l/s , P=1% le deuxième jour.....	69
Figure III.44: humidité avant et après arrosage: planche 5 – profondeur: 0.20m, Q=0.5 l/s , P=1.5% le deuxième jour.....	70
Figure III.45: humidité avant et après arrosage: planche 6 – profondeur: 0.20m, Q=1 l/s , P=1.5 % le deuxième jour.....	70
Figure III.46: humidité avant et après arrosage: planche 1 – profondeur: 0.40m, Q=0.5 l/s , P=0.5% le deuxième jour.....	71
Figure III.47: humidité avant et après arrosage: planche 2 – profondeur: 0.40m, Q=1 l/s , P=0.5% le deuxième jour.....	71
Figure III.48: humidité avant et après arrosage: planche 3 – profondeur: 0.40m, Q=0.5 l/s , P=1% le deuxième jour.....	72
Figure III.49: humidité avant et après arrosage: planche 4 – profondeur: 0.40m, Q=1 l/s , P=1% le deuxième jour.....	72
Figure III.50: humidité avant et après arrosage: planche 5 – profondeur: 0.40m, Q=0.5 l/s , P=1.5% le deuxième jour.....	73
Figure III.51: humidité avant et après arrosage: planche 6 – profondeur: 0.40m, Q=1 l/s , P=1.5 % le deuxième jour.....	73
Figure III.52: humidité avant et après arrosage: planche 1 – profondeur: 0.60m, Q=0.5 l/s , P=0.5% le deuxième jour.....	74
Figure III.53: humidité avant et après arrosage: planche 2 – profondeur: 0.60m, Q=1 l/s , P=0.5% le deuxième jour.....	74

Figure III.54: humidité avant et après arrosage: planche 3 – profondeur: 0.60m, Q=0.5 l/s , P=1% le deuxième jour.....	75
Figure III.55: humidité avant et après arrosage: planche 4 – profondeur: 0.60m, Q=1 l/s , P=1% le deuxième jour.....	75
Figure III.56: humidité avant et après arrosage: planche 5 – profondeur: 0.60m, Q=0.5 l/s , P=1.5% ledeuxième jour.....	76
Figure III.57: humidité avant et après arrosage: planche 6 – profondeur: 0.60m, Q=1 l/s , P=1.5% ledeuxième jour.....	76
Figure III.58: humidité avant et après arrosage: planche 1 – puit 1: Q=0.5 l/s , P=0.5% le deuxièmejour.....	77
Figure III.59: humidité avant et après arrosage: planche 1 – puit 2: Q=0.5 l/s , P=0.5% le deuxièmejour.....	77
Figure III.60: humidité avant et après arrosage: planche 1 – puit 3: Q=0.5 l/s , P=0.5% le deuxièmejour.....	78
Figure III.61: humidité avant et après arrosage: planche 2 – puit 1: Q=1 l/s , P=0.5% le deuxième jour.....	78
Figure III.62: humidité avant et après arrosage: planche 2 – puit 2: Q=1 l/s , P=0.5% le deuxième jour.....	79
Figure III.63: humidité avant et après arrosage: planche 2 – puit 3: Q=1 l/s , P=0.5% le deuxième jour.....	79
Figure III.64: humidité avant et après arrosage: planche 3 – puit 1: Q=0.5 l/s , P=1% le deuxième jour.....	80
Figure III.65: humidité avant et après arrosage: planche 3 – puit 2: Q=0.5 l/s , P=1% le deuxième jour.....	80
Figure III.66: humidité avant et après arrosage: planche 3 – puit 3: Q=0.5 l/s , P=1% le deuxième jour.....	81
Figure III.67: humidité avant et après arrosage: planche 4 – puit 1: Q=1 l/s , P=1% le deuxième jour.....	81
Figure III.68: humidité avant et après arrosage: planche 4 – puit 2: Q=1 l/s , P=1% le deuxième jour	82
Figure III.69: humidité avant et après arrosage: planche 4 – puit 3: Q=1 l/s , P=1% le deuxième jour	82
Figure III.70: humidité avant et après arrosage: planche5–puits 1: Q=0.5 l/s , P=1.5% le deuxième jour.....	83

Figure III.71: humidité avant et après arrosage: planche5–puits 2: $Q=0.5 \text{ l/s}$, $P=1.5\%$	
le deuxième jour.....	83
Figure III.72: humidité avant et après arrosage: planche5–puits 3: $Q=0.5 \text{ l/s}$, $P=1.5\%$	
le deuxième jour.....	84
Figure III.73: humidité avant et après arrosage: planche 6 – Puits 1: $Q=1 \text{ l/s}$, $P=1.5\%$	
le deuxième jour.....	84
Figure III.74: humidité avant et après arrosage: planche 6 – puits 2: $Q=1 \text{ l/s}$, $P=1.5\%$	
le deuxième jour.....	85
Figure III.75: humidité avant et après arrosage: planche 6 – puits 3: $Q=1 \text{ l/s}$, $P=1.5\%$	
le deuxième jour.....	85

ملخص :

رطوبة التربة عامل مهم في البلدان التي تعاني من الجفاف. بعض فوائد هذا العامل تشمل: تحديد كمية الإنتاج ، وتحسين الإنتاج الزراعي ، والتنبؤ بحجم وجودة المحصول ، وأخيرًا الكشف عن المخاطر مبكرًا. ما الذي يدفع المزارعين إلى التخطيط وتجنب المخاطر مثل الفيضانات التي تسببها طبيعة التربة التي تبدو مشبعة ولا تستطيع امتصاص المزيد من الأمطار ، كما تتيح معرفة كمية مياه الري اللازمة مهما كانت نوعية التربة.

الرطوبة هي كمية الماء في التربة. يتم قياسها بالنسبة إلى كمية التربة الجافة الموجودة في هذه التربة ، ويتم التعبير عنها بنسبة مئوية في طريقة تحديد الرطوبة التي تتكون من تجفيف عينة التربة في فرن 105 درجة إلى وزن ثابت ؛ والفرق في الوزن قبل وبعد التجفيف يتوافق مع كمية الماء تؤخذ العينات في منتصف السرير باستخدام مقياس نزول إلى عمق 0.60 متر (عند الأفق 00 20 و 20 40 و 40 60 سم) .

الهدف من دراستنا هو تقييم رطوبة التربة في الألواح 06 (3 م × 0.5 م) للتدفق 1 لتر / ثانية و 0.5 لتر / ثانية ، ثلاثة ألواح لكل تدفق ، مع وجود اختلافات في المنحدر ، يكون المنحدر ثلاثة منحدرات 0.5 % ؛ 1 % ؛ 1.5 % (منحدر واحد لكل طابقيين) يتم تقييم تماثل رطوبة الري السطحي من خلال ملاحظات النتائج لمنحدر معين وتدفق معين ، ثم:

اتساق الرطوبة $f =$ (الانحدار ، التدفق) تُحسب الرطوبة في كل لوح على مسافة 0.5 متر ثم 1.5 متر ثم 2.5 متر. تعتمد الرطوبة في المقام الأول على قوام التربة ، فهي تزداد مع ثراء الطين وتقل مع المحتوى ، أي أنه كلما زادت جودة العناصر التي تتكون منها التربة ، زادت القدرة على تخزين المياه. كما أنه يعتمد على المناخ.

الكلمات المفتاحية : رطوبة التربة ، الري السطحي ، الري بالألواح

Résumé

L'humidité est la quantité d'eau contenue dans un sol. Elle est mesurée par rapport à la quantité terre sèche contenue dans ce sol, et est exprimée % en La méthode détermination des humidités consiste à sécher l'échantillon de terre à l'étuve 105° jusqu'à un poids constant ; et la différence de poids avant et après séchage correspond à la quantité d'eau Les échantillons sont prélevés au milieu de la planche à l'aide d'une tarière jusqu'à une profondeur de 0.60 m (aux horizons 0 ÷ 20, 20 ÷ 40 et 40 ÷ 60cm). L'objectif de notre étude est l'évaluation de l'humidité du sol dans les 06 planches (3m×0.5m) pour le débit 1l/s et 0.5 l/s , trois planches pour chaque débit ,Avec la différence dans la pente , il ya trois pente 0.5% ; 1 % ; 1.5% (un pente chaque deux plancher) Uniformité de l'humidité de l'irrigation superficielle est donc évaluée par observations des la résultats pour pente donnée et débit donné ,alors:

Uniformité de l'humidité=f(pente, débit) On calculé l'humidité dans chaque planche a distance 0.5m puis 1.5m puis 2.5m. L'humidité dépend surtout de la texture du sol elle augmente avec la richesse en argile et diminue avec la teneur c'est-à-dire plus les éléments qui composent le sol sont fins plus grande est l'aptitude a emmagasiner l'eau. Elle dépend aussi du climat..

Mots clés : humidité du sol, irrigation de surface, irrigation par plaques.

Summary:

Moisture is the amount of water in a soil. It is measured relative to the quantity of dry earth contained in this soil, and is expressed in% in The moisture determination method consists in drying the soil sample in an oven 105 ° to a constant weight; and the difference in weight before and after drying corresponds to the quantity of water The samples are taken in the middle of the bed using a gauge down to a depth of 0.60 m (at horizons 0 ÷ 20, 20 ÷ 40 and 40 ÷ 60cm)

The objective of our study is the evaluation of the soil moisture in the 06 boards (3mx0.5m) for the flow 11 / s and 0.5 l / s, three boards each flow, With the differences in the slope, it are three slope 0.5%; 1%; 1.5% (one slope for every two floors) Uniformity of the humidity of the surface irrigation is therefore evaluated by observations of the results for a given slope and given flow, then:

Uniformity of humidity = f (slope, flow) The humidity in each plank is calculated at a distance of 0.5m then 1.5m then 2.5m. The humidity depends above all on the texture of the soil, it increases with the richness of clay and decreases with the content, that is to say the more the elements that make up the soil are fine, the greater is the ability to store water. It also depends on the climate.

Keywords: soil moisture, surface irrigation , Plate irrigation

***INTRODUCTION
GENERALE***

Introduction générale

Dans les climats secs, le besoin en eau d'irrigation augmente, mais les ressources en eau disponibles restent limitées. L'utilisation de sédiments mobilisés pour irriguer les cultures dans le désert se fait sans la supervision des agriculteurs qui ont été encouragés par la politique de propriété des terres agricoles (APFA) en 1983; Qui a développé plusieurs milliers d'hectares et planté une grande quantité de palmiers dattiers. En conséquence, l'agriculture dans ces régions désertiques qui sont de gros consommateurs d'eau, pourrait être sérieusement menacée , en particulier autour des grandes villes, si elles ne font pas le nécessaire pour se raréfier comme le permettent les technologies d'irrigation.

La menace est déjà palpable, mais elle ne fera qu'augmenter dans les décennies à venir. L'agriculteur devra donc nécessairement mener une lutte constante et difficile pour assurer une vie stable, sûre et prospère. D'autant que dans le Nord du désert, malheureusement, les plantes domestiquées par l'homme ne peuvent pas pousser sans eau. Ironiquement, vous voulez cultiver le désert, car l'eau y est rare lorsque le climat est chaud, sec et plus exigeant que partout où nous arrosons en toute saison Depuis l'application de la loi sur l'acquisition de la propriété des terres agricoles (APFA) en 1983, la base matérielle de la production agricole s'est élargie grâce au nouveau développement des terres et à l'utilisation de méthodes d'irrigation traditionnelles. Sur environ 298,340 hectares, soit 86% de la superficie irriguée totale, l'agriculteur a été contraint d'utiliser des systèmes d'irrigation traditionnels ou gravitaires en raison des lacunes des systèmes modernes (coût élevé des équipements produits, ressources financières insuffisantes pour les agriculteurs exacerbées par un système bancaire inadéquat L'aspect technologique a amélioré jusqu'à présent l'irrigation de surface, notamment via les lits. Mais tous les problèmes d'irrigation par plaque ne sont pas résolus, car les matériaux et méthodes modernes nous permettent de déterminer le débit en tête de plaque de manière précise, c'est-à-dire de connaître la dose brute correspondant à une certaine période d'alimentation, mais nous ne savons pas si la distribution de l'humidité en profondeur et en superficie est uniforme et suffisante pendant la même période d'irrigation. Et parce que le but de l'irrigation est de fournir à une zone cultivée la quantité d'eau nécessaire d'une manière techniquement et économiquement rentable, ce qui permettra d'atteindre un taux d'augmentation approprié du rendement et d'assurer une productivité élevée et stable. C'est pourquoi les études doivent être orientées vers la maîtrise de l'irrigation publique et de l'attractivité en particulier, c'est une technique simple, adaptable aux petits débits et facilement acceptée par les agriculteurs. Malgré

l'apparente simplicité de ce système, son administration et son amélioration ne sont pas sous contrôle. Les études et observations sur le terrain montrent que le débit est très faible, il conduit à des progrès très lents, et pour trouver des solutions dans ce contexte nous avons eu recours au processus d'évaluation de l'humidité du sol. Bien que l'état de l'eau du sol soit aujourd'hui difficile à estimer avec une bonne précision sur de grandes surfaces ou de grandes surfaces. Cependant, il existe de nombreuses techniques pour les estimer, et elles vont des plus simples aux plus sophistiquées et sophistiquées. Il existe plusieurs méthodes pour estimer et évaluer l'humidité du sol. Nous trouvons qu'il existe des méthodes directes et indirectes de mesure de l'humidité du sol et des méthodes directes. Nous trouvons des méthodes traditionnelles ou pondérées pour calculer et présenter les résultats des mesures d'humidité du sol. Car la méthode traditionnelle de mesure de l'humidité de masse consiste à prélever un échantillon en creusant dans le sol et en le plaçant ensuite dans un four à un certain degré.

***HISTORIQUE
D'IRRIGATION***

Historique d'irrigation

L'irrigation, cette pratique qui consiste pour l'homme à apporter de l'eau aux cultures, ne cesse d'étonner et de lancer des défis. Elle ne concerne que 273 millions d'hectares dans le monde, éparpillés très irrégulièrement sur tous les continents. Pourtant elle a une importance très supérieure à la surface modeste, bien qu'en continuelle augmentation, qu'elle couvre.

A l'origine de plus des deux tiers de la production agricole, elle a une productivité en moyenne supérieure au double de celle de l'agriculture pluviale. Elle permet de spéculations fructueuses, deux à trois récoltes par an, et des cultures sur des terres stériles, ou sous les climats les plus secs. Pourtant, au XXe siècle, ses échecs sont *nombreux, surtout dans le tiers-monde et tendent à éclipser ses réussites indéniables et ses rapides progrès techniques*. L'irrigation extrêmement ancienne. Elle remonte à la préhistoire. Pour la majorité des spécialistes, sa naissance serait contemporaine de celle de l'agriculture, la grande révolution du néolithique, ou elle lui serait postérieure. Mais pour certains d'entre eux, elle lui serait antérieure, et daterait du mésolithique, voire paléolithique. L'irrigation a été propice à la productivité des terres sur la longue durée. L'eau des rivières en crue, la première qui ait été utilisée et celle qui était la plus appréciée, apporte l'humidité bienfaisante mais aussi la fertilité de ses limons. L'agriculture pluviale primitive dans sa forme itinérante use au contraire rapidement les sols. L'irrigation a favorisé la sédentarisation. Sa pratique sur des périodes suffisamment longues a permis l'éclosion des premières civilisations, qui ont été à la fois des civilisations urbaines et agricoles. Aussi la question s'est posée de savoir si l'irrigation a suscité la ville, voir l'Etat, ou si c'est le contraire. Alors que l'agriculture pluviale n'était guère assortie de contraintes à l'intérieur des groupes humains, la gestion de l'eau a imposé des ententes précoces entre les membres des communautés et dans les réseaux importants des accords entre les communautés elles-mêmes, souvent sous l'égide du pouvoir central. La création et le fonctionnement de grands réseaux laissent supposer l'intervention de l'état. Mais les petits réseaux, et leur juxtaposition dans l'espace pour former de grandes zones irriguées, pouvaient n'avoir pour origine que des initiatives locales. Ces hypothèses ont suscité de vifs débats à partir de la décennie cinquante. [4]

Chapitre I:
IRRIGATION
SUPERFICIELLE

I-1 Introduction:

L'irrigation superficielle avait été pendant des siècles la seule méthode d'application de l'eau dans les terres cultivées et quoique des techniques d'irrigation modernes et très perfectionnées telles que l'irrigation par aspersion et l'irrigation goutte à goutte aient été développées durant ce siècle, les fondements globaux des méthodes d'irrigation superficielle continuent à être utilisés dans les deux tiers des terres irriguées. Il est possible que ce pourcentage augmente dans le futur si l'augmentation du coût de l'énergie prouve qu'il est un facteur prohibitif pour l'utilisation alternative et la grande Energie des techniques d'application de la consommation d'eau.

L'irrigation de surface regroupe l'ensemble des techniques d'arrosage dans lesquelles la répartition de l'eau se fait entièrement par gravité, par simple écoulement sur la surface du sol. Elle est caractérisée par la méthode d'application de l'eau sur les terres cultivées, c'est à dire que l'eau, à la tête de la planche de la surface à irriguer s'écoule sur la surface de la terre et s'infiltré dans le sol.

Les techniques de l'irrigation de surface sont dites aussi techniques de l'irrigation traditionnelles du fait qu'elle sont utilisées par l'homme depuis l'antiquité. L'agriculteur au fil du temps a pu développé ces techniques traditionnelles en relation avec la ressource hydrique dont il dispose et, généralement basées sur l'écoulement gravitaire. Ce système gravitaire classique malgré ses inconvénients (exigent en main d'œuvre, gaspillage d'eau etc..) peut rivaliser les systèmes dit modernes s'il est bien mené. Des modèles de simulation du phénomène ont permis d'obtenir des rendements très positifs qui ne demandent qu'à être généralisés chez l'agriculteur.

De nos jours, beaucoup de techniques dites traditionnelles ont été modernisées grâce au progrès scientifique et technologique. [1]

I-2 Définition de l'irrigation:

Une définition générale de l'irrigation peut être le développement de l'eau vers le sol dans l'intention de lui fournir l'humidité nécessaire à la croissance des plantes. L'irrigation à des fins de travail a été définie comme l'ajout d'eau au sol à l'une des fins suivantes:

- Préparer le sol avec de l'humidité pour la croissance des plantes.
 - Assurance court terme. Hydrater le sol et l'atmosphère environnante et créer des conditions climatiques plus propices à la croissance des plantes.
 - Lavage ou concentration des sels dans la zone racinaire.
 - Réduire le risque de durcissement de la croûte superficielle du sol. Faciliter les opérations agricoles
- Science de l'irrigation:

une science qui étudie les sources d'eau d'irrigation et les méthodes de contrôle, leur exploitation et leur distribution dans les champs agricoles, et comprend la planification, la conception et la mise en œuvre des installations d'irrigation, la transmission de la distribution de l'eau d'irrigation, l'étude des méthodes pour les ajouter et le calcul des besoins en eau des plantes et le climat, en plus d'étudier les problèmes liés à l'ajout d'eau, tels que les problèmes de restauration, de drainage et de remise en état des sols. Il est donc possible de définir les tâches que la science de l'irrigation effectue comme suit:

- Stocker l'eau en construisant des barrages et des réservoirs sur les lits des rivières
- Transfert et distribution de l'eau de ses sources naturelles vers les champs agricoles
- Ajouter de l'eau aux champs agricoles par des méthodes appropriées
- Exploitation de l'hydroélectricité pour produire de l'électricité En plus de cela, déterminer la profondeur d'eau appropriée à ajouter à la plante, les intervalles d'irrigation appropriés, la capacité du sol à retenir l'eau, le débit d'eau entrant dans le sol et le drainage approprié, et certainement l'étude de les variables auxquelles nous avons fait référence sont principalement liées au type de sol, aux conditions climatiques, au type de plante Le stade de sa croissance, les caractéristiques du système racinaire de la plante, la profondeur de la zone racinaire et la méthode d'ajout d'eau . [2]

I-3 Système d'irrigation

I-3.1 Ressource en eau:

En irrigation, la question de l'eau est primordiale comme elle l'est d'ailleurs dans toute activité agricole. L'irrigation nécessite de l'eau en quantité et surtout en qualité. Ainsi avant l'installation de tout système d'irrigation la ressource en eau doit être évaluée afin de s'assurer de sa disponibilité. La disponibilité de l'eau conditionne la superficie à irriguer. l'évaluation de la ressource en eau doit porter sur :

- La description du climat et des précipitations pendant l'année;
- Les ressources d'eau de surface et d'eau souterraine disponibles;
- La distance entre la source d'eau et les champs à irriguer;
- La variabilité des ressources en eau (variations en profondeur et quantité); Les sources de prélèvement d'eau pour une irrigation sont diverses et nous pouvons citer: les retenues d'eau, les forages, les puits etc.

I-3.2 Moyens de transport

Les moyens de transport diffèrent selon le type d'irrigation mais ont un seul but: celui de

faire parvenir l'eau prélevée de la source aux cultures et de façon efficace. Il s'agit en premier lieu des réseaux primaires d'amenée qui sont soit en canaux fermés soit à ciel ouvert munis de vannes. Le diamètre du canal dépend du débit recherché et de la longueur du circuit (CALCET *et al.*, 2016). Ensuite les réseaux de distributions secondaires, tertiaires et quaternaires en fonction du type d'aménagement.

I-3.3 Moyens de distribution de l'eau :

Dans un système, d'irrigation la distribution est caractéristique pour une bonne gestion de l'eau afin d'assurer un meilleur développement des cultures. Les distributeurs d'eau définissent

généralement la catégorie de système et, dans la plupart des cas, le type d'installation. Branchés sur les conduites latérales à intervalles réguliers, ils apportent l'eau aux plantes sous forme de jet de pluie, pulvérisation, faible débit, fontaine ou gouttes continues (FAO, 2008).

En irrigation de surface, la distribution se fait généralement par ruissellement donc reste toujours traditionnelle. Par contre en irrigation sous pression (aspersion et goutte à goutte) la distribution est conditionnée pour avoir une pression quelconque en fonction des besoins. Cela nécessite l'utilisation de distributeurs spécifiques tels que les asperseurs, les micro-asperseurs, les goutteurs etc. [1]

I-4 Méthodes d'irrigation:

Il existe différentes techniques ou méthodes d'irrigation qui diffèrent en fonction de la distribution sur le terrain de l'eau obtenue à partir de la source. Cependant, chaque méthode présente des avantages et des inconvénients qui doivent être pris en considération lors de la sélection de la méthode qui s'adapte la mieux aux conditions locales. En général, l'objectif est de fournir de l'eau à l'ensemble du terrain de manière uniforme, de sorte que chaque plante ait le volume d'eau dont elle a besoin, ni trop, ni moins (EAE, 2014). [2] Outre l'irrigation manuelle qui reste la méthode la plus élémentaire nécessitant une main-d'œuvre importante, un long travail et un grand effort; les trois techniques les plus couramment utilisées sont: l'irrigation de surface, l'irrigation par aspersion et l'irrigation goutte à goutte (FAO, 1991).

I-4.1 Irrigation de surface:

Selon la FAO, l'irrigation de surface consiste à amener l'eau au point le plus haut du terrain et à la laisser s'écouler par gravité. L'eau est ensuite distribuée au champ à partir de canaux ouverts se situant au niveau du sol, soit par submersion (irrigation par bassins), soit dans des sillons en terre (irrigation par sillons) ou bien par ruissellement à la surface d'une

planche d'arrosage (irrigation par planches). Cette méthode est assez gourmande en eau. La mise en œuvre du gravitaire demande un personnel nombreux mais qui n'a besoin que des connaissances pratiques pouvant aisément s'acquérir sur le terrain. Sauf cas très particuliers, l'eau n'est pas transportée sous pression mais par canaux. La consommation d'énergie extérieure est donc faible (ou nulle) et cette méthode ne nécessite pas, en général, au niveau des parcelles, d'infrastructures ni de matériels trop coûteux.

I-4.1.1 Irrigation par bassins:

Ces bassins sont des portions de sol, plates et horizontales, entourées de remblais bas ou hauts (voir section 2.2.2 A), technique est généralement utilisée pour irriguer les rizières sur un terrain plat ou des terrasses à flanc de coteau (voir figure 2). Il peut avoir plusieurs formes: carrée, rectangulaire ou irrégulière. Ces barrages sont conçus pour empêcher le passage de l'eau vers les champs adjacents, en effet, la forme et la taille du bassin d'irrigation de surface selon FAD 2008 sont principalement déterminées en fonction de la pente du terrain, du type de sol, du débit de l'eau disponible (faible, suffisant ou fort), la dose d'irrigation à fournir, les pratiques agricoles. De même, la technologie du bassin convient à l'irrigation d'un grand nombre de cultures, à l'exception des cultures qui ne peuvent tolérer une immersion dans l'eau pendant plus de 24 heures. [3]

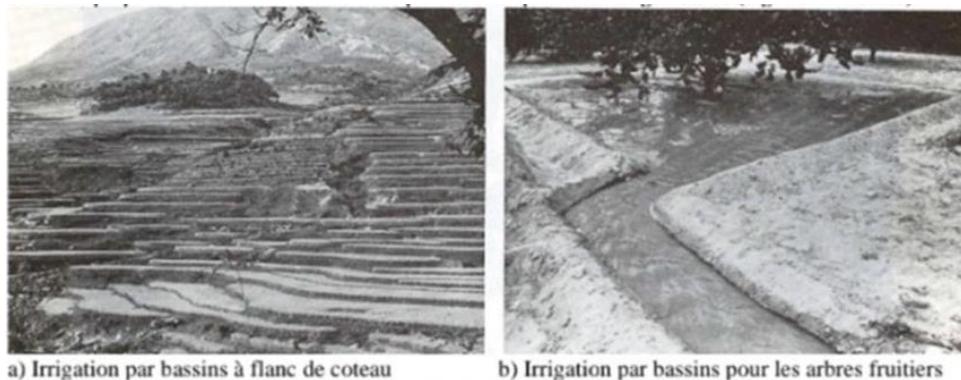


Figure I.1: Irrigation par bassins

I-4.1.2 Irrigation par sillon/A la raie:

Les sillons sont des petits rigoles en terre, aménagés dans le sens de la pente du terrain. Pour transporter l'eau vers les rangées de cultures. L'eau s'infiltré dans le sol, principalement par les cotés du sillon, tout le long de son trajet dans le sens de la pente du terrain.

Généralement, les plantes sont cultivées sur les billons séparant les sillons (voir figure 3). Cette technique est valable pour l'irrigation de toutes les cultures en lignes et pour toutes les cultures qui ne tolèrent pas la submersion par les eaux de leur feuillage ou de leur collet pour une longue durée (e.g. 12-24 heures).

Les sillons sont alimentés par des prises d'eau aménagées sur les berges du canal d'amenée. Ces ouvrages de prise peuvent être soit de simples ouvertures aménagées sur les berges du canal d'amenée, soit des siphons, ou bien des tuyaux d'alimentation passant à travers la berge du canal d'amenée. [3]



Figure I.2 Alimentation des sillons par siphons

I-4.1.3 Irrigation par aspersion:

La technique d'irrigation par aspersion est conçue sur le modèle de la pluie naturelle. L'eau est refoulée sous pression dans un réseau de conduites, ensuite elle est diffusée par des asperseurs rotatifs sous la forme d'une pluie artificielle (FAO, 1990). Cet épandage de l'eau sous forme de pluie se fait avec régulation et uniformité de la dose apportée à condition que la zone ne subisse pas des vents supérieurs à 4 *mis* ; les systèmes d'irrigation par aspersion sont soit fixes, soit mobiles (LAERE, 2003). Selon la même source, l'irrigation par aspersion est recommandée dans les cas de sols à faible profondeur, de sols légers et perméables, en cas de relief trop peu accidenté ainsi qu'en cas d'utilisation d'eau salée. L'eau est mise sous pression, généralement par pompage, pour être ensuite distribuée au moyen d'un réseau de canalisations. La distribution d'eau est faite au moyen de rampes d'arrosage équipées d'asperseurs. L'eau sort sous la forme d'un jet et se répartit en gouttelettes d'eau qui tombent sur le sol. Beaucoup plus économe en eau que l'irrigation de surface, l'aspersion est cependant consommatrice d'énergie externe et nécessite un personnel bien formé pour les manipulations. Bien que ce système imite la pluie, il présente des avantages tout comme des inconvénients. [1]



Figure I.3 : Irrigation par Aspiration

I-4.1.4 Irrigation au goutte à goutte:

L'irrigation goutte à goutte est une technique qui consiste à mettre l'eau au pied de la plante, directement à la disposition des racines à l'aide d'un goutteur (ORDA, 2008). [4] Encore appelée irrigation localisée ou micro irrigation, l'irrigation goutte à goutte consiste à appliquer l'eau à faible débit et à intervalles fréquents au voisinage des plantes uniquement au moyen d'un réseau dense de conduites (MERMOUO, 2004). [5] En effet, la méthode consiste à amener l'eau sous pression dans un système de canalisations, généralement en PVC; cette eau est ensuite distribuée en gouttes au champ par un grand nombre de goutteurs répartis tout le long des rangées des plantations. Selon la FAO (2008), dans l'irrigation goutte-à-goutte, l'eau est directement versée sur les cultures par de petits goutteurs placés sur des tuyaux souples en polyéthylène longeant les rangées de culture.



Figure I.4 Irrigation au goutte à goutte

I-4.1.5 Irrigation par planches:

L'irrigation par planches est contrôlée par la méthode de submersion superficielle, la surface est divisée en bandes séparées par des digues parallèles, et chacune est irriguée séparément. L'analyse et la conception des techniques d'irrigation par planches sont sujets de recherches et suivies approfondies depuis ces dernières décennies. La théorie hydraulique de l'irrigation par planche est actuellement comprise et connue. Cette connaissance résulte essentiellement de l'application des équations de l'écoulement

superficiel de l'eau sur la surface irriguée

Caractéristiques de l'irrigation par planches.

Les planches rectangulaires reçoivent généralement l'eau par le côté frontal ou latéral. Le liquide coulant doucement, en nappe mince, pendant toute la durée de l'infiltration, est canalisé par des billons ou levées qui suivent le sens de la longueur.

La partie inférieure est ouverte, les billons latéraux s'arrêtent quelques mètres avant la fin de la planche et un canal de colature recueille les eaux en excès. C'est le cas des planches ouvertes. Dans les planches fermées au fil de l'arrosage le volume d'eau ayant pénétré dans la planche se répartit en un volume stocké en surface, qui augmente avec la longueur humectée et un volume infiltré qui augmente avec le temps. C'est l'une des méthodes les plus recommandables en grande

culture, mais elle ne s'adapte aux pentes que dans des limites assez étroites de 1.25 à 6 p.1000 pour les cultures sarclées avec optimum situé au voisinage de 3 p.1000. les cultures couvrantes, qui résistent mieux à l'érosion, acceptent des pentes plus accentuées difficulté, avec les plus fortes de ces pentes, réside dans l'arrosage au moment de l'installation de ces cultures, lorsque le terrain n'est pas encore fixé par les racines. Dans les régions sèches, l'irrigation préalable ne suffit pas toujours pour assurer une bonne levée. Il faut donc adopter provisoirement un autre système d'irrigation, pluie, petits sillons, etc...., tant que la plante n'est pas bien établie. On peut également semer une plante fixatrice, comme le seigle, que l'on fauche fréquemment pour qu'elle ne gêne pas la culture de fond.

Dans le sens transversal, la planche doit être horizontale afin d'assurer un étalement uniforme de la masse liquide sur toute la largeur. On tolère cependant 2p.1000 et au plus, 2.5 cm entre levées.

Dans le sens longitudinal, sur une distance égale à la largeur de la planche, une partie horizontale oblige l'eau à s'étaler dès sa sortie du canal auxiliaire d'alimentation, sortie qui s'effectue par une ou plusieurs ouvertures. Le terrain offre ensuite une pente uniforme, qui peut aller en s'accroissant légèrement vers le bas pour conserver une vitesse d'écoulement suffisante.

les planches sont généralement des bandes de terre assez longues, à pente uniforme, et séparées par des diguettes. Contrairement à l'irrigation par bassins, les diguettes ne sont pas conçues pour former une cuvette pour contenir les eaux, mais pour guider les filets d'eau dans leur ruissellement à travers la planche (figures 1 et 2). [15]

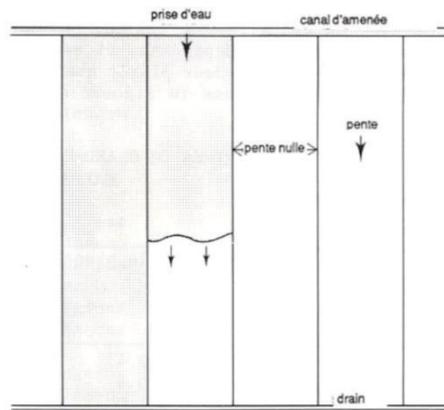


Figure I.5 : irrigation par planches



Figure I. 6 Irrigation par planches : terrain à nivellement insuffisant

I-4.1.5.1 Conditions d'utilisation:

L'irrigation par planches est recommandée pour les exploitation de grande taille, ou les travaux agricoles sont mécanisés. En effet , une exploitation aménagée en planches de grande longueur offrirait de longues périodes d'utilisation ininterrompue des machine; agricoles. Les planches peuvent atteindre 800 m de longueur, la largeur varie de 3 à 30 m. les dimensions définitives des planches dépendent de plusieurs facteurs. Cette méthode d'irrigation n'est pas pratique dans le cas des petites exploitations ou les travaux agricoles sont faits à l'aide de la main-d'œuvre , ou bien par traction animale.

A-Pentes adéquates :

La pente des planches doit être uniforme, avec un minimum de 0.05 % pour faciliter le drainage, et un maximum de 2 % pour éviter l'érosion.

B-Types du sol appropriés :

Les sols appropriés à ce mode d'irrigation sont les sols profonds limoneux et argileux, à taux d'infiltration moyen. Cette technique n'est pas recommandée pour les sols argileux lourds . ou l'infiltration des eaux est assez lente. Dans ce dernier cas, l'irrigation par bassins est préférable.

C-Cultures recommandées : Cette méthode convient particulièrement à l'irrigation de la luzerne, des céréales et des pâturages. [15]

I-4.1.5.2 Aménagement des planches:

comme c'est le cas pour l'irrigation par bassins et par sillons, les dimensions et la forme des planches sont fonction du type du sol, du débit du courant d'eau, de la pente du terrain, de la dose d'arrosage et d'un certain nombre de facteurs tels que les pratique culturales et la taille de l'exploitation.

Toutes les considérations présentées à propos de l'irrigation par bassins et par sillons sont généralement applicables à l'irrigation par planches. Pour cela on ne va pas les reprendre dans ce chapitre, Le tableau 1 donne une idée générale des dimensions les plus pratiques des planches, Cependant, il est à noter que les valeurs indiquées dans le tableau sont des ordres de grandeur plutôt que des valeurs strictes. En effet, ce sont des valeurs empiriques qui n'ont pas la rigueur des valeurs calculées à partir des relations scientifiques. [5]

Tableau I-1: Ordres de grandeur des longueurs et des largeurs maximums des planches.

Type du sol	Pente de la planche (%)	Débit unitaire par mètre de largeur U/s	Largeur de la planche (m)	Longueur de la planche (m)
SABLE	0.2 – 0.4	10 – 15	12 – 30	60 – 90
Taux d'infiltration supérieur à 25 mm/h	0.4 – 0.6	8 -10	9 – 12	60 – 90
	0.6 – 1.0	5 – 8	6 – 9	75
LIMON	0.2 – 0.4	5 – 7	12 – 30	90 – 250
	0.4 – 0.6	4 – 6	6 – 12	90 – 180
Taux d'infiltration de 10 à 25 mm/h	0.6 – 1.0	2 – 4	6	90
	0.2 – 0.4	3 – 4	12 – 30	180 – 300
ARGILE	0.4 – 0.6	2 – 3	6 – 12	90 – 180
	0.6 – 1.0	1 – 2	6	90 I

Note: Le débit est donné par mètre linéaire de largeur de la planche. Par conséquent, le débit total s'obtient en multipliant le débit unitaire par la largeur de la planche exprimée en mètres.

I-4.1.5. 3 Mise en eau des planches:

La mise en eau des planches consiste à introduire un courant d'eau à partir du canal d'amenée, à l'extrémité supérieure de celles-ci. L'eau ruisselle en descendant la pente de la planche. Une fois le volume d'eau nécessaire introduit dans la planche, le courant d'eau est arrêté. La fermeture de la prise peut bien avoir lieu avant l'arrivée du front d'eau à l'extrémité aval de la planche. Il n'y a pas de règles précises qui dictent cette décision. Cependant, si le débit d'eau est arrêté plus tôt que nécessaire, on risque une couverture incomplète de la planche, et l'eau n'atteindra pas l'extrémité aval de celle-ci. Par contre si le débit d'eau est arrêté plus tard que nécessaire, on aura un débit sortant à l'extrémité de la planche, et l'eau sera perdue dans le réseau de drainage.

Comme ordre de grandeur, la fermeture de la prise d'eau doit intervenir, suivant les cas, comme suit :

- En sol argileux, le courant d'eau est arrêté quand l'eau couvre 60 % de la planche. Par exemple, si la longueur de la planche est de 100 m, un jalon sera placé à 60 m de l'amont. Quand l'eau atteint le jalon, la prise d'eau est fermée.
- En sol limoneux, le débit d'eau est arrêté quand l'eau couvre 70 à 80 % de la planche.
- En sol sableux, la fermeture de la prise d'eau intervient uniquement quand l'eau couvre la totalité de la planche.

Comme on vient de le dire, ce sont des directives. Les règles définitives sont arrêtées cas par cas, et après avoir testé leur validité. [15]

i- Profils d'humectation:

Comme c'est le cas avec les autres méthodes d'irrigation, il est important de veiller à ce que la quantité d'eau nécessaire soit fournie à la planche, pour que l'humidification de la zone racinaire soit uniforme. Cependant, il faut noter que certaines erreurs courantes sont à l'origine d'une mauvaise distribution d'eau. Cette mauvaise distribution d'eau peut résulter soit :

- d'un nivellement insuffisant du terrain.
- d'un courant d'eau inadéquat.
- de l'arrêt inopportun de l'alimentation en eau.

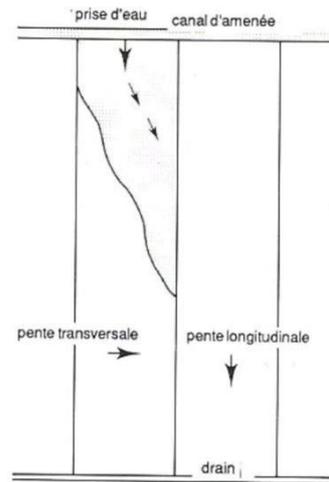


Figure 1.7 Effet de la pente transversale sur le ruissellement des eaux sur la planche

i-A Nivellement insuffisant du terrain

Si le nivellement du terrain est insuffisant et improprement réalisé, la planche aura une pente transversale et l'eau d'irrigation ne pourra pas couvrir la totalité de la planche. L'eau ruissellera sur la planche vers les régions des plus basses cotes (figure 3). Ces malfaçons peuvent être corrigées en reprenant le nivellement de la planche, ou bien en aménageant des diguettes de guidage pour éviter l'écoulement transversal des eaux.

i-B Courant d'eau inadéquat

Un courant d'eau à faible débit sera perdu par percolation profonde au voisinage immédiat du canal d'amenée (figure 4). Spécialement en sol sableux.

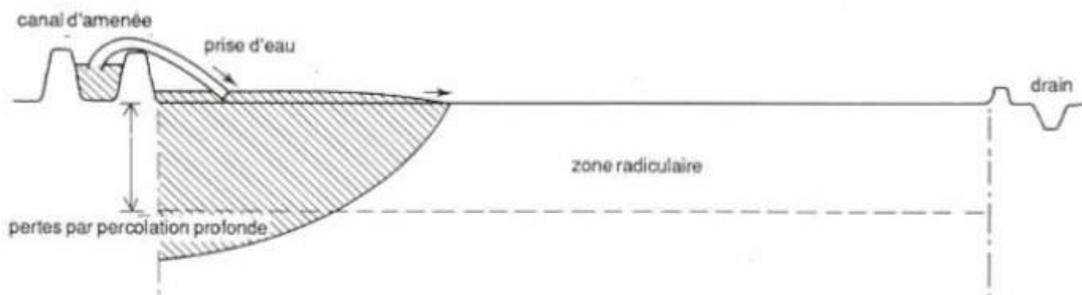


Figure 1.8 : Faible courant d'eau

par contre, si le courant d'eau est à fort débit, l'eau ruisselle rapidement et atteint le point qui marque la fermeture de la prise avant qu'une quantité suffisante d'eau soit introduite pour humidifier la zone radicaire (figure 5). Dans ce cas, la prise doit rester ouverte jusqu'à ce que l'humidification de la zone radicaire soit adéquate. Il va en résulter des pertes d'eau par écoulement en excès, qui seront collectées dans le réseau de drainage. Les courants d'eau à forts débits peuvent provoquer l'érosion de la planche.

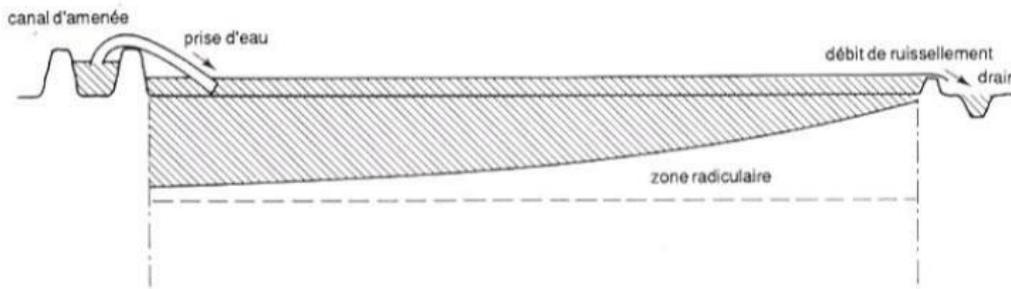


Figure I.9 : Fort courant d'eau

i-C Arrêt inopportun de l'alimentation en eau:

Si l'arrêt de l'alimentation intervient trop tôt, l'eau ne pourra pas couvrir la totalité de la planche. par contre, si l'arrêt de l'alimentation en eau intervient trop tard, l'eau ira se déverser à l'extrémité aval. Pour être perdue dans le réseau de drainage. [14]

I-4.1.5.4 Entretien des planches:

L'entretien des planches consiste à des débarrasser des mauvaises herbes et à maintenir leur pente uniforme. Toute défection dans les diguettes doit être immédiatement réparée, les canaux et les drains doivent faire l'objet d'un curage et d'un désherbage régulier. Le contrôle régulier et l'entretien rapide peuvent garantir la sécurité des ouvrage et prévenir les dégâts importants.



Figure I.10 Mise en eau des planches

I-5 Comment choisir les méthodes d'irrigation appropriées:

Le choix d'une méthode d'irrigation est déterminé en fonction d'un certain nombre de facteurs, à savoir:

- Les conditions naturelles
- Les cultures
- La technologie
- La tradition des irrigations
- Les coûts et les bénéfices

- Les besoins en main-d'œuvre

I-5.1 Les conditions naturelles:

- le type de sol,
- la pente,
- le climat,
- la disponibilité de l'eau,
- la qualité de l'eau

I-5.2 Les cultures:

L'irrigation de surface s'applique à toutes les cultures.

Les méthodes d'irrigation par aspersion et au goutte à goutte, du fait des coûts d'investissement importants, sont principalement adoptées pour l'irrigation des cultures à haute valeur financière telles que les légumes et les arbres fruitiers.

Elles sont rarement utilisées pour les cultures de base à faible valeur financière. L'irrigation au goutte à goutte est très recommandée pour l'irrigation des plantations individuelles, les arbres et les cultures en lignes. Elle n'est pas utilisée pour l'irrigation des plantations denses telles que les rizières.

I-5.3 La technologie:

le niveau de technicité requis pour l'installation et le fonctionnement d'une méthode d'irrigation affecte sa sélection dans un cas déterminé.

Les techniques des méthodes d'irrigation par aspersion et au goutte à goutte sont plus complexes que celles de l'irrigation de surface.

I-5.4 La tradition des irrigations:

- le choix d'une méthode d'irrigation dépend des traditions des irrigants dans la région ou dans le pays.
- L'introduction d'une nouvelle méthode d'irrigation peut amener des difficultés inattendues.
- Généralement, les agriculteurs sont réticents à adopter les nouvelles techniques d'irrigation.
- La gestion des équipements sera aléatoire, et les frais seront trop élevés comparés aux bénéfices.
- Souvent, il est plus avantageux de réhabiliter et d'améliorer le fonctionnement d'un réseau d'irrigation traditionnel que d'introduire une nouvelle méthode d'irrigation.

I-5.5 Les besoins en main-d'œuvre:

- les besoins en main-d'œuvre pour l'aménagement, le fonctionnement et l'entretien des projets d'irrigation de surface sont toujours supérieurs à ceux des projets d'irrigation par aspersion ou au goutte à goutte.

- L'irrigation de surface nécessite des travaux de préparation de terrain (nivellement) assez soignés, un entretien régulier et une bonne conduite des irrigations pour assurer le bon fonctionnement du réseau.
- En aspersion ou au goutte à goutte, les travaux de préparation du terrain sont très minimes, et les besoins en main-d'œuvre pour le fonctionnement et l'entretien des réseaux sont moins importants que pour l'irrigation de surface.

I-5.6 Les coûts et les bénéfices:

avant de choisir une méthode d'irrigation, il faut faire une estimation des coûts, bénéfices et avantages de chaque option.

I-6 La meilleure méthode d'irrigation:

C'est celui qui fournit à la terre de l'humidité pour la croissance des plantes sans perdre d'eau ou de sol, sécurise la culture contre les sécheresses courtes, et lave les sels présents dans le secteur du sol pour devenir en dessous de la limite critique pour obtenir la plus grande et la meilleure récolte, avec utilisation efficace de l'eau et distinction dans le rendement économique de l'unité d'eau.

En général, il est bien connu que pour être irrigué, la technologie (des méthodes d'irrigation primitives au système d'irrigation le plus moderne) doit être utilisée pour réguler l'approvisionnement des plantes avec leurs besoins en eau.

I-7 Avantages de l'eau d'irrigation:

L'eau agit comme un solvant pour les nutriments contenus dans le sol et leur transport vers les racines de la plante. Il aide l'activité des bactéries du sol, qui travaillent à analyser la nourriture dans le sol afin que la racine puisse l'absorber. Aide à maintenir la température du sol adaptée à la croissance des plantes. Il transporte au sol et aux égouts les excès de sels et de matières nocives pour les plantes. [5]

I-8 Conclusion

Quelle que soit la technique d'irrigation utilisée, le but final est d'avoir une récolte de qualité supérieure et une productivité élevée. Pour cela la bonne conception du réseau, sa bonne exécution et la pratique judicieuse des irrigations sont de première importance. Les travaux d'entretien qui ont pour objet de garder l'infrastructure du réseau et les ouvrages en bon état de fonctionnement sont souvent négligés. Ce fait a toujours amené la baisse du rendement (efficacité) de distribution d'eau et a conduit à la réduction du profit qu'on peut tirer des techniques d'irrigation.

Chapitre II :
METHODES D'ESTIMATION
DE L'HUMIDITE DU SOL

II-1 Introduction:

L'humidité du sol est une mesure importante pour la détermination du potentiel de production d'une culture dans des pays souvent menacés de sécheresse. Elle est aussi importante dans la modélisation des bassins de drainage où l'humidité dans le sol reflète la quantité d'eau présente dans les deux premiers mètres du sol.

La végétation extrait l'eau du sol par les racines et l'émet dans l'atmosphère à travers ses stomates. La transpiration des plantes est donc déterminée par l'eau disponible pour la végétation sur l'ensemble de la zone racinaire. Par ailleurs, sur une grosse partie du globe, la disponibilité en eau est le facteur limitant pour la croissance des plantes et donc l'agriculture. Ainsi, la connaissance de l'humidité du sol est très précieuse pour détecter des périodes de stress hydrique (**Escorihuela, 2007**) [7]

Cette humidité est toutefois susceptible de s'évaporer dans l'atmosphère. La détection rapide de conditions d'assèchement (qui peuvent nuire aux cultures ou qui peuvent indiquer le début d'une sécheresse) permet d'améliorer la production agricole et de faire des prévisions quant au volume et à la qualité des récoltes. La détection rapide de risques permet de prévenir les producteurs agricoles et aide à la planification de l'aide humanitaire. L'humidité du sol aide aussi dans la prédiction d'inondations, car un sol saturé ne peut pas absorber plus de pluie ou d'eau de ruissellement.

II-2 L'eau dans le sol

Comme cela a été défini dans le paragraphe précédent, les espaces poreux existants entre les particules solides sont occupés par de l'eau et de l'air.

La réserve en eau du sol se définit comme le volume d'eau contenu dans le sol à un instant donné. Ce volume, ou stock l'eau est généralement exprimé en épaisseur de lame d'eau (en mm), pour être facilement comparé aux pluies et à l'évapotranspiration. C'est une grandeur dynamique qui évolue au cours du temps, sous l'action conjointe des précipitation et de l'évapotranspiration. Cependant toute l'eau du sol n'est pas utilisable par la végétation, soit parce que les racines ne colonisent pas tout le volume de sol, soit parce que l'eau est trop fortement retenue par le sol pour être extraite par les racines (**Brédan et al, 2007**). [12]

Les mouvements de l'eau dans le sol, régis par le potentiel hydrique, ont lieu selon une vitesse d'infiltration d'exterminée notamment par la conductivité hydraulique du sol et gouvernée par la loi de Darcy établie à partir de mesures en condition de sols saturés (**Darcy 1856**). La conductivité hydraulique d'un sol est maximale lorsqu'il est saturé car

d'un part la force gravitaire est importante et la force de rétention faible, d'autre part la L'écoulement de l'eau s'effectue jusqu'à rejoindre la zone de saturation permanence appelée nappe. Les mouvement de l'eau se font alors par percolation. [6]

II-3 L'humidité du sol :

L'humidité est la présence d'eau ou de vapeur d'eau dans l'air ou dans une substance (linge, pain, produit chimique, etc.). Elle peut se mesurer grâce à un hygromètre à cheveu ou numérique et s'exprime généralement en pourcentage.

Le terme humidité utilisé dans le langage de la construction correspond à une présence anormale d'eau dans un bâtiment. Celle-ci peut être sous forme de liquide, de vapeur d'eau ou de remontée capillaire.

L'humidité du sol est un paramètre important dans le bilan hydrique du sol et en irrigation, c'est un facteur intervenant dans la modélisation du drainage, et peut fournir de l'information sur le potentiel hydroélectrique et d'irrigation d'un bassin. Dans les régions de déforestation active, les évaluations de la teneur en humidité du sol aident à la prévision du volume de ruissellement, des taux d'évaporation et de l'érosion du sol. L'humidité de surface du sol conditionne les échanges avec l'atmosphère par l'intermédiaire du bilan d'énergie à la surface du sol (très différent sur une surface séché ou sur une surface humide), elle est importante en raison de son impact sur l'évaporation du sol et transpiration. Ce qui conditionne les transferts de masse et de chaleur entre La terre et l'atmosphère (Koster, 2004). [8] La connaissance de l'humidité du sol est donc très utile dans les modèles de prévision météorologiques via des modèles de circulation générale. Enfin, une surveillance continue de l'humidité du sol sur une grande échelle, et sur de longues périodes de temps, donne un aperçu des modifications éventuelles du climat.

Cependant, l'humidité du sol est un terme très vague et il est important de le définir. La définition la plus commune de ce terme est la quantité totale d'eau présente dans la zone insaturée. Pour des raisons pratiques, cette humidité est souvent séparée en deux composantes, l'humidité du sol de surface, correspondant aux premiers centimètres (5cm en général), et l'humidité de la zone racinaire du sol (deuxième réservoir) (Hillel, 1988). [9]

II-3.1 l'humidité initiale dans le sol:

L'humidité est la quantité d'eau contenue dans un sol. Elle est mesurée par rapport à la quantité de terre sèche contenue dans ce sol, et est exprimée-en \square . La méthode détermination des humidités consiste à sécher l'échantillon de terre à l'étuve 105° jusqu'à

un poids constant ; et la différence de poids avant et après séchage correspond à la quantité d'eau.

Les échantillons sont prélevés au milieu de la planche à l'aide d'une tarière jusqu'à une profondeur de 1m (aux horizons 0 ÷ 30, 30 ÷ 60 et 60 ÷ 100 cm) et tous les résultats sont portés en. [13]

II-3.2 Méthodes de détermination de la teneur en eau du sol et du potentiel hydrique:

L'humidité du sol est déterminée à de nombreuses fins. Aucune mesure physique, hydrophysique, chimique ou mécanique n'est effectuée sans qu'il soit nécessaire de déterminer la teneur en eau du sol sur le terrain ou en laboratoire. L'humidité du sol est exprimée de plusieurs manières, car elles sont

soit inclus dans les mêmes calculs, soit des calculs différents sont effectués. Sur cette base... Comme exprimer le poids du sol complètement sec, sec à l'air, ou humide... etc., selon le but et nature de la mesure et l'état de l'humidité du sol sur le terrain ou en laboratoire... basé sur le fait que le sol est composé de trois phases (solide, liquide et gazeuse).) Il peut calculer et régler l'humidité dans le sol comme suit: [15]

II-3.2.1 Méthodes d'expression de la teneur en eau du sol:

La teneur en eau du sol peut être exprimée de la manière suivante:

II-3.2.1.1 La teneur en humidité actuelle (θ_a) basée sur le poids humide du sol (poids humide):

Exprime l'humidité actuelle du sol que le sol peut contenir dans l'échantillon par rapport au poids humide du sol et est considérée comme la valeur nombre de grammes d'eau présents dans 100 grammes de sol humide.

$\theta_a = M_w / M_t = M_w / (M_w + M_s)$ M_t : est la masse totale de sol humide

M_w : est la masse d'eau dans l'échantillon étudié.

105 C°. M_s : est la masse de sol complètement sec à une température de

En raison de l'instabilité de la teneur en humidité (M_w) du sol, son calcul basé sur le poids humide du sol (M_t -la masse totale du sol, y compris les trois phases), est également une mesure instable, et donc il est rarement utilisé dans les études physiques, chimiques et hydro physiques.

II-3.2.1.2 Teneur en humidité pondérale basée sur le poids sec du sol masse (θ_m):

L'humidité est l'humidité actuelle du sol que le sol peut contenir dans l'échantillon de sol (qui a été séché à 105 °C jusqu'à poids constant), par rapport au poids sec du sol. Ce contenu est stable pour Pour les propriétés totales et les constantes d'eau du sol, car il est à

la base de la plupart des mesures physiques et hydrophysiques du sol et est calculé selon la relation suivante:

$$\theta_m = M_w / M_s$$

La teneur en eau sur la base de l'humidité du sol (poids humide) θ_a est couramment utilisée par les chimistes et les géochimistes, et la teneur en eau en poids θ_m , qui reflète les phénomènes liés à la présence d'eau dans le sol, est celle qui est retenue comme une mesure, surtout pour les physiciens, donc la relation entre θ_a et θ_m en divisant le numérateur et le dénominateur de la fraction, ce qui donne

θ_a , par le poids de la phase solide du sol, M_s , on trouve:

$$\frac{M_w/M_s}{M_w/M_s + M_s/M_s} = \frac{\theta_m}{\theta_m + 1}$$

De la même manière on trouve que: $\theta_m = \frac{\theta_a}{(1 + \theta_a)}$

On trouve également à partir de (θ_a) et (θ_m) ce qui suit:

$$M_w = m. M_s = a. (M_w + M_s)$$

La valeur de θ_a ou θ_A se situe entre (0-1) et en pourcentage entre (0 et 100) tandis que la teneur en humidité gravimétrique (basée sur le poids sec) θ_m se situe entre 0 et plus de 1 dans des conditions normales de terrain et peut varier de (0 et ∞) lorsqu'il s'agit d'une suspension terreuse dans laquelle le sol forme la phase dispersée.

Exemple: 100 g de sol complètement sec ont été prélevés (à une température de 105 ° C), et 30 g d'eau y ont été ajoutés, de sorte que le poids humide du sol est devenu 130 g, donc le pourcentage d'humidité à ce l'heure était:

A- Sur la base du poids humide = 23,08% = 100 * 30/130

C'est-à-dire que chaque 100 g de sol humide contient 23,08 g d'eau en plus de 76,92 g de sol sec.

b- Sur la base du poids sec, c'est = 30% = 100 * 30/100

C'est-à-dire que chaque 130 g de sol humide contient 30 g d'eau en plus de 100 g de sol sec.

II-3.2.1.3 Teneur en eau volumétrique θ_v : qui est une mesure du volume d'eau présente dans un volume apparent (V_b ou V_t) du sol et est égale à :

$$\theta_v = \frac{V_w}{V_t} = \frac{V_w}{V_s + V_w + V_a} = \frac{V_w}{V_b}$$

Il est également égal à : ($\theta_v = V_w / (V_s + V_f)$)

La teneur en humidité volumétrique est liée à la densité apparente ρ_b , à la teneur en

humidité pondérale (θ_m) et à la porosité Total (f dans le cadre d'un) avec la relation suivante:

$$\theta_v = \theta_m \cdot \frac{\rho_b}{\rho_w} = \theta_m \cdot \rho_s \cdot (1 - f)$$

Considérant que la valeur de la densité apparente peut être donnée par la relation :

$$\rho_b = \rho_s \cdot (1 - f)$$

La hauteur de la colonne d'eau ou la profondeur de l'eau dans la section du sol (dw):

Représente la hauteur de la phase liquide si V_w est remplacé par des unités de longueur z , où le stock d'humidité du sol est souvent exprimé comme la hauteur d'une couche d'eau en mm (dw) dans la section du sol par la relation suivante:

$$dw = v \cdot Z$$

dw : Stock d'eau du sol, qui est ici égal à dw , et que $-z$ la profondeur du sol est mesurée en décimètres.

θ_v : La teneur en humidité volumétrique est calculée à partir de la relation suivante:

$$\theta_v = V_w / V_t$$

La teneur en humidité peut également être calculée en tant que rapport volumique grâce à la relation suivante:

$$\theta_v = \theta_m \cdot \rho_b$$

Le stock d'humidité du sol peut également être exprimé comme le volume mesuré en mètres cubes (dw) dans la section de terre par la relation suivante:

$$dw = \theta_v \cdot Z \cdot s$$

Z : La profondeur considérée de la section du sol est égale à (z) en mètres, et le symbole s fait référence à la surface en mètres carrés

θ_v : humidité volumétrique faisant partie d'un Aussi, on peut écrire.

Exemple:

Si le taux d'humidité volumétrique $\theta_v \% = 30$ pour une profondeur $z = 80$ cm, cela signifie que le stock d'eau du sol dw jusqu'à cette profondeur et en unité de surface (= un mètre carré) sera égal à:

$$dw = v \cdot Z \cdot s \quad dw = 0.3 \cdot 0.8 \text{ m} \cdot 1 \text{ m}^2 = 0.24 \text{ m}^3 = 240 \text{ L/1 m}^2$$

Pour convertir d'un mètre cube en un volume (litre), on multiplie par 1

On trouve dans un acre (1000 mètres carrés) 240 mètres cubes d'eau, et dans un hectare 2400 mètres cubes d'eau dans la couche de sol visée... Pour faciliter la comparaison entre les réserves d'humidité de différents sols, quelle que soit la zone concernée, l'expression profondeur d'eau (ou hauteur de colonne) a été utilisée dans la profondeur prise pour la

comparaison à partir de la section transversale de ces sols. volume d'eau contenu dans la profondeur mentionnée en surface, c'est-à-dire:

$$L3 / L2 = L \text{ ou } \text{cm}^3 / \text{cm}^2 = \text{cm}$$

On trouve dans l'exemple précédent que $L = 0,24$ mètre, soit 24 cm. Ainsi, cela équivaut à une couche d'eau de 24 cm de hauteur au-dessus de la surface du sol et correspond à une pluviométrie de 240 mm. L'exemple précédent ne montre que la l'importance de la méthode d'expression de la teneur en eau du sol et la facilité de comparer les propriétés de l'eau de différents sols

Par conséquent, afin d'exprimer l'humidité du sol en tant que profondeur de la couche d'eau en mm, le volume d'eau en mètres cubes par hectare peut être divisé par le nombre 10, nous avons donc mm de profondeur d'eau / hectare.

II-4 Méthodes de détermination de la teneur en eau du sol:

De nombreuses méthodes ont été utilisées pour déterminer la teneur en humidité du sol, dont certaines sont directes et d'autres indirectes, certaines sont de laboratoire sur le terrain et d'autres sont conduites, et chacune a ses propres avantages dans des conditions de mesure idéales et présente également des défauts de transformation.

Sans l'utiliser dans d'autres conditions inappropriées Parmi ces méthodes figurent

II-4.1 Premièrement - Méthodes directes de mesure de la teneur en eau du sol:

II-4.1.1 Méthode thermo-gravimétrique : méthode de séchage:

C'est l'une des méthodes directes les meilleures et les plus précises pour mesurer la teneur en humidité du sol.

Le processus de séchage peut être effectué pour des échantillons de sol non remaniés en les plaçant sur le terrain ou pour des échantillons de sol séchés à l'air à une température de 110-105 degrés.

Celsius et pendant une durée allant de 16 à 24 heures jusqu'à ce que le poids soit stable... Il est à noter que les échantillons de sols argileux humides nécessitent des périodes de séchage plus longues que cela, qui peuvent atteindre 48 heures et peuvent également diminuer dans le cas de estimation de routine des échantillons.

Changez l'argile à 6-4 heures en fonction du poids de l'échantillon, de la méthode de prélèvement et de la forme du récipient de séchage, puis la teneur en humidité est calculée en poids.

II-4-2 Deuxièmement - Méthodes de terrain pour mesurer l'humidité du sol et la tension de l'humidité:

Les méthodes comprennent la mesure de la tension d'humidité (tractions) à l'aide de

tensiomètres, la mesure de la résistance électrique (ou de la conductivité électrique), à l'aide de moules en plâtre (ou en gypse), la méthode de diffusion des neutrons, la méthode d'amortissement des rayons ou la méthode d'amortissement des rayons γ . etc. [16]

II-5 Les différentes techniques de mesures de l'humidité du sol:

L'humidité du sol (ou eau contenue dans le sol) détermine de façon essentielle la variation des caractéristiques de différents matériaux ou sols

Le taux d'humidité d'un sol en particulier va déterminer les caractéristiques de diffusion ou de stockage de l'eau dans ce sol. Ces caractéristiques concernent aussi bien les intrants solides C'est une méthode classique pour mesurer l'humidité d'un échantillon de sol, elle consiste à prélever de manière très minutieuse à l'aide d'une tarière un échantillon de sol dans un cylindre dont le volume et le poids sont connus. Le poids de l'échantillon est mesuré avant et après passage dans une étuve afin d'en déduire l'humidité massique de l'échantillon maintenir l'échantillon à C, jusqu'à ce que le poids soit constant, généralement autour de heure .La connaissance de la densité donne la teneur en eau volumique du système. C'est la méthode la plus précise de mesure de l'humidité du sol, elle est indispensable pour calibrer les autres méthodes de mesures, en particulier la méthode neutronique (Hillel, 1988)[9] Elle présente néanmoins de nombreux inconvénients: Longue à mettre en place, la méthode est très fastidieuse pour de grands périmètres Pour de nombreux échantillons, la méthode est souvent qualifiée de destructrice pour le sol car elle exige bon nombre d'échantillons, surtout si l'on envisage de réaliser un profil d'humidité sur plusieurs centimètres de sol (Walker et al, 2004) .Les résultats ne sont pas instantanés, et doivent être traités au laboratoire.

II-5.1 Méthodes thermo-gravimétriques:

C'est une méthode classique pour mesurer l'humidité d'un échantillon de sol, elle consiste à prélever de manière très minutieuse à l'aide d'une tarière un échantillon de sol dans un cylindre dont le volume et le poids sont connus. Le poids de l'échantillon est mesuré avant et après passage dans une étuve afin d'en déduire l'humidité massique de l'échantillon (maintenir l'échantillon à 105° C, jusqu'à ce que le poids soit constant, généralement autour de 48 heures).

La connaissance de la densité donne la teneur en eau volumique du système. C'est la méthode la plus précise de mesure de l'humidité du sol, elle est indispensable pour calibrer les autres méthodes de mesures, en particulier la méthode neutronique (hillel, 1988). [9] Elle présente néanmoins de nombreux inconvénients :

Longue à mettre en place, la méthode est très fastidieuse pour de grands périmètres ; Pour de nombreux échantillons, la méthode est souvent qualifiée de destructrice pour le sol, car elle exige bon nombre d'échantillons, surtout si l'on envisage de réaliser un profil d'humidité sur plusieurs centimètres de sol (Walker et al, 2004). [10] Les résultats ne sont pas instantanés, et doivent être traités au laboratoire.

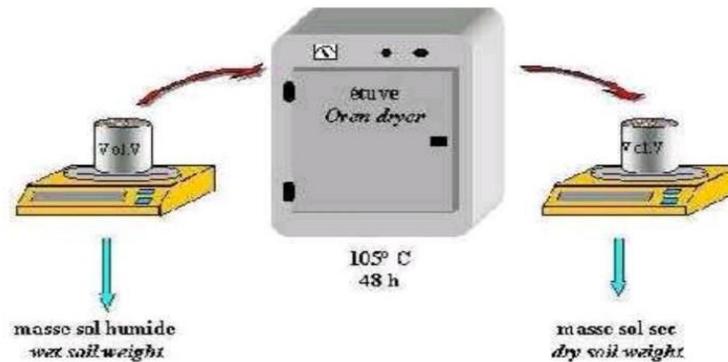


Figure II.1 Schéma type de la méthode thermogravimétrique

II-5.1.1 Modélisation de l'humidité du sol:

La détermination de l'humidité du sol peut être approximé par des modèles conçus spécialement pour déterminer l'humidité du sol. Dans ce cas, il est nécessaire de passer successivement par quatre phases :

- La dynamique de l'eau dans le sol ;
- L'évaluation de la réserve en eau du sol ;
- La circulation de l'eau du sol dans son paysage ;
- Le bilan hydrique du sol.

A chaque phase, on peut établir un modèle partiel, dont les éléments sont constituées de questions auxquelles l'interprétation des images et des photographies permet presque toujours de répondre.

On passe successivement d'un modèle à l'autre afin d'intégrer successivement les aspects statiques et dynamiques de l'eau dans le sol, puis les aspects spatiaux et enfin et temporel (bilan hydrique). [11]

II-5.1.2 Mesures par les sondes neutroniques:

Cette méthode reste particulièrement efficace mais chère et désormais beaucoup trop réglementée (caractère radioactif du principe de l'appareil) pour être utilisée simplement par un opérateur.

-Le principe de l'humidimètre neutronique s'appuie sur l'utilisation d'une faible source radioactive qui émet en continu des neutrons rapides. Ces neutrons perdent leur

énergie lorsqu'ils percutent des atomes d'hydrogène, devenant lents. Ainsi, le nombre de neutrons lents retournant à la source est lié à la quantité d'atomes d'hydrogène entourant la source. si l'on admet que la majeure partie de l'hydrogène appartient aux molécules d'eau, ce nombre estime la quantité d'eau autour de la source. Cette hypothèse constitue la base de la mesure d'humidité des sols avec la sonde à neutrons.

Lorsque la source est placée dans le sol selon le dispositif présenté sur la figure 2.1, celle-ci permet

d'y estimer la quantité d'eau environnante. L'émission des neutrons étant sphérique, la sonde « explore » l'eau contenue dans le volume sphérique d'environ 40 cm de rayon (Daudet and Vachaud, 1977). [11]

De façon pratique, la sonde à neutrons est posée sur un tube d'accès en aluminium placé dans le sol, à l'intérieur duquel la source est guidée. Ce tube, installé une fois pour toute sur un site donné. Un détecteur placé près de la source compte le nombre N de neutrons lents qui reviennent à la source.

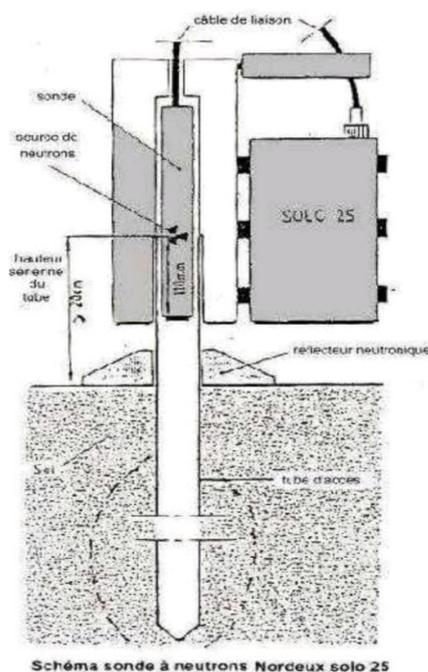


Figure II.2 Schéma d'un dispositif d'un humidimètre à neutrons

La difficulté majeure de cette méthode repose sur l'installation d'un tube d'accès neutronique de quelques centimètres jusqu'à une profondeur de plusieurs mètres, rendue difficile à cause des hétérogénéités du sol. de plus pour obtenir la teneur en eau il est nécessaire de réaliser une calibration en fonction du type de sol étudié.

De plus elle présente un autre inconvénient d'ordre technique, puisque la méthode est très influencée par le rayonnement superficiel. [13]

II-5.1.3 Méthode par Tensiométrie:

La canne tensiométrique se présente comme un tube obturé à l'une de ses extrémités par un bouchon auto-cicatrisant. L'autre extrémité est constituée d'une céramique poreuse qui assure la circulation de l'eau et donc de la solution du sol à l'intérieur du tensiomètre et pour créer ainsi un équilibre physico-chimique entre l'eau du tube et celle du sol (Figure II.3)

Le tensiomètre, dont on a au préalable saturé la céramique poreuse, est placé sur le site à l'aide d'une tarière. Dans notre cas, chaque site est équipé de quatre tensiomètres qui nous indiqueront la tension aux profondeurs 25,50,75 et 100 cm .

Le tensiomètre doit être rempli d'eau jusqu'à 5 mm du bord supérieur du tube. Le tube est alors fermé à l'aide du bouchon autocicatrisant. Le déficit en eau du sol entraîne une diminution du niveau

dans le tube et crée ainsi une tension qui sera mesurée à l'aide d'un tensiomètre électronique à aiguille hypodermique de type « SMS 2500S ». La mesure tensiométrique va nous permettre d'évaluer la succion que crée le déficit en eau du sol à l'intérieur des tubes. Les « Tensionics » ont également la propriété de posséder des capillaires qui permettent de collecter les échantillons d'eau contenus dans la céramique poreuse. En effet, après 8 à 10 jours, la diffusion des ions à travers la céramique permet d'obtenir un équilibre chimique entre la solution contenue dans la céramique et la solution du sol.

Bien que l'eau contenue dans la céramique soit en équilibre avec l'eau du sol, il n'en va pas de même avec l'eau contenue dans les capillaires ce qui entraîne une dilution des ions dans l'échantillon. Il faut donc appliquer une correction des concentrations mesurées dans ces échantillons. [13]

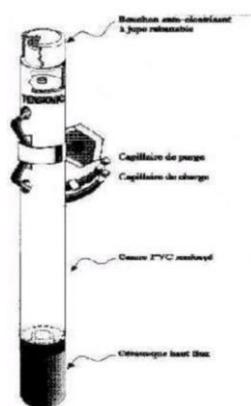


Figure II.3 : Schéma d'une canne Tensiométrique

Enfin, l'utilisation de cet appareil présente des difficultés lorsque les conditions climatiques sont sèches. En effet, lorsque le déficit en eau du sol est trop important, la diminution du niveau dans le tube est telle que celui-ci fini par se vider. Il est alors impossible de mesurer la succion ou de prélever un échantillon.

II-5.1.4 Méthode capacimétrique:

Méthode électromagnétique (mesure de la permittivité diélectrique) économique, mais au volume d'influence limité (1 à 2 cm autour des pointes du capteur) et influencée par le type de sol, la température et la salinité.

Les humidimètres capacitifs gagnent en popularité maintenant qu'ils sont offerts sur le marché, car ils fournissent des lectures continues. Il reste qu'en raison de leur coût, ces appareils servent principalement dans des essais. Les sondes capacitives actuelles sont conçues pour être installées en un lieu fixe dans le champ, pour toute la saison de croissance.

Elles sont compatibles avec des niveaux élevés d'automatisation et/ou de télémétrie. Des contraintes de coût limitent souvent le nombre de sondes capacitives utilisées. L'emplacement de l'instrument est primordial pour assurer une information représentative du champ surveillé. Pour son utilisation Dans l'estimation de l'humidité du sol, on installe une conduite d'accès imperméable à l'eau dans laquelle on insère la sonde (les conduites d'accès sont généralement installées en permanence et ne bougent pas d'une année à l'autre). De nombreux points de mesure d'humidité peuvent être fixés le long de la sonde pour obtenir des lectures à différentes profondeurs, selon la profondeur d'enracinement des cultures. [13]

II-5.1.5 Méthode TDR:

Née dans les années 1980, la méthode TDR (réflectométrie temporelle) se place comme une méthode incontournable tant par la qualité que par la convivialité de ses mesures.

Le principe de cette mesure est basé sur la détermination du temps de propagation d'un pulse électromagnétique le long d'une électrode introduite dans le sol. Le temps de propagation de ce pulse dépend étroitement de l'humidité du sol (mesure de permittivité diélectrique).

Son volume d'influence est supérieur à celui des techniques capacitives. La mesure est par ailleurs faiblement influencée par la température, la salinité et le type de sol.

Cette technologie permet des mesures précises à un tarif maintenant abordable.

-les sondes TDR cherchent aussi à mesurer la permittivité relative du sol mais cette

mesure s'effectue grâce à un générateur-enregistreur d'ondes électromagnétiques. Une onde est créée par la sonde et se propage le long d'un guide d'ondes (tige métallique parallèle) puis arrivant au bout de ce guide, se réfléchit et est enregistrée par la sonde (figure II.4).

Le temps d'aller-retour de l'onde permet de calculer sa vitesse (V) qui est liée aux parties réelles et imaginaires de la permittivité relative du sol. [13]

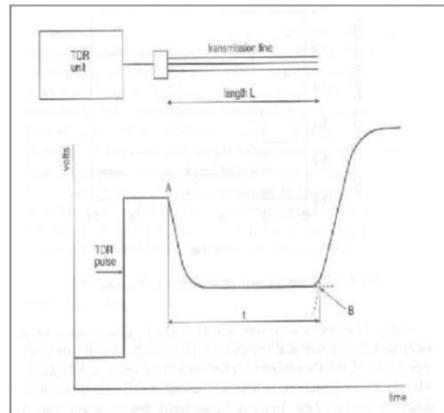


Figure II.4. : Schéma d'une sonde TDR et du signal théorique obtenu.

II-6 Conclusion

L'humidité du sol est la source d'eau importante de la surface continentale dans le maintien la vie sur la terre. Une connaissance précise de l'humidité du sol et son évolution spatio- temporelle est un élément clé pour surveiller la croissance de la végétation, pour pronostiquer la production agricole, pour améliorer la gestion des ressources en eau ainsi que les prévisions météorologiques et notamment pour mieux comprendre les processus de transfert d'eau et de chaleur.

Chapitre III:
RESULTATS ET DISCUSSIONS

III-1 Présentation de la station d'étude:

Notre étude s'est déroulée dans l'exploitation de la station expérimentale de l'INRA (Institut National de la recherche Agronomique). Située à Sidi Mahdi Touggourt. Cette station régionale, se trouve à 7 km Sud- est du chef lieu de la daïra de Touggourt, sur le plateau oriental de l'Oued-Righ, avec une latitude de 33°04 Nord, une longitude de 6°05 Est, et une altitude de 85m.

Elle a été créée par le service des études scientifiques de l'hydraulique en 1959, puis transférées à INRAA qui assure sa gestion depuis 1966 à ce jour (BENMOUSSA, 2013). Elle est occupée une superficie de 52 ha. La palmeraie occupe 26 ha Cette palmeraie a une plantation régulière, d'une densité de 100 pieds/ha, soit un espacement de 10m x 10m. Dont 1 ha est réservé à une collection de cultivars provenant des régions d'Oued-Righ et Oued-Souf.

Contrairement aux palmeraies traditionnelles, les opérations pratiquées dans la palmeraie expérimentale de la station de l'INRAA obéissent à un calendrier technique qui varie en fonction de la saison et du stade phénologique du palmier .



La figure III-1 : محطة التجارب الزراعية – المعهد الوطني للبحوث الزراعي

III-1.1 Les caractéristiques physiques de la station:

III-1.1.1 Le climat:

Le climat de Sidi Mahdi est de type saharien caractérisé par des températures avoisinant les 45°C durant l'été, des précipitations rares et irrégulières inférieure à 70mm/an, des vents fréquents, violents et parfois accompagnés de sable. Les écarts de

températures sont très importants et surtout en été, ils peuvent atteindre facilement les 16°C durant le mois d'aout.

III-1.1.2 Le sol:

La description d'un profil pédologie sous un palmier qui a réalisées par MEISSA 2012 in (Benmoussa, 2013). Montres que le sol du site est caractérisent par une composition texture à prédominance de sable. La texture du sol est de type sableuse à sable-limoneuse sur le triangle international. Une concentration des racines les plus actives à une profondeur de 0.40m Quant à l'analyse physico-chimique des ont été identifiés dans les résultats de notre étude expérimentale.

III-1.1.3 L'irrigation:

Les eaux d'irrigation utilisées proviennent essentiellement de deux grands ensembles aquifères :

- Par continental intercalaire (CI), ou albien (la profondeur est mois 180, T=58°C, salinité 2.5-3g/l).
- Par le complexe terminal ou Miopliocène (la profondeur est mois de 100m, T°=25°C, salinité 5-6 g/l). L'irrigation dans la palmeraie de notre étude se fait par un réseau de distribution de l'eau, ce réseau est un ensemble des canaux à ciel ouvert et plus précisément les seguias.

Les canaux d'alimentation de ces seguias sont de deux types; soit le canal à ciel ouvert en béton, soit par une canalisation enterrée, selon la poste d'irrigation.



La figure III-2 : présente la planche d'étude

III-2 Les matériels:

(étuve-tarrier-balance-régulateur de débit-marqueur-sachets-petits pots).



La figure III 3: présenté la sachets

III-3 les mesures :

Il y a quatre mesures

01- mesures sont avant arrosage a 7 heure Puis a l'arrosage / 02- mesures sont après arrosage a 9 heure /03 -mesures sont après arrosage a 12 heure / 04- mesures sont après arrosage a 15 heure

III-4 Comment calculer l'humidité : [16]

$$H = \frac{(\text{poids total humide} - \text{poids pot vide}) - (\text{poids total sec} - \text{poids pot vide})}{\text{poids total sec} - \text{poids pot vide}} \times 100\%$$

Date	Planche	Débit	Pente	Point	Ech	Profondeur (m)	Poids à vide	Poids total humide	Poids total sec	H %
03/06/2021	1	0.5	0.5	1	1	0.2	11	33	31	10.00
					2	0.4	11	32	31	5.00
					3	0.6	11	35	33	9.09
				2	1	0.2	11	33	32	4.76
					2	0.4	11	32	31	5.00
					3	0.6	11	35	34	4.35
				3	1	0.2	11	33	31	10.00
					2	0.4	11	34	32	9.52
					3	0.6	11	34	31	15.00
	2	1	0.5	1	1	0.2	11	32	30	10.53
					2	0.4	11	32	30	10.53
					3	0.6	11	35	34	4.35
				2	1	0.2	11	33	31	10.00
					2	0.4	11	33	31	10.00
					3	0.6	11	32	31	5.00
				3	1	0.2	11	31	29	11.11
					2	0.4	11	32	30	10.53
					3	0.6	11	33	31	10.00
	3	0.5	1	1	1	0.2	11	34	32	9.52
					2	0.4	11	33	30	15.79
					3	0.6	11	32	30	10.53
				2	1	0.2	11	32	30	10.53
					2	0.4	11	34	33	4.55
					3	0.6	11	31	30	5.26
				3	1	0.2	11	34	32	9.52
					2	0.4	11	32	30	10.53
					3	0.6	11	37	35	8.33
	4	1	1	1	1	0.2	11	32	30	10.53
					2	0.4	11	32	31	5.00
					3	0.6	11	34	33	4.55
				2	1	0.2	11	33	32	4.76
					2	0.4	11	35	33	9.09
					3	0.6	11	33	31	10.00
				3	1	0.2	11	34	32	9.52

	5	0.5	1.5	1	2	0.4	11	32	31	5.00
					3	0.6	11	34	32	9.52
					1	0.2	11	35	33	9.09
				2	2	0.4	11	32	29	16.67
					3	0.6	11	31	30	5.26
					1	0.2	11	34	32	9.52
				3	2	0.4	11	28	26	13.33
					3	0.6	11	32	31	5.00
					1	0.2	11	29	28	5.88
	6	1	1.5	1	2	0.4	11	32	30	10.53
					3	0.6	11	31	28	17.65
					1	0.2	11	30	28	11.76
				2	2	0.4	11	32	30	10.53
					3	0.6	11	32	31	5.00
					1	0.2	11	32	30	10.53
				3	2	0.4	11	33	32	4.76
					3	0.6	11	31	29	11.11

Tableau III.1. humidité du sol avant arrosage (%)

7:00 h le premier jour.

Date	Planche	Débit	Pente	Point	Ech	Profondeur (m)	Poids à vide	Poids total humide	Poids total sec	H %
03/06/2021	1	0.5	0.5	1	1	0.2	11	48	42	19.35
					2	0.4	11	42	37	19.23
					3	0.6	11	45	41	13.33
				2	1	0.2	11	51	44	21.21
					2	0.4	11	45	41	13.33
					3	0.6	11	43	40	10.34
				3	1	0.2	11	41	38	11.11
					2	0.4	11	39	36	12.00
					3	0.6	11	48	44	12.12
	2	1	0.5	1	1	0.2	11	50	42	25.81
					2	0.4	11	45	39	21.43
					3	0.6	11	46	42	12.90
				2	1	0.2	11	43	39	14.29
					2	0.4	11	41	37	15.38
					3	0.6	11	46	42	12.90
				3	1	0.2	11	45	40	17.24
					2	0.4	11	42	36	24.00
					3	0.6	11	43	40	10.34

3	0.5	1	1	1	0.2	11	48	42	19.35			
				2	0.4	11	38	35	12.50			
				3	0.6	11	44	41	10.00			
			2	0.5	1	2	1	0.2	11	48	41	23.33
							2	0.4	11	40	37	11.54
							3	0.6	11	46	41	16.67
			3	0.5	1	3	1	0.2	11	48	41	23.33
							2	0.4	11	44	39	17.86
							3	0.6	11	44	40	13.79
4	1	1	1	1	0.2	11	41	37	15.38			
				2	0.4	11	41	38	11.11			
				3	0.6	11	43	40	10.34			
			2	1	1	2	1	0.2	11	44	40	13.79
							2	0.4	11	45	39	21.43
							3	0.6	11	45	42	9.68
			3	1	1	3	1	0.2	11	47	40	24.14
							2	0.4	11	45	41	13.33
							3	0.6	11	47	39	28.57
5	0.5	1.5	1	1	0.2	11	41	37	15.38			
				2	0.4	11	44	40	13.79			
				3	0.6	11	43	38	18.52			
			2	0.5	1.5	2	1	0.2	11	48	42	19.35
							2	0.4	11	46	42	12.90
							3	0.6	11	44	41	10.00
			3	0.5	1.5	3	1	0.2	11	49	43	18.75
							2	0.4	11	43	38	18.52
							3	0.6	11	44	41	10.00
6	1	1.5	1	1	0.2	11	40	38	7.41			
				2	0.4	11	37	35	8.33			
				3	0.6	11	49	44	15.15			
			2	1	1.5	2	1	0.2	11	41	37	15.38
							2	0.4	11	46	41	16.67
							3	0.6	11	31	30	5.26
			3	1	1.5	3	1	0.2	11	47	43	12.50
							2	0.4	11	43	41	6.67
							3	0.6	11	42	38	14.81

Tableau III.2. humidité du sol après arrosage (%)

9:00 h le premier jour.

Date	Planche	Débit	Pente	Point	Ech	Profondeur (m)	Poids à vide	Poids total humide	Poids total sec	H %
03/06/2021	1	0.5	0.5	1	1	0.2	11	46	41	16.67
					2	0.4	11	47	42	16.13
					3	0.6	11	43	40	10.34
				2	1	0.2	11	48	42	19.35
					2	0.4	11	46	42	12.90
					3	0.6	11	42	40	6.90
				3	1	0.2	11	43	39	14.29
					2	0.4	11	43	37	23.08
					3	0.6	11	49	44	15.15
	2	1	0.5	1	1	0.2	11	46	40	20.69
					2	0.4	11	45	39	21.43
					3	0.6	11	45	41	13.33
				2	1	0.2	11	43	38	18.52
					2	0.4	11	41	38	11.11
					3	0.6	11	46	41	16.67
				3	1	0.2	11	43	39	14.29
					2	0.4	11	44	39	17.86
					3	0.6	11	43	39	14.29
	3	0.5	1	1	1	0.2	11	48	42	19.35
					2	0.4	11	42	37	19.23
					3	0.6	11	42	38	14.81
				2	1	0.2	11	47	40	24.14
					2	0.4	11	40	36	16.00
					3	0.6	11	43	39	14.29
				3	1	0.2	11	44	38	22.22
					2	0.4	11	42	39	10.71
					3	0.6	11	44	40	13.79
	4	1	1	1	1	0.2	11	42	37	19.23
					2	0.4	11	41	37	15.38
					3	0.6	11	45	41	13.33
				2	1	0.2	11	44	39	17.86
					2	0.4	11	45	41	13.33
					3	0.6	11	46	42	12.90
				3	1	0.2	11	47	40	24.14
					2	0.4	11	45	41	13.33
					3	0.6	11	48	41	23.33
	5	0.5	1.5	1	1	0.2	11	43	39	14.29
					2	0.4	11	44	40	13.79
					3	0.6	11	45	41	13.33
				2	1	0.2	11	44	39	17.86
					2	0.4	11	44	40	13.79
					3	0.6	11	44	40	13.79

	6	1	1.5	3	1	0.2	11	45	40	17.24
					2	0.4	11	42	37	19.23
					3	0.6	11	45	41	13.33
				1	1	0.2	11	42	38	14.81
					2	0.4	11	45	42	9.68
					3	0.6	11	49	41	26.67
	2	1	0.2	11	40	37	11.54			
		2	0.4	11	45	40	17.24			
		3	0.6	11	44	40	13.79			
	3	1	0.2	11	43	39	14.29			
		2	0.4	11	43	39	14.29			
		3	0.6	11	45	39	21.43			

Tableau III.3. humidité du sol après arrosage (%)

12:00 h le premier jour.

Date	Planche	Débit	Pente	Point	Ech	Profondeur (m)	Poids à vide	Poids total humide	Poids total sec	H %
03/06/2021	1	0.5	0.5	1	1	0.2	11	44	40	13.79
					2	0.4	11	49	43	18.75
					3	0.6	11	42	39	10.71
				2	1	0.2	11	45	41	13.33
					2	0.4	11	48	41	23.33
					3	0.6	11	43	41	6.67
				3	1	0.2	11	45	41	13.33
					2	0.4	11	48	41	23.33
					3	0.6	11	43	40	10.34
	2	1	0.5	1	1	0.2	11	42	38	14.81
					2	0.4	11	43	39	14.29
					3	0.6	11	42	40	6.90
				2	1	0.2	11	41	38	11.11
					2	0.4	11	45	42	9.68
					3	0.6	11	44	42	6.45
				3	1	0.2	11	40	37	11.54
					2	0.4	11	46	43	9.38
					3	0.6	11	46	43	9.38
	3	0.5	1	1	1	0.2	11	45	40	17.24
					2	0.4	11	47	41	20.00
					3	0.6	11	42	38	14.81
				2	1	0.2	11	44	38	22.22
					2	0.4	11	44	39	17.86
					3	0.6	11	41	39	7.14
				3	1	0.2	11	40	37	11.54
					2	0.4	11	40	38	7.41

					3	0.6	11	41	38	11.11
4	1	1	1	1	1	0.2	11	42	38	14.81
				2	1	0.4	11	45	40	17.24
				3	1	0.6	11	46	42	12.90
			2	1	1	0.2	11	45	40	17.24
				2	1	0.4	11	46	41	16.67
				3	1	0.6	11	48	45	8.82
			3	1	1	0.2	11	41	37	15.38
				2	1	0.4	11	49	44	15.15
				3	1	0.6	11	49	45	11.76
5	0.5	1.5	1	1	1	0.2	11	45	41	13.33
				2	1	0.4	11	45	41	13.33
				3	1	0.6	11	43	40	10.34
			2	1	1	0.2	11	43	39	14.29
				2	1	0.4	11	44	40	13.79
				3	1	0.6	11	46	43	9.38
			3	1	1	0.2	11	38	34	17.39
				2	1	0.4	11	43	39	14.29
				3	1	0.6	11	47	42	16.13
6	1	1.5	1	1	1	0.2	11	45	41	13.33
				2	1	0.4	11	47	42	16.13
				3	1	0.6	11	45	40	17.24
			2	1	1	0.2	11	41	37	15.38
				2	1	0.4	11	44	40	13.79
				3	1	0.6	11	45	41	13.33
			3	1	1	0.2	11	40	37	11.54
				2	1	0.4	11	43	39	14.29
				3	1	0.6	11	44	39	17.86

Tableau III.4. humidité du sol après arrosage (%)

15:00 h le premier jour.

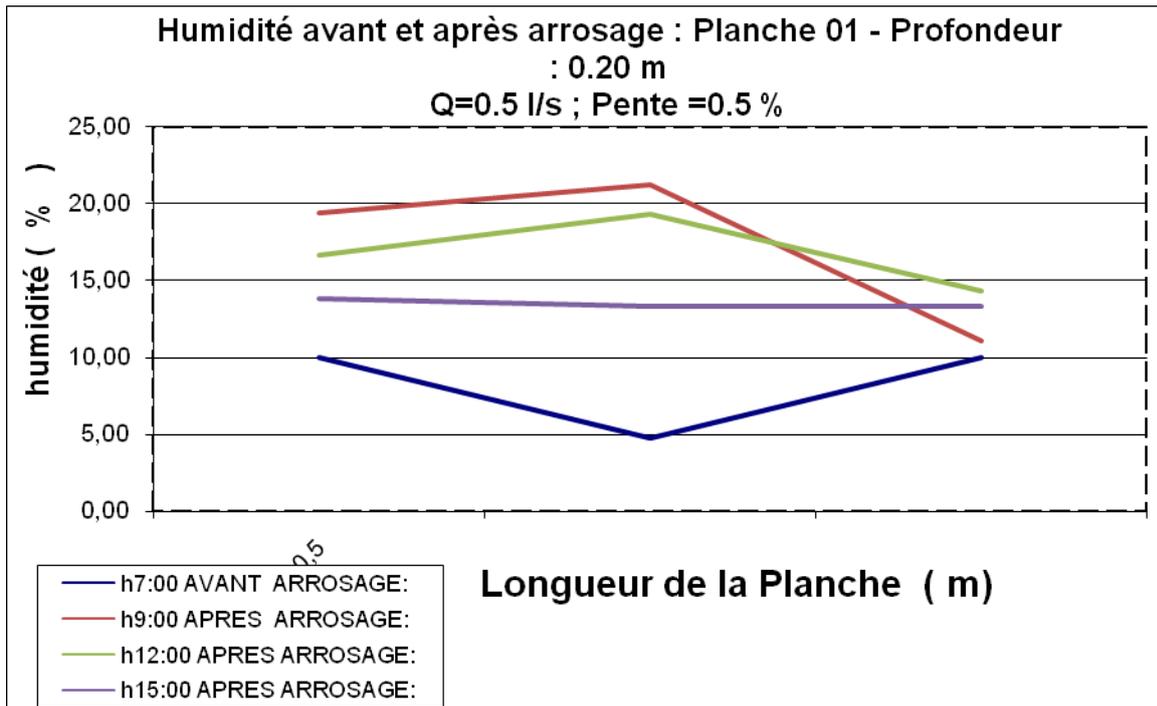


Figure III.4: humidité avant et après arrosage: planche 1 profondeur: 0.20m, Q=0.5 l/s , P=0.5%le premier jour

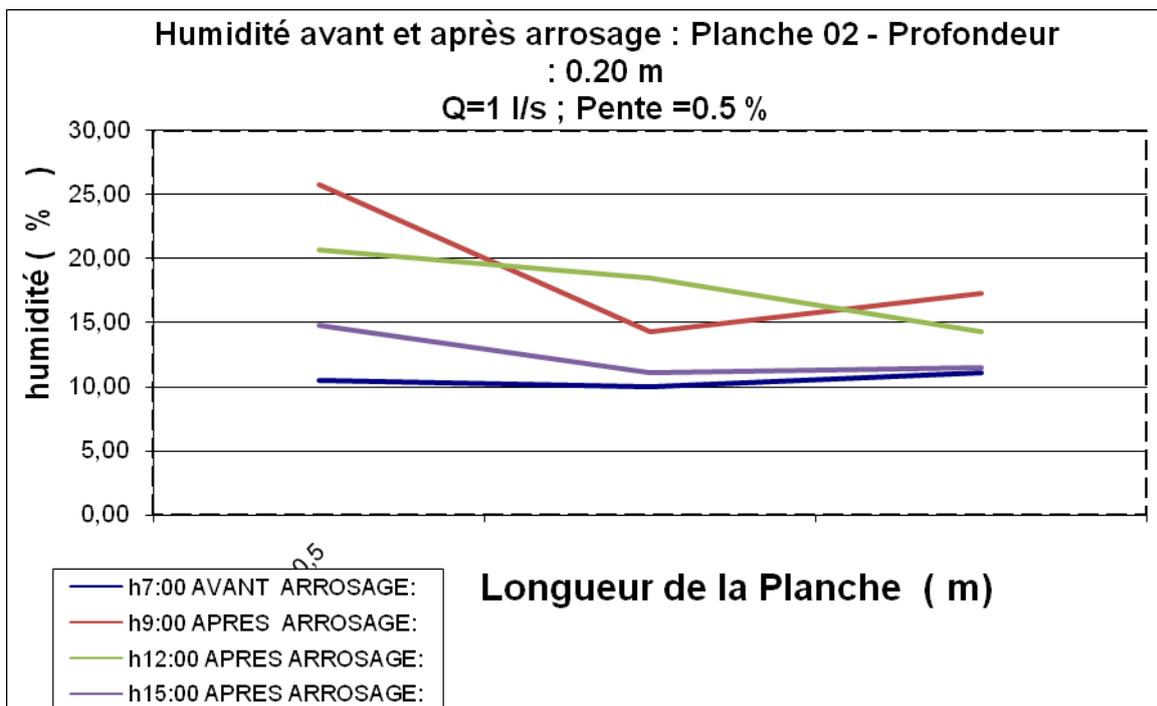


Figure III.5: humidité avant et après arrosage: planche 2 – profondeur: 0.20m, Q=1 l/s , P=0.5%le premier jour

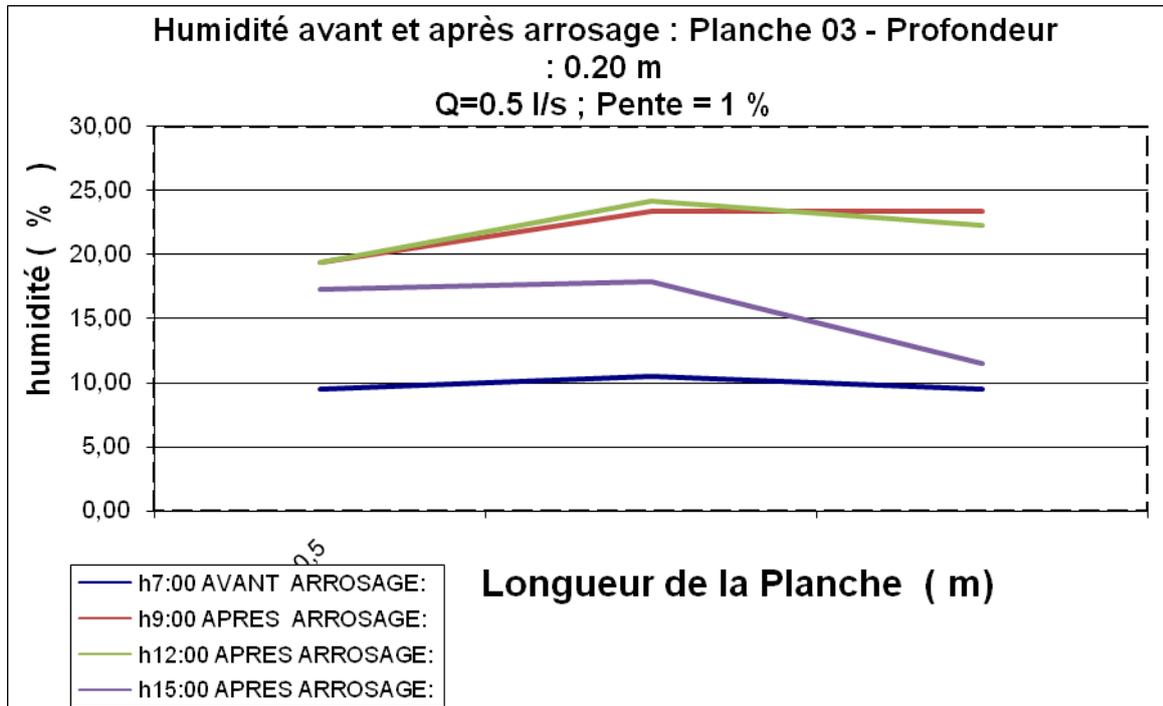


Figure III.6: humidité avant et après arrosage: planche 3 – profondeur: 0.20m, Q=0.5 l/s , P=1%le premier jour

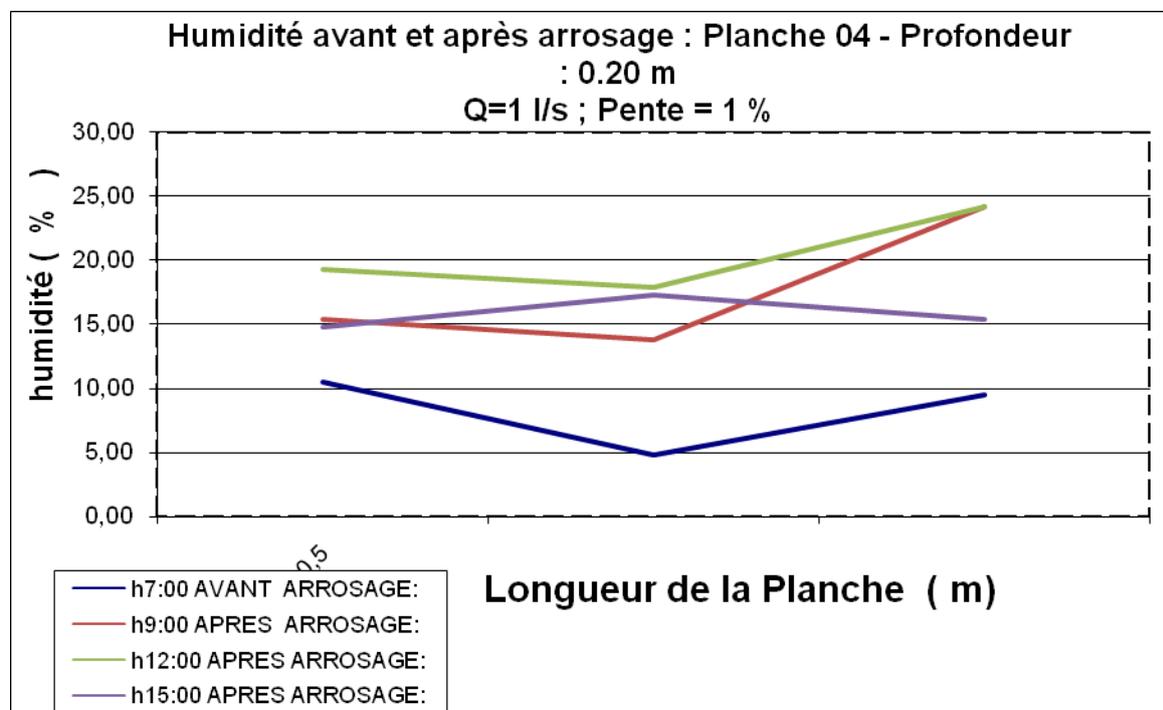


Figure III.7: humidité avant et après arrosage: planche 4 – profondeur: 0.20m, Q=1 l/s , P=1%le premier jour

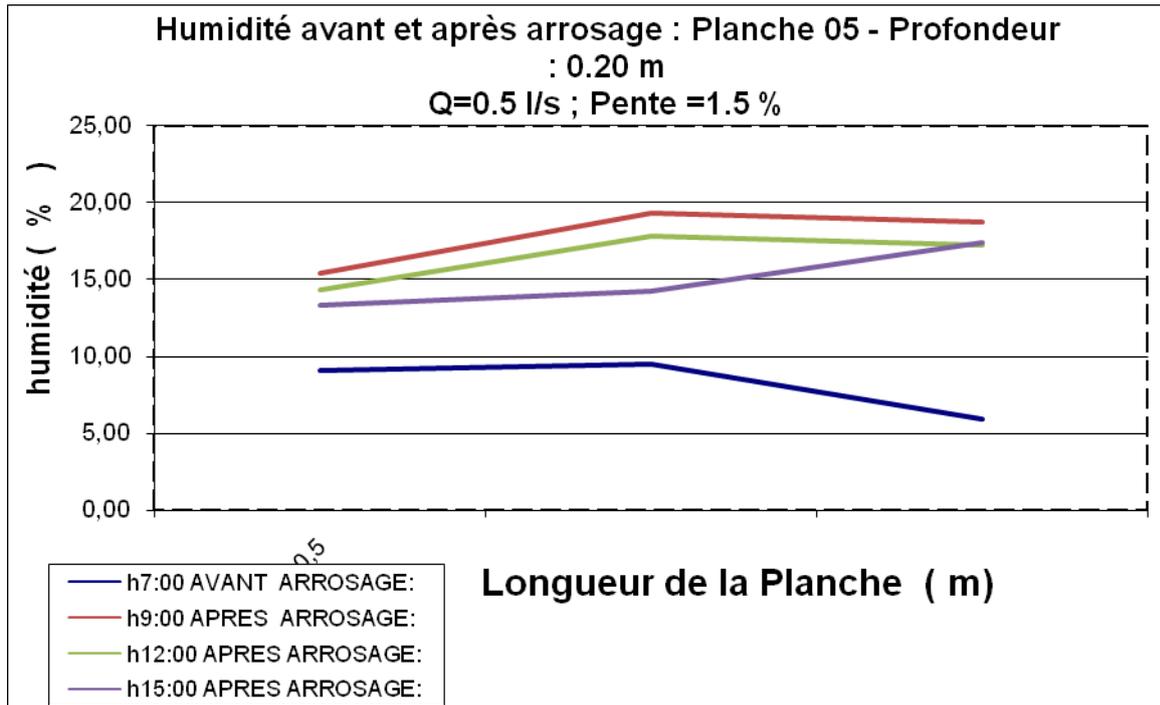


Figure III.8: humidité avant et après arrosage: planche 5 – profondeur: 0.20m, Q=0.5 l/s , P=1.5% le premier jour

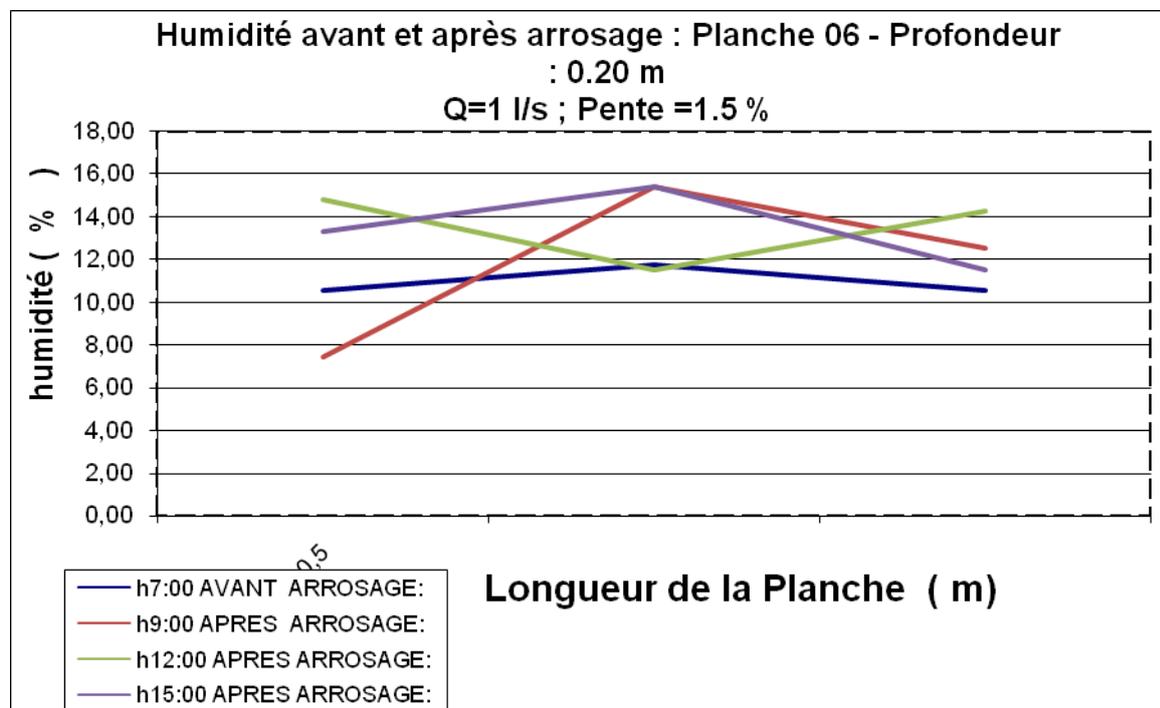


Figure III.9: humidité avant et après arrosage: planche 6 – profondeur: 0.20m, Q=1 l/s , P=1.5 %le premier jour

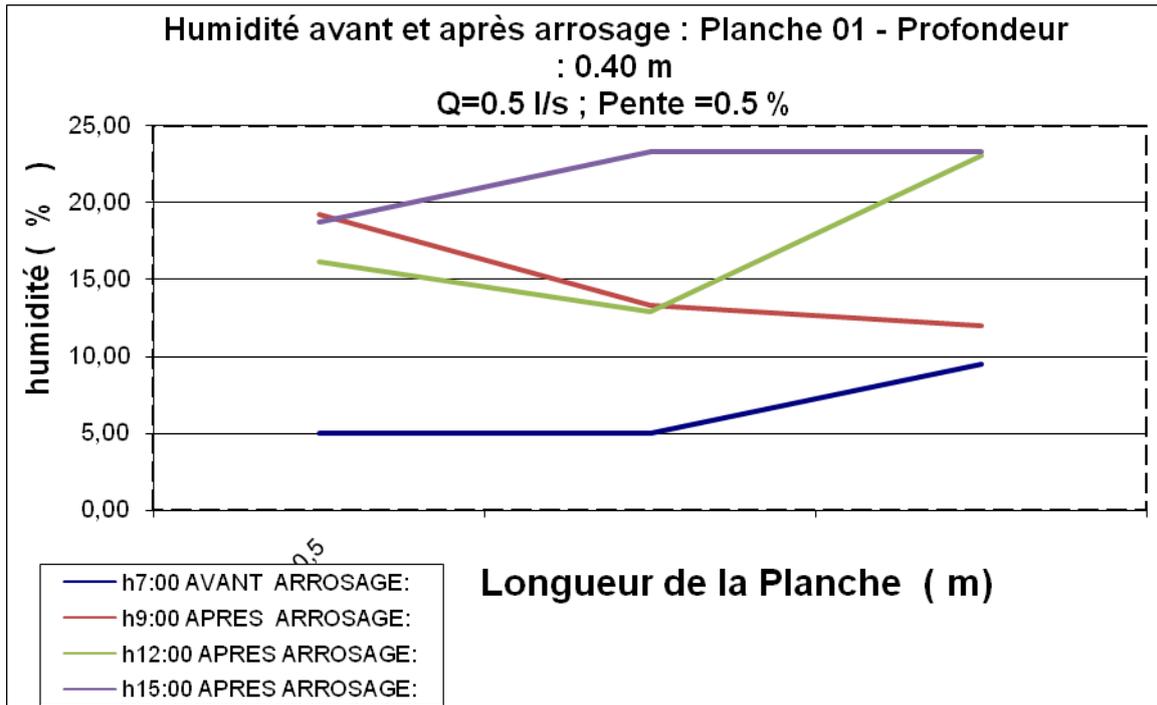


Figure III.10: humidité avant et après arrosage: planche 1 – profondeur: 0.40m, Q=0.5 l/s , P=0.5% le premier jour

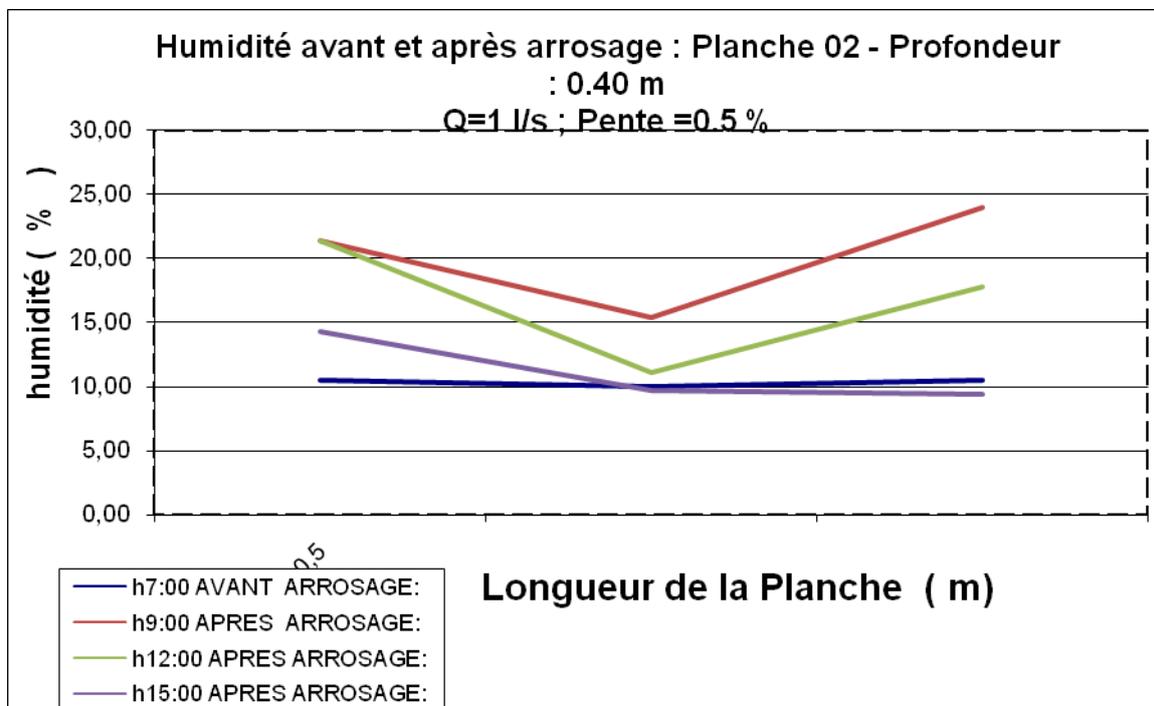


Figure III.11: humidité avant et après arrosage: planche 2 – profondeur: 0.40m, Q=1 l/s , P=0.5%le premier jour

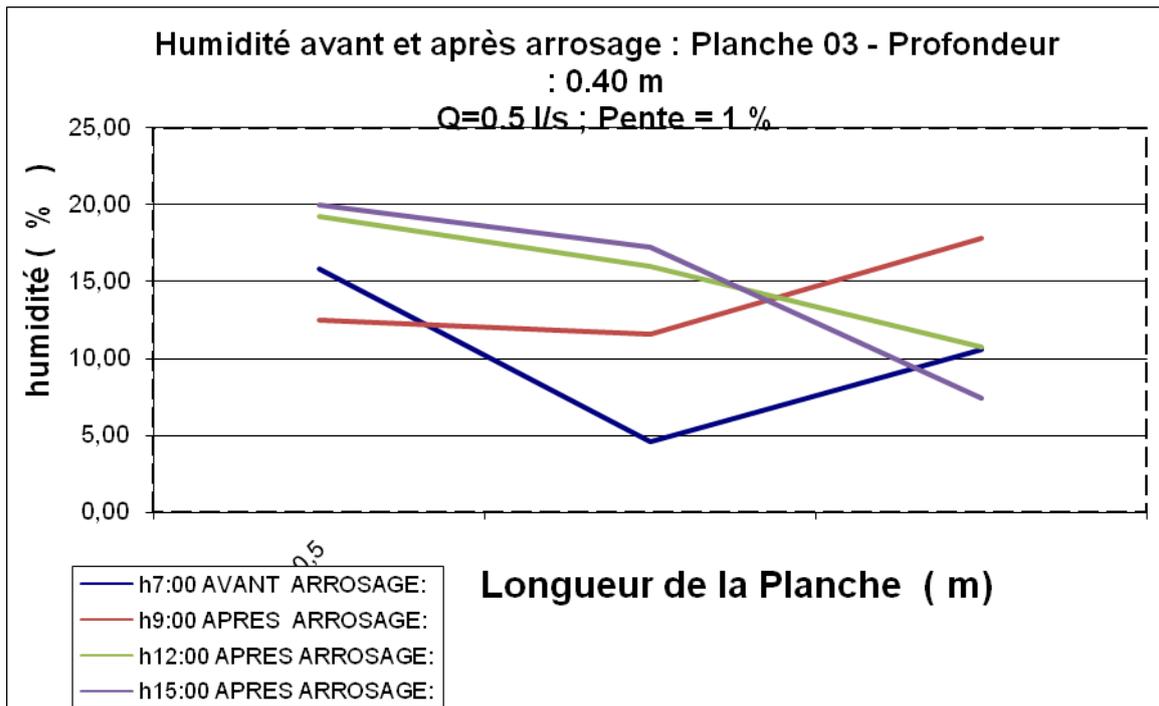


Figure III.12: humidité avant et après arrosage: planche 3 – profondeur: 0.40m, Q=0.5 l/s , P=1% le premier jour

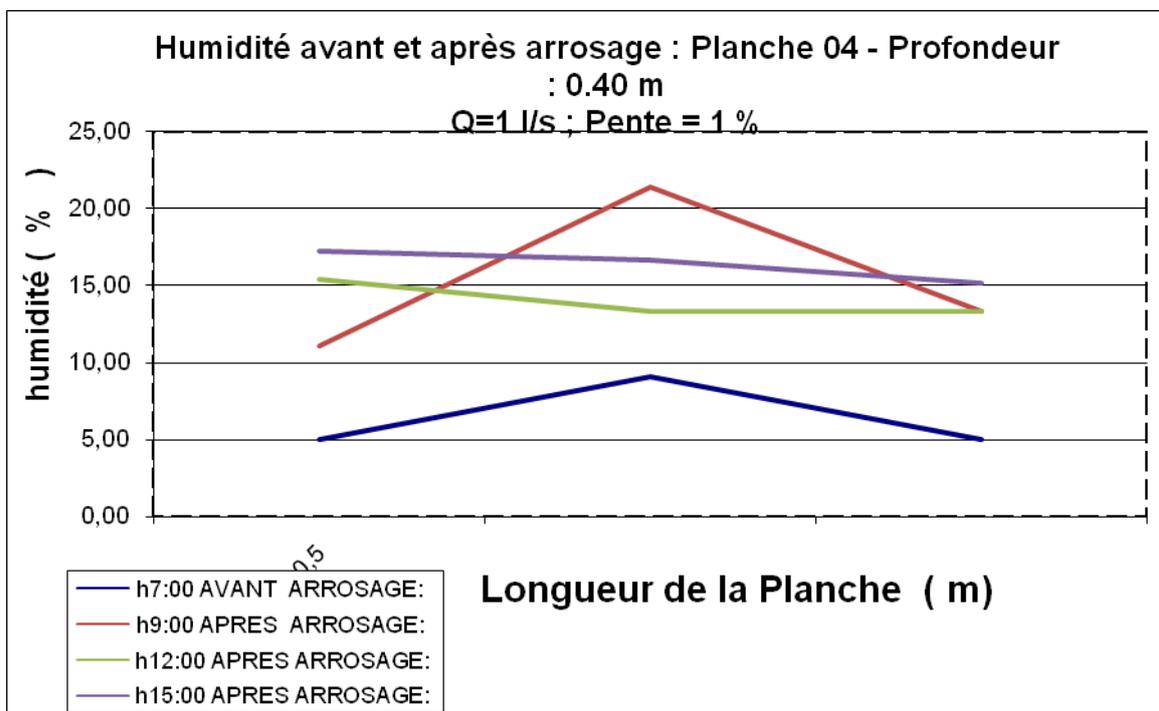


Figure III.13: humidité avant et après arrosage: planche 4 – profondeur: 0.40m, Q=1 l/s , P=1% le premier jour

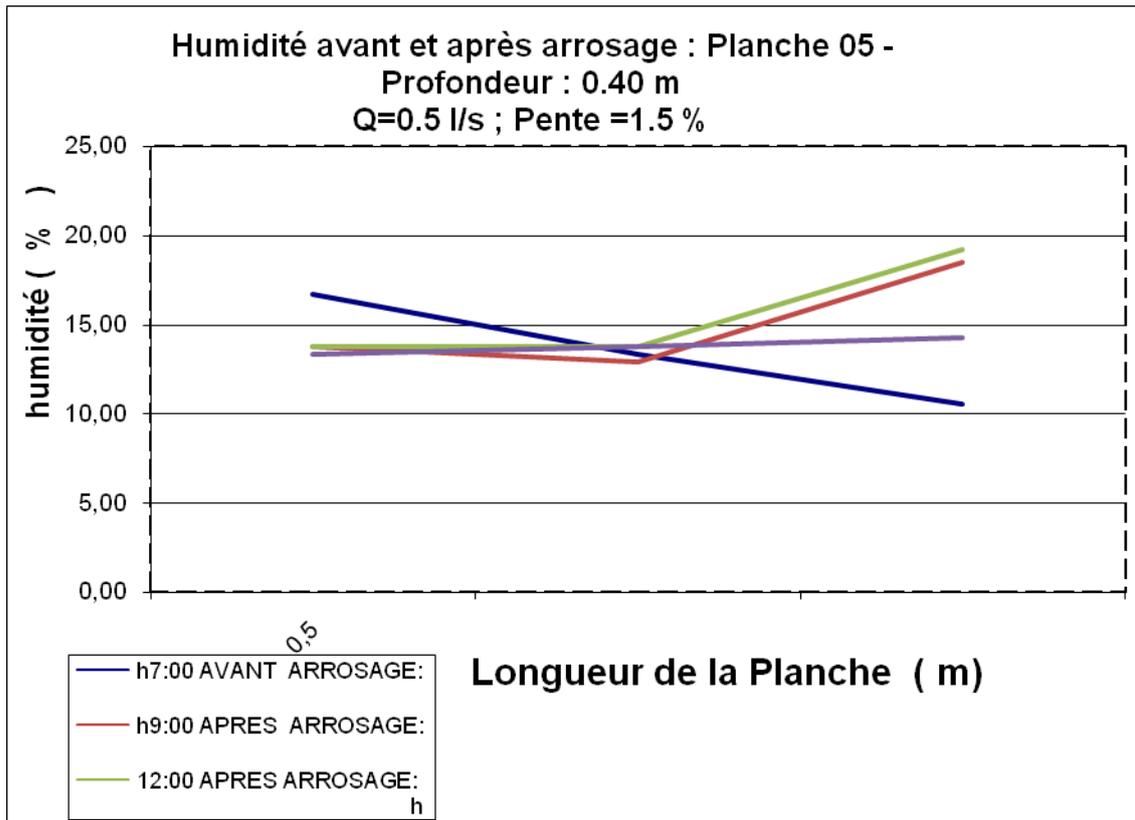


Figure III.14: humidité avant et après arrosage: planche 5 – profondeur: 0.40m, Q=0.5 l/s , P=1.5% le premier jour

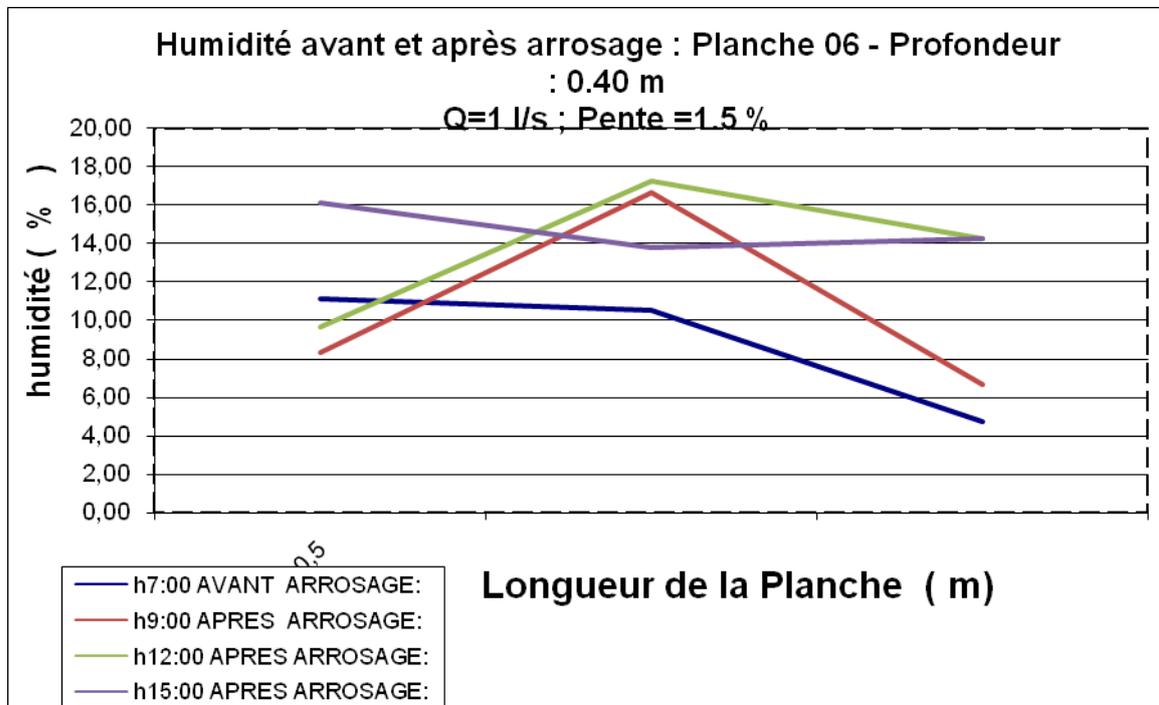


Figure III.15: humidité avant et après arrosage: planche 6 – profondeur: 0.40m, Q=1 l/s , P=1.5 % le premier jour

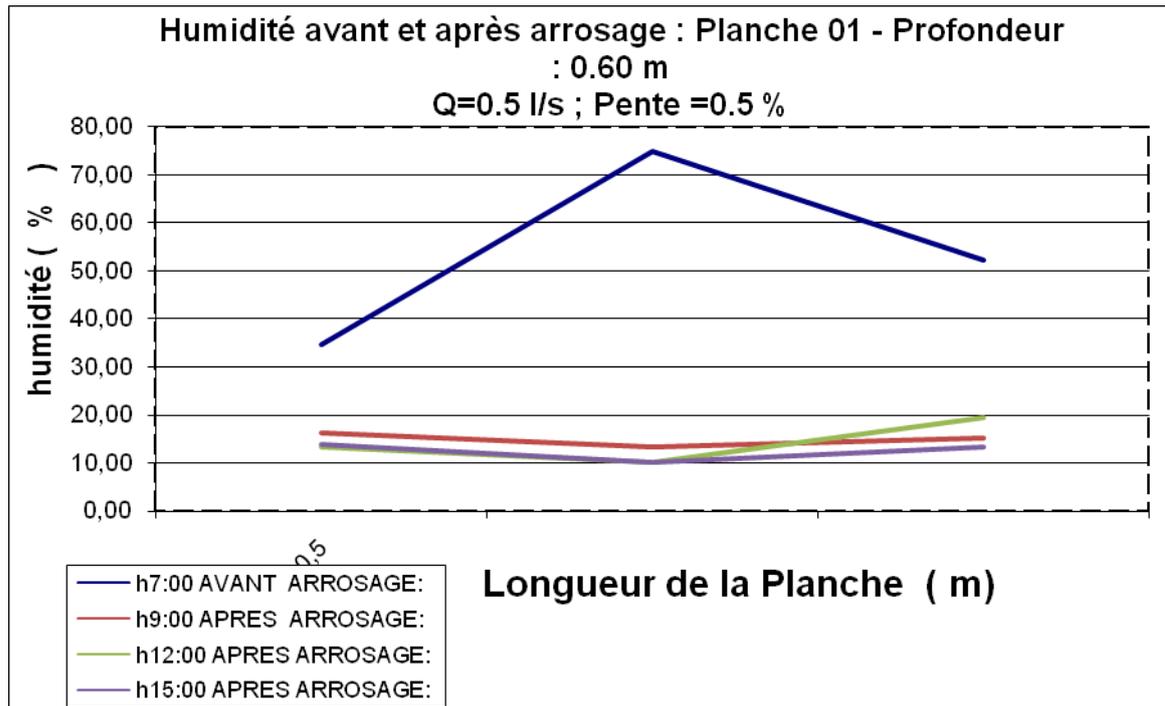


Figure III.16: humidité avant et après arrosage: planche 1 – profondeur: 0.60m, $Q=0.5$ l/s , $P=0.5\%$ le premier jour

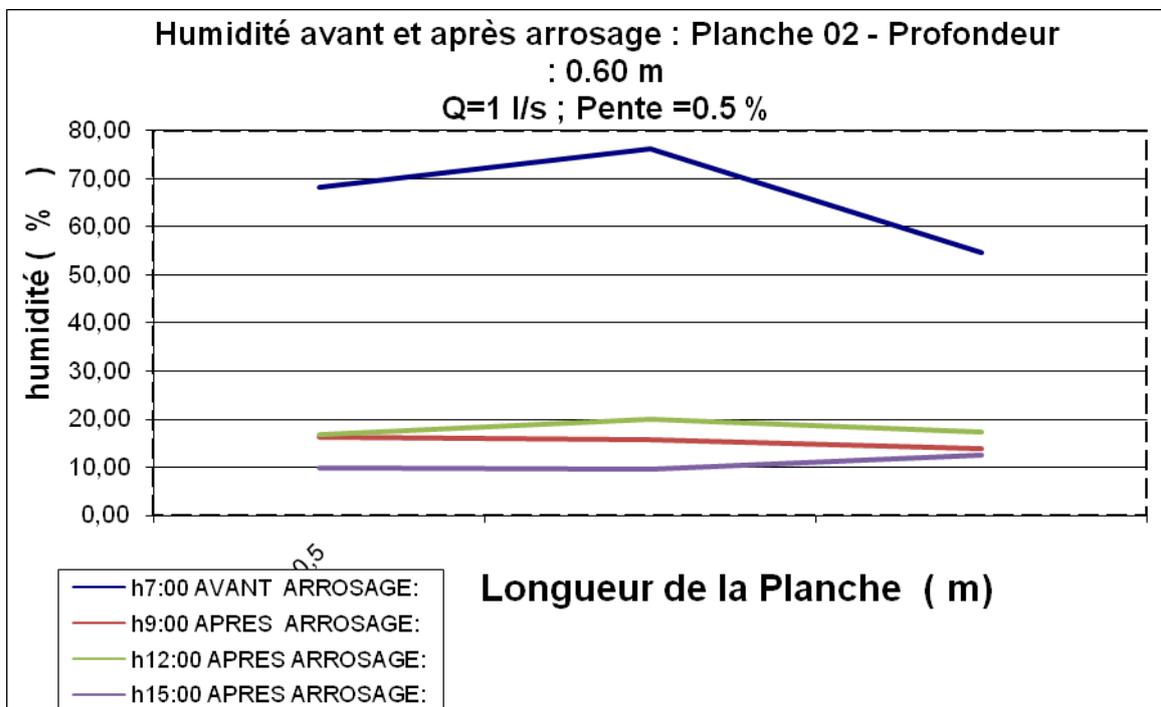


Figure III.17: humidité avant et après arrosage: planche 2 – profondeur: 0.60m, $Q=1$ l/s , $P=0.5\%$ le premier jour

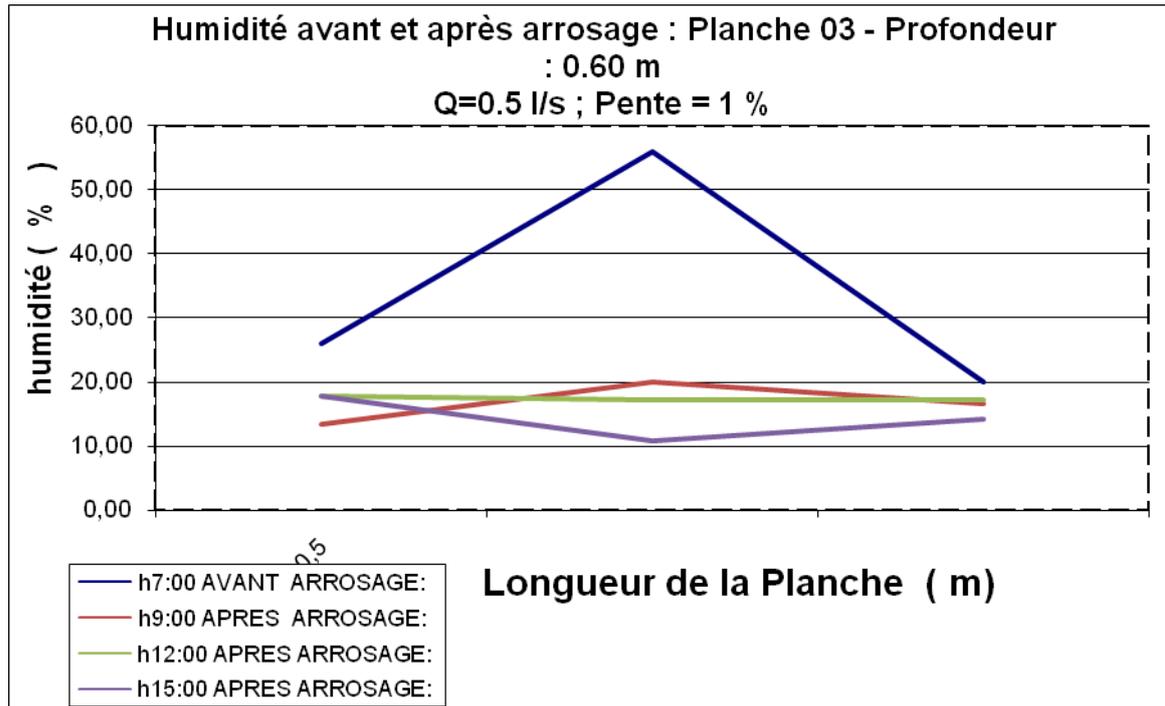


Figure III.18: humidité avant et après arrosage: planche 3 – profondeur: 0.60m, Q=0.5 l/s , P=1%le premier jour

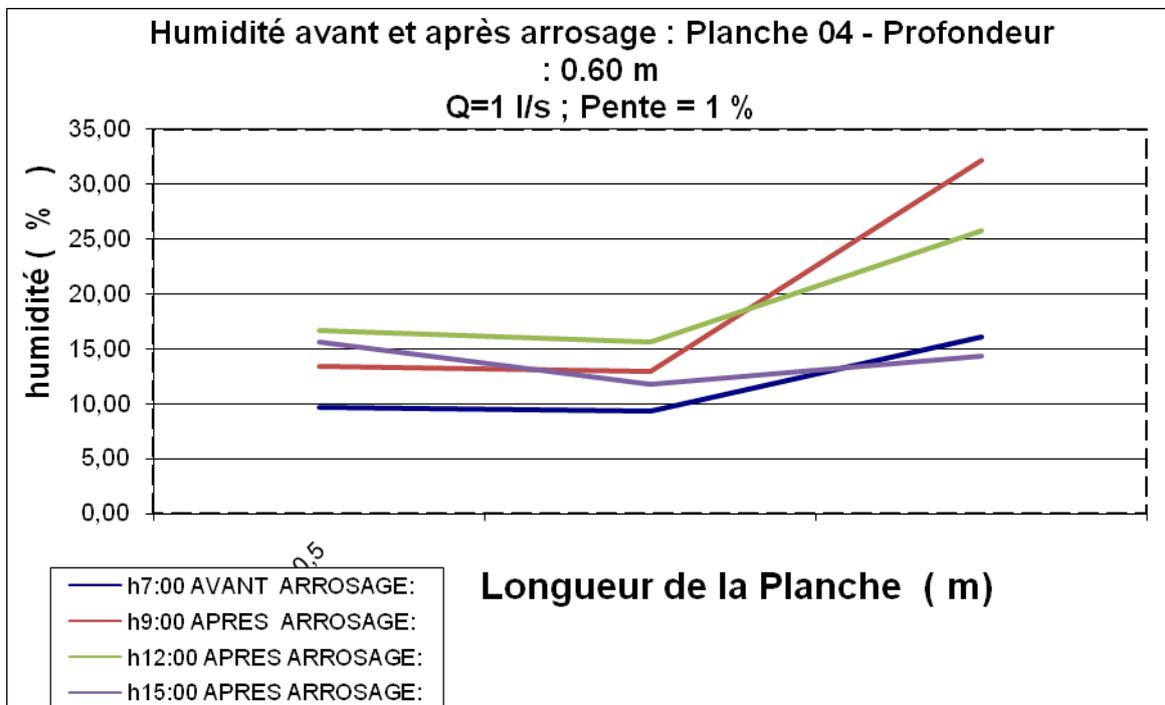


Figure III.19: humidité avant et après arrosage: planche 4 – profondeur: 0.60m, Q=1 l/s , P=1%le premier jour

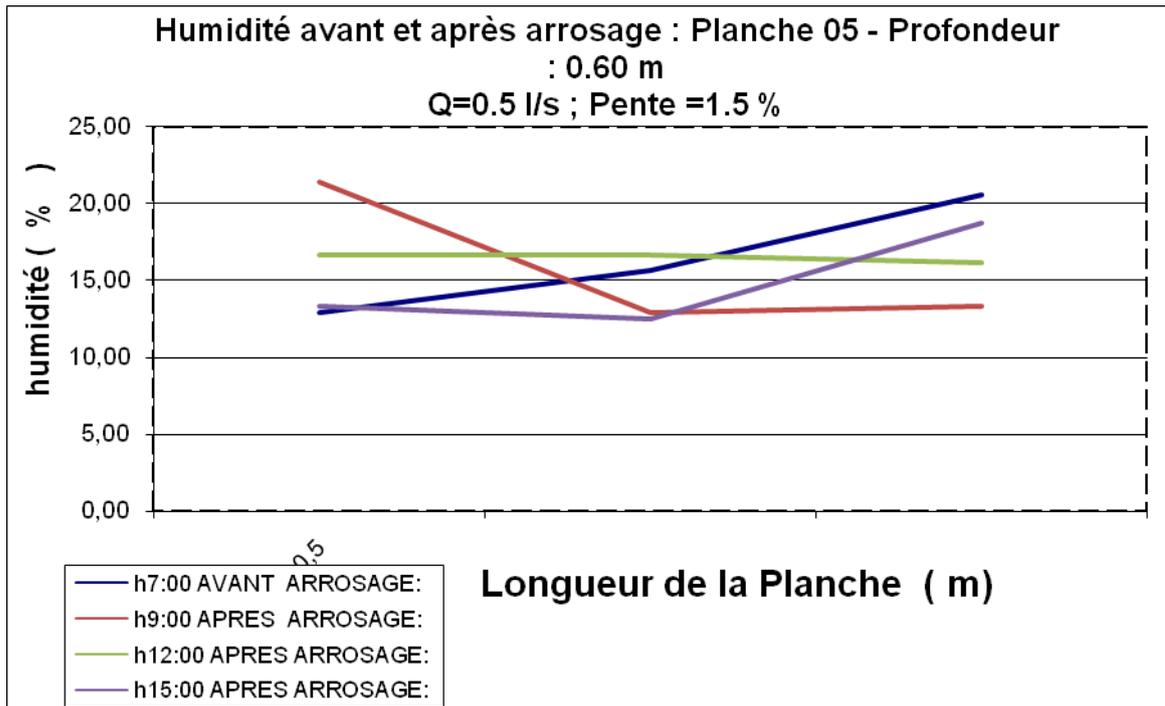


Figure III.20: humidité avant et après arrosage: planche 5 – profondeur: 0.60m, Q=0.5 l/s , P=1.5% le premier jour

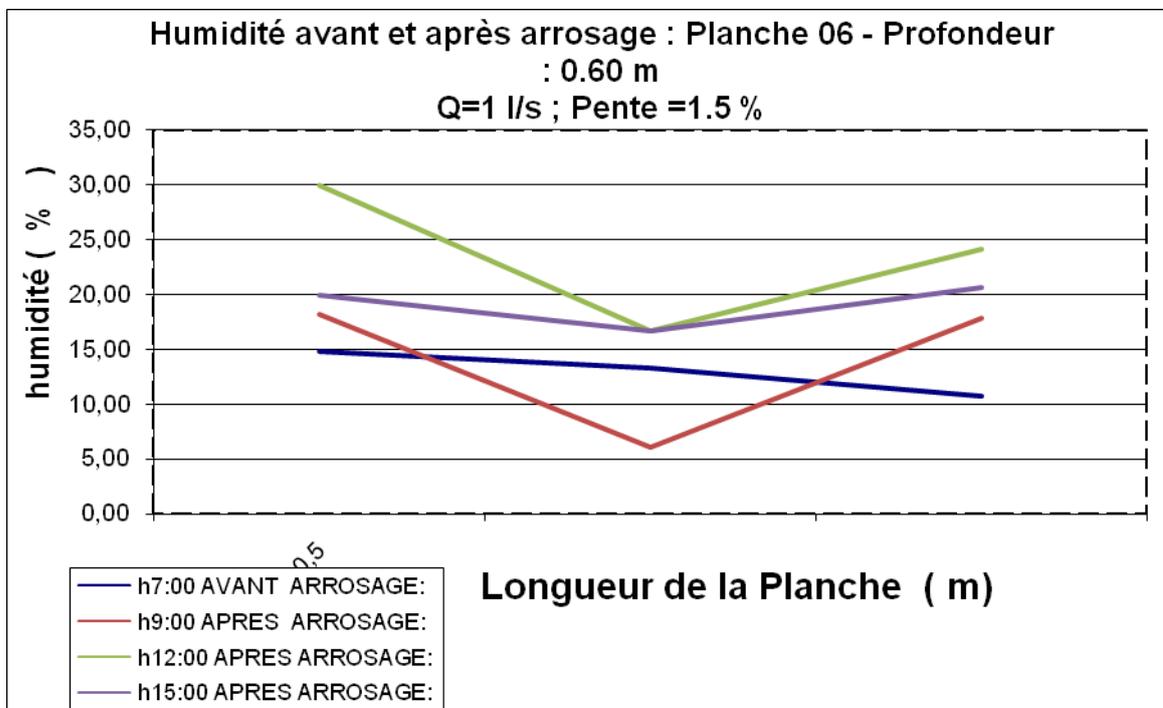


Figure III.21: humidité avant et après arrosage: planche 6 – profondeur: 0.60m, Q=1 l/s , P=1.5% le premier jour

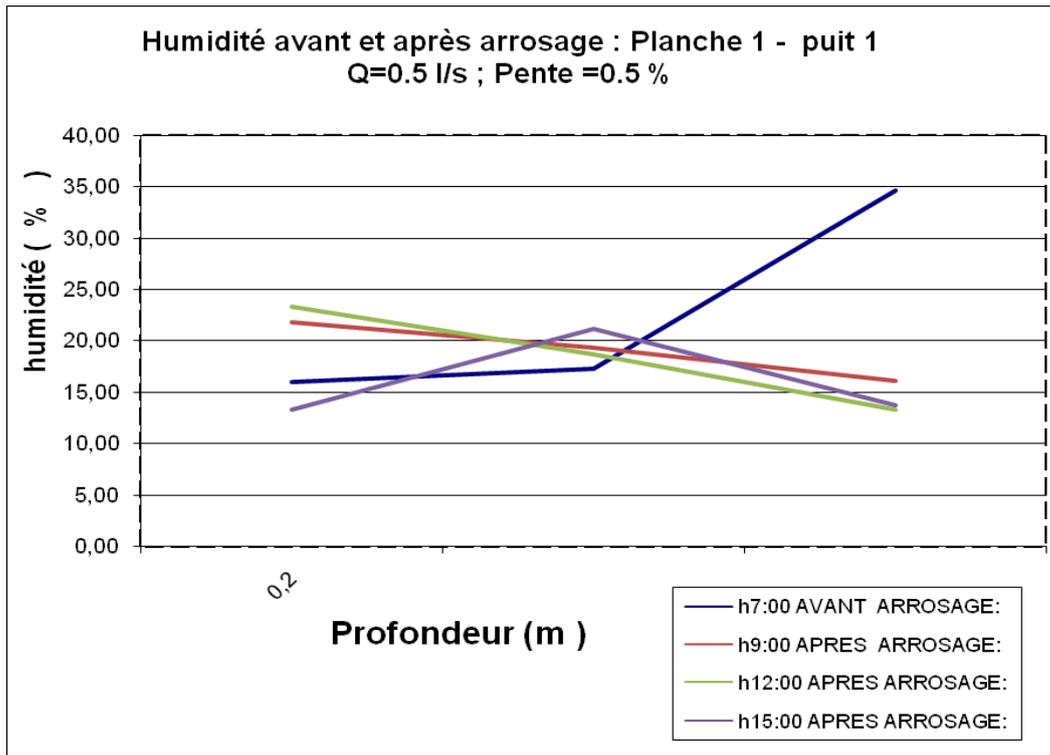


Figure III.22: humidité avant et après arrosage: planche 1 – puit 1: $Q=0.5 \text{ l/s}$, $P=0.5\%$ le premier jour

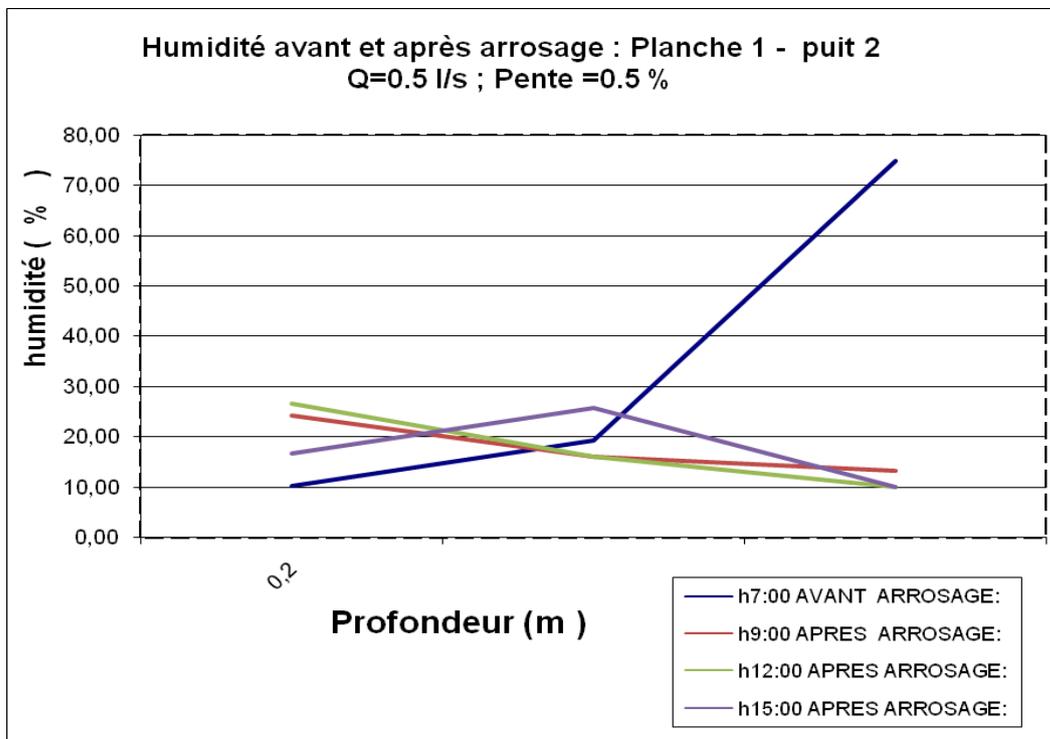


Figure III.23: humidité avant et après arrosage: planche 1 – puit 2: $Q=0.5 \text{ l/s}$, $P=0.5\%$ le premier jour

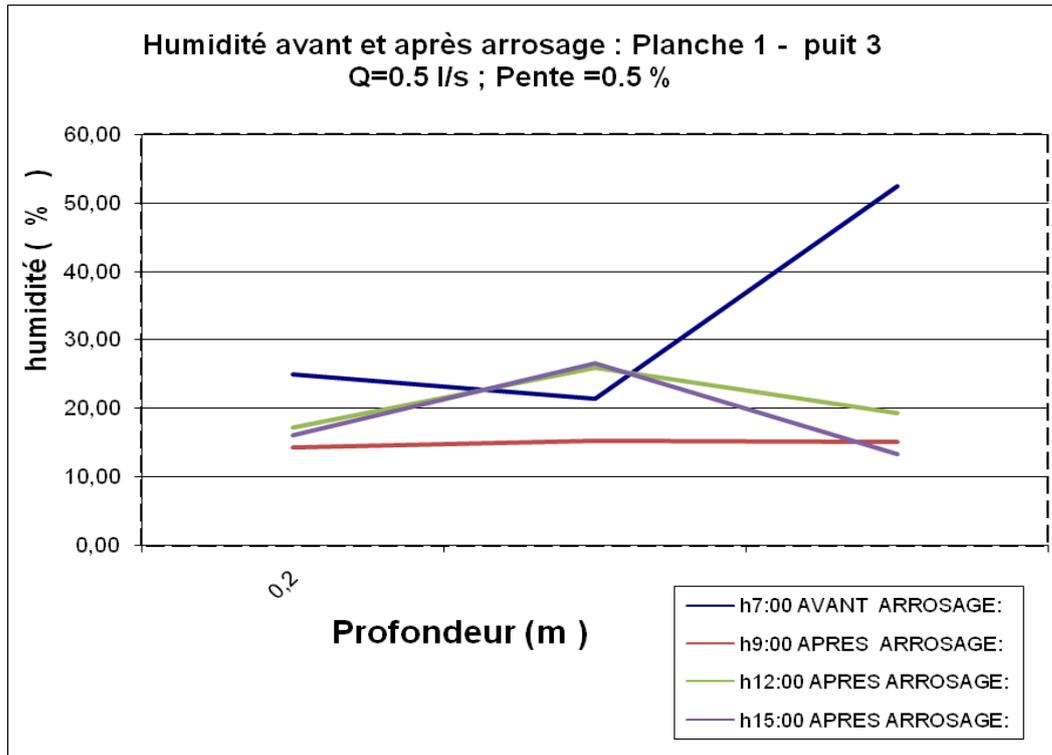


Figure III.24: humidité avant et après arrosage: planche 1 – puit 3: $Q=0.5 \text{ l/s}$, $P=0.5\%$ le premier jour

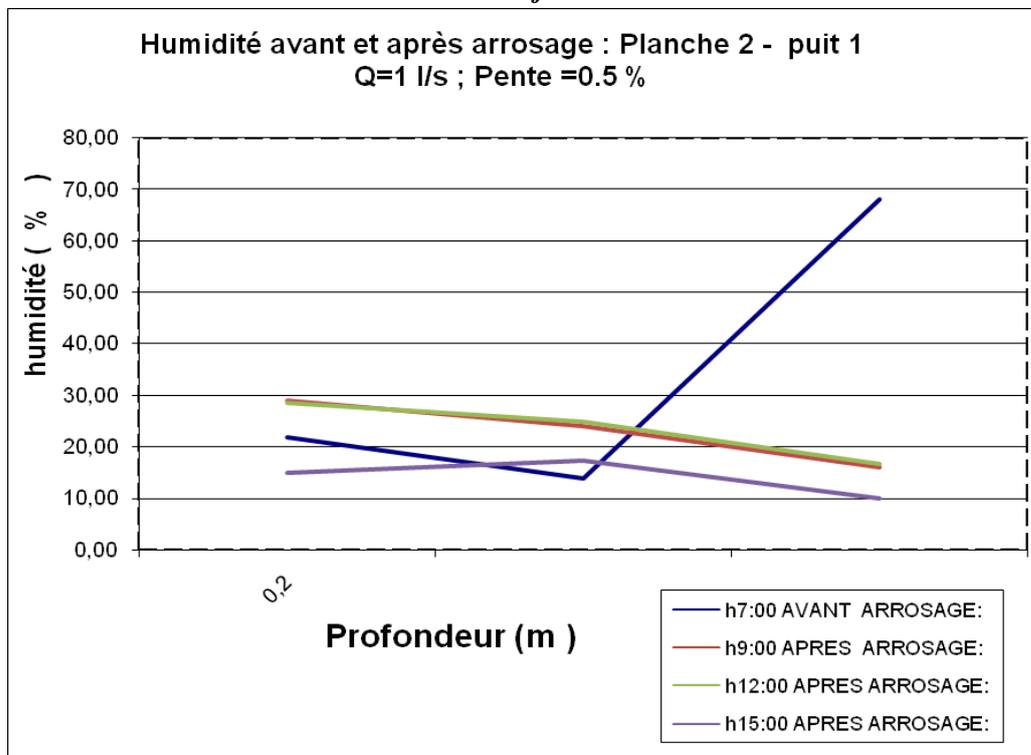


Figure III.25: humidité avant et après arrosage: planche 2 – puit 1: $Q=1 \text{ l/s}$, $P=0.5\%$ le premier jour

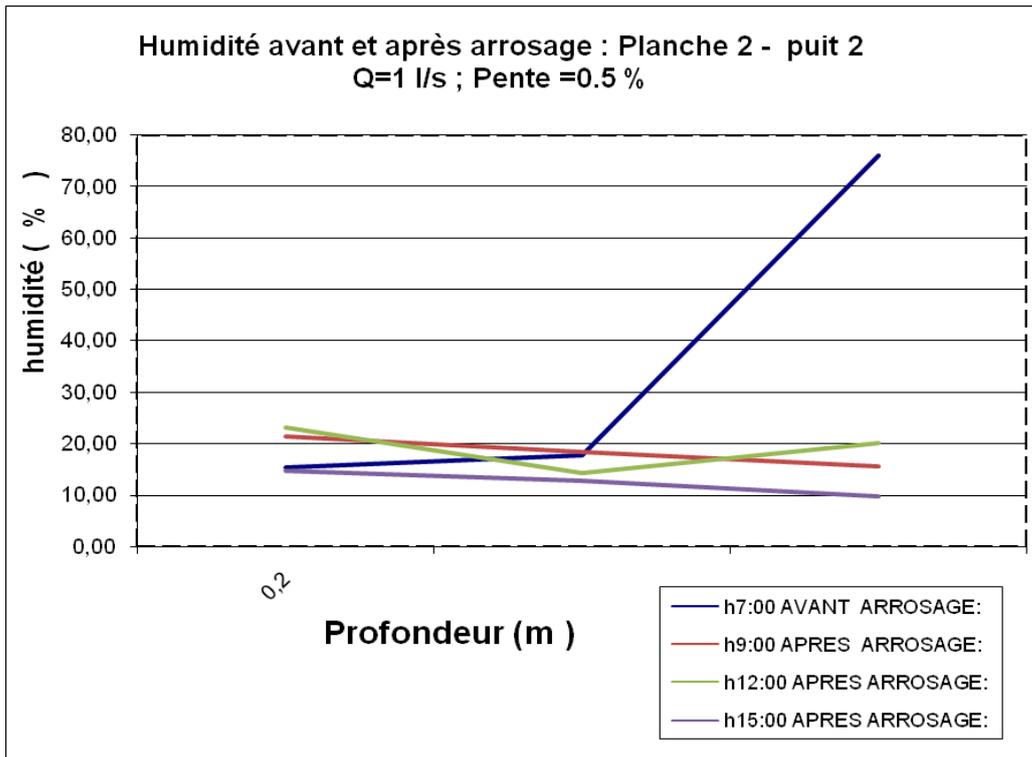


Figure III.26: humidité avant et après arrosage: planche 2 – puit 2: Q=1 l/s , P=0.5% le premier jour

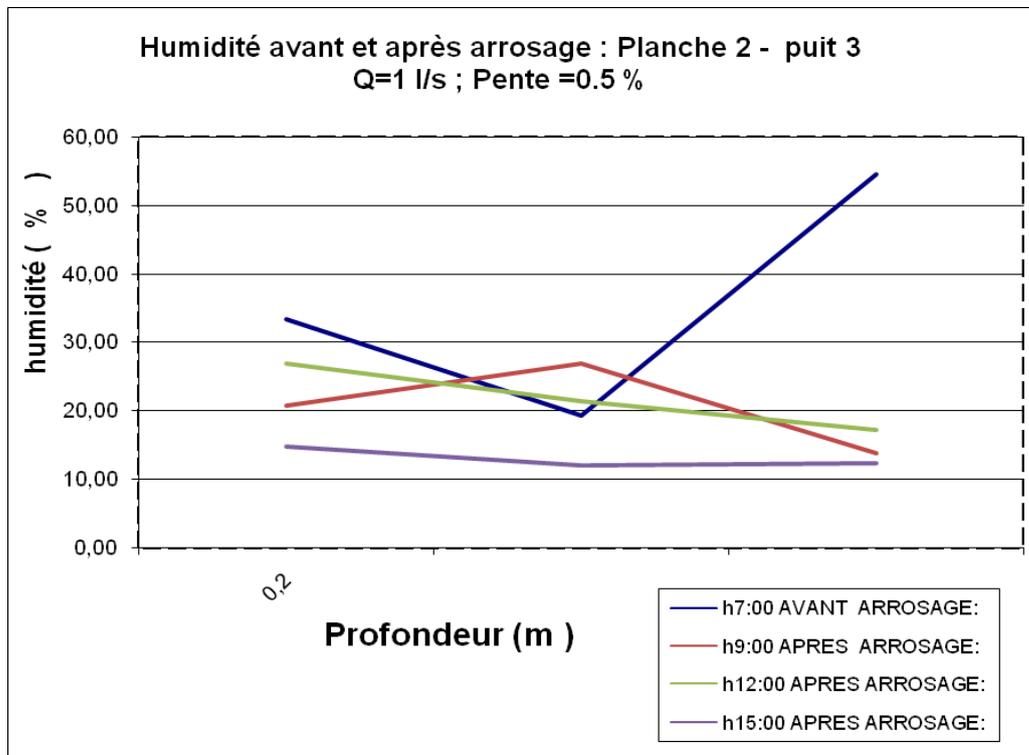


Figure III.27: humidité avant et après arrosage: planche 2 – puit 3: Q=1 l/s , P=0.5% le premier jour

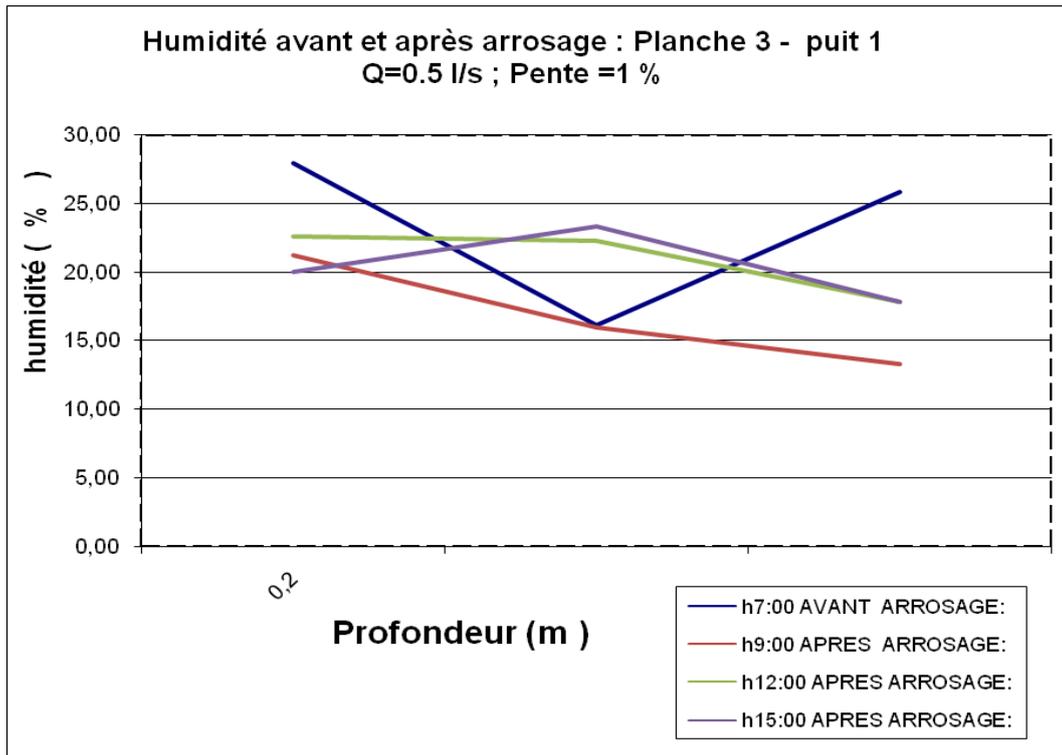


Figure III.28: humidité avant et après arrosage: planche 3 – puit 1: Q=0.5 l/s , P=1% le premier jour

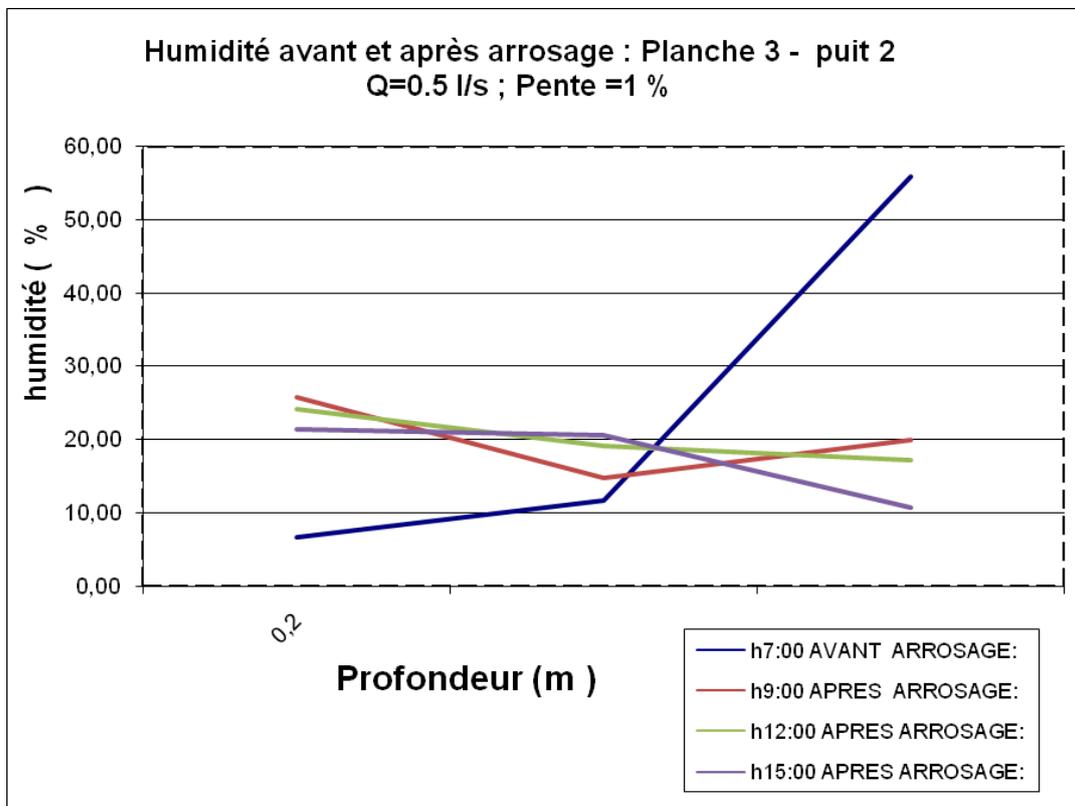


Figure III.29: humidité avant et après arrosage: planche 3 – puit 2: Q=0.5 l/s , P=1% le premier jour

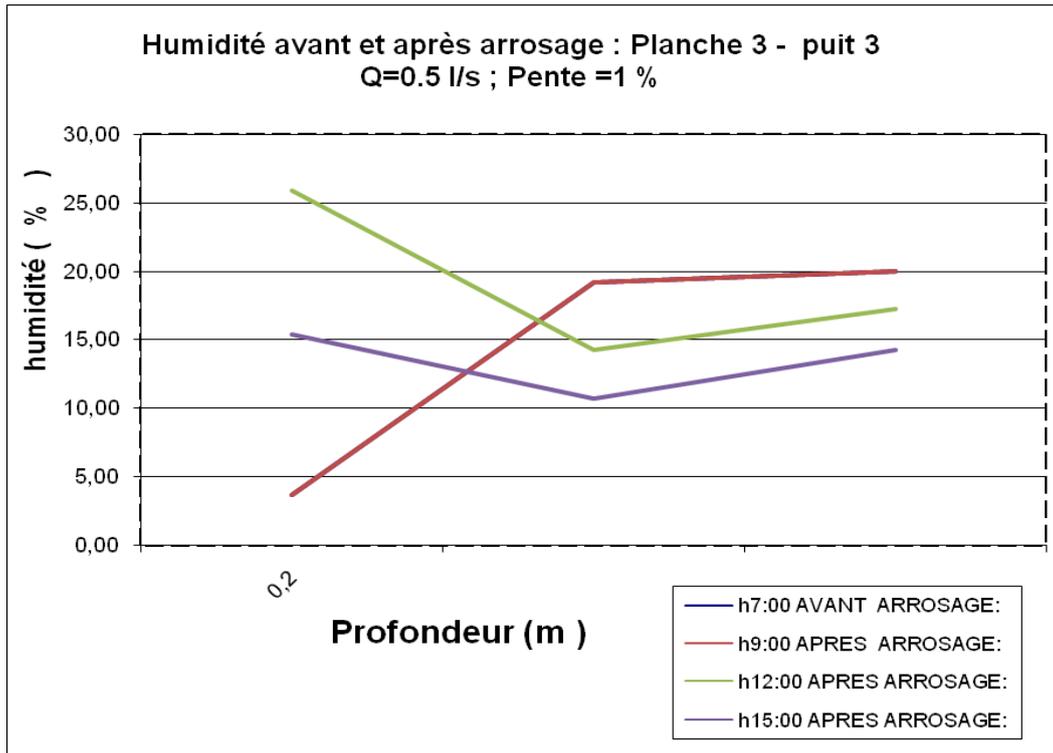


Figure III.30: humidité avant et après arrosage: planche 3 – puit 3: $Q=0.5 \text{ l/s}$, $P=1\%$ le premier jour

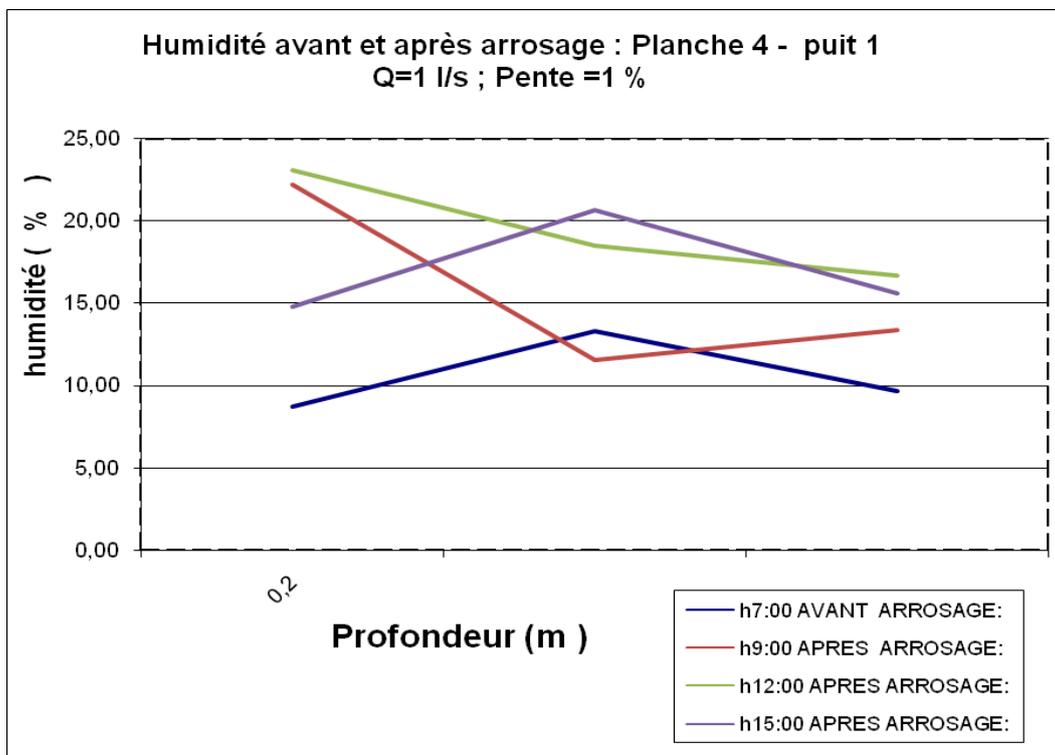


Figure III.31: humidité avant et après arrosage: planche 4 – puit 1: $Q=1 \text{ l/s}$, $P=1\%$ le premier jour

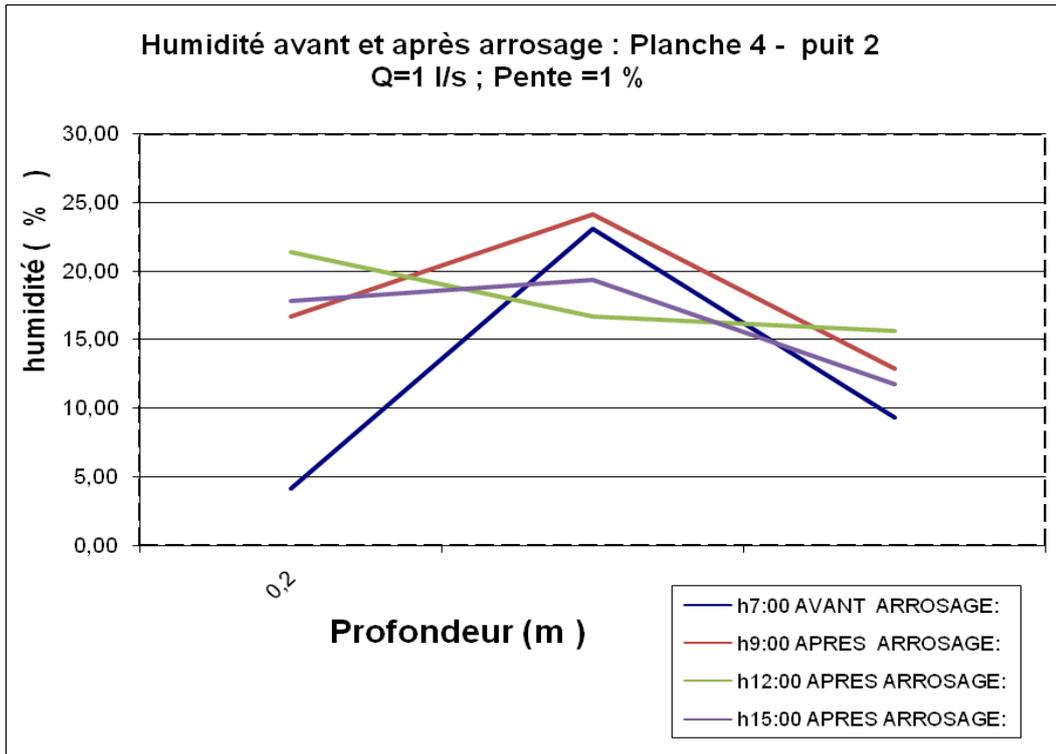


Figure III.32: humidité avant et après arrosage: planche 4 – puit 2: Q=1 l/s , P=1% le premier jour

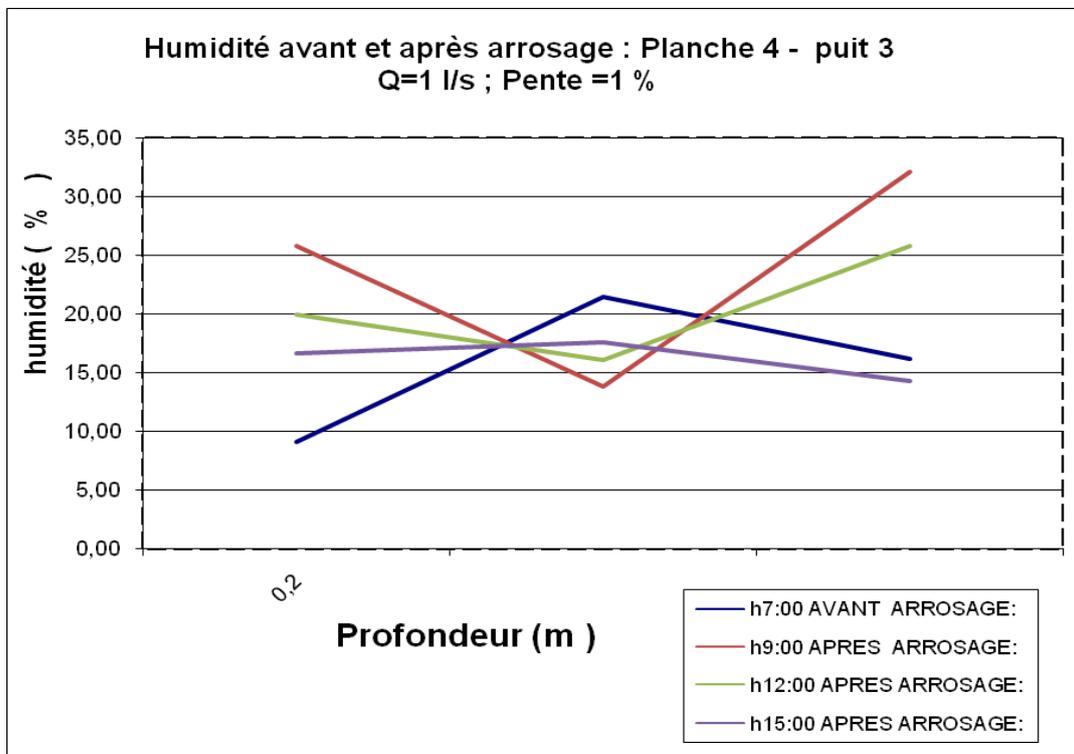


Figure III.33: humidité avant et après arrosage: planche 4 – puit 3: Q=1 l/s , P=1% le premier jour

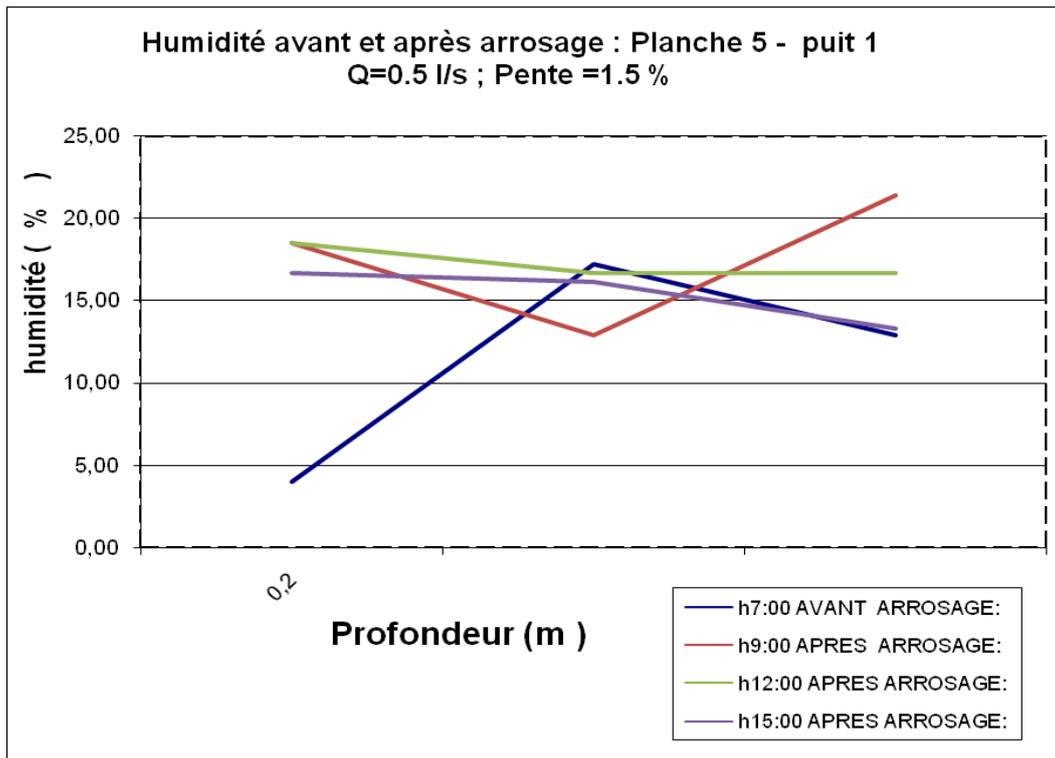


Figure III.34: humidité avant et après arrosage: planche 5 – puit 1: $Q=0.5 \text{ l/s}$, $P=1.5\%$ le premier jour

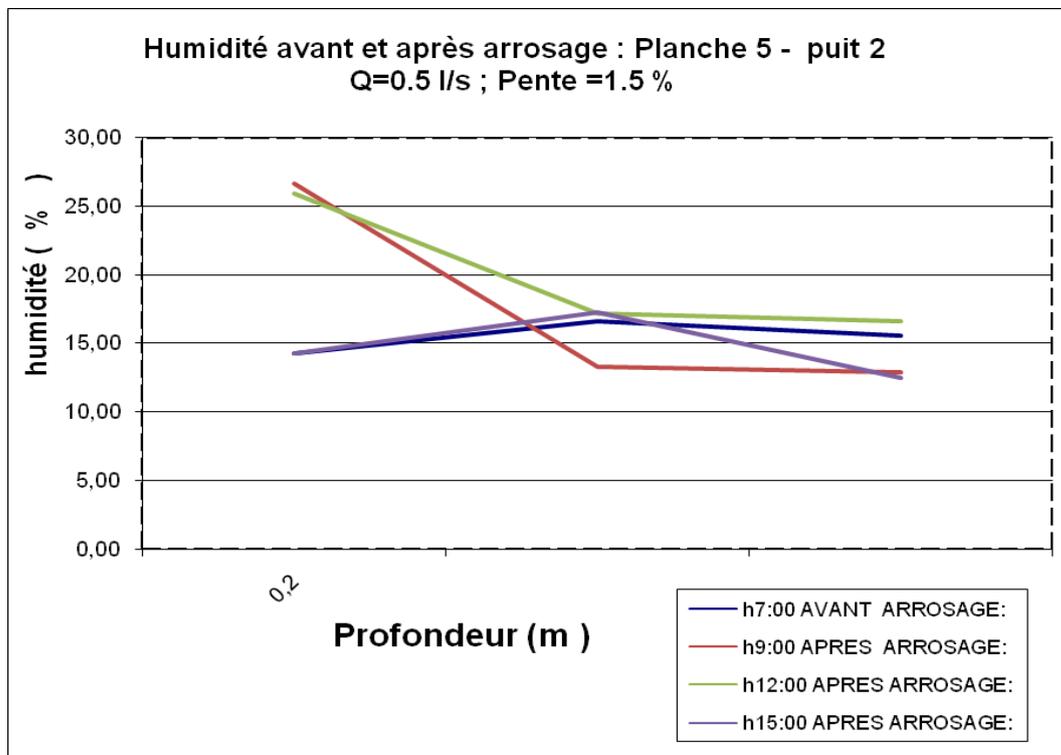


Figure III.35: humidité avant et après arrosage: planche 5 – puit 2: $Q=0.5 \text{ l/s}$, $P=1.5\%$ le premier jour

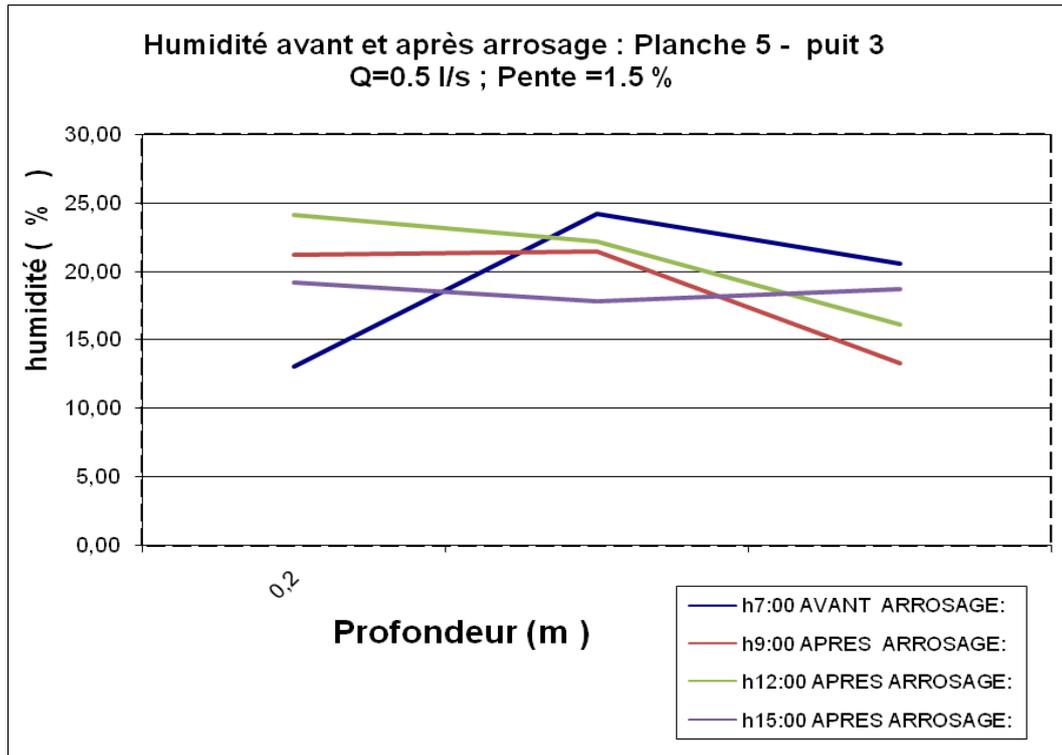


Figure III.36: humidité avant et après arrosage: planche 5 – puit 3 : $Q=0.5 \text{ l/s}$, $P=1.5 \%$ le premier jour

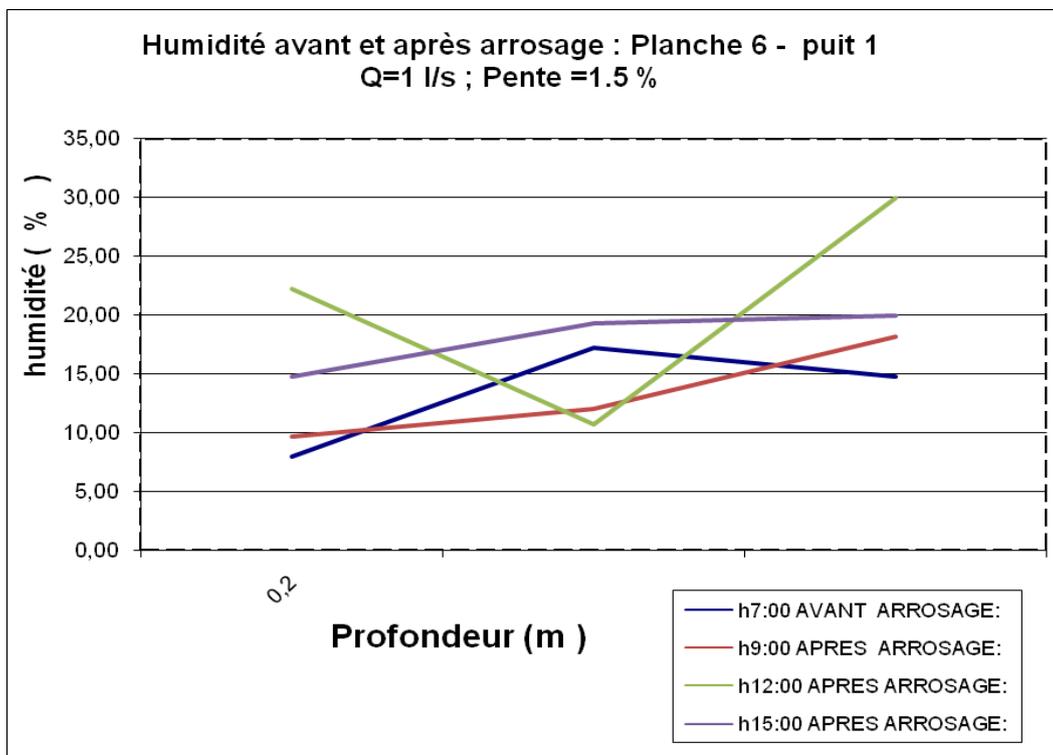


Figure III.37: humidité avant et après arrosage: planche 6 – Puit 1: $Q=1 \text{ l/s}$, $P=1.5\%$ le premier jour

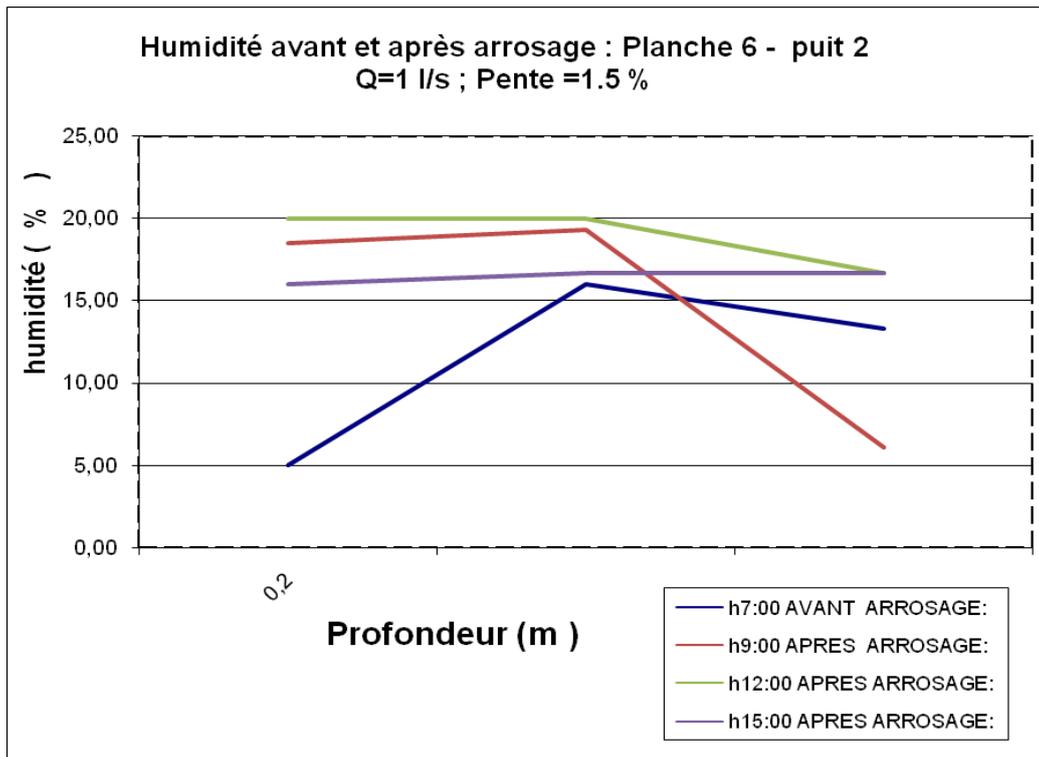


Figure III.38: humidité avant et après arrosage: planche 6 – puit 2: Q=1 l/s , P=1.5% le premier jour

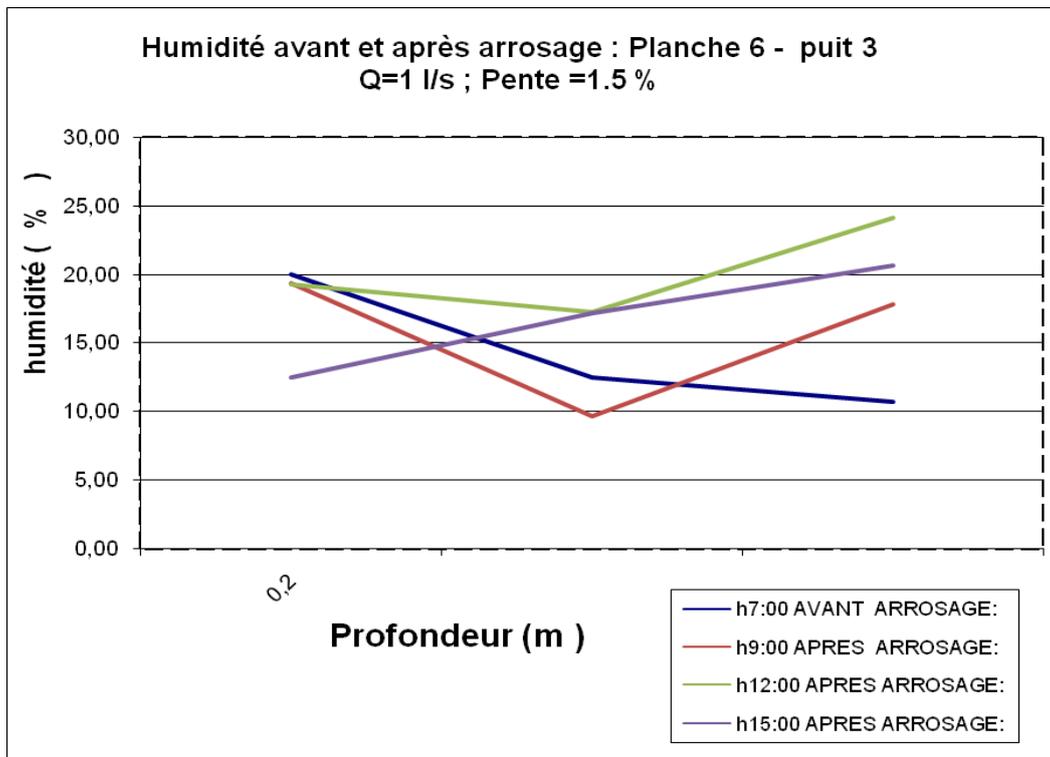


Figure III.39: humidité avant et après arrosage: planche 6 – puit 3: Q=1 l/s , P=1.5% le premier jour

Date	Planche	Débit	Pente	Point	Ech	Profondeur (m)	Poids à vide	Poids total humide	Poids total sec	H %
06/06/2021	1	0.5	0.5	1	1	0.2	11	40	36	16.00
					2	0.4	11	45	40	17.24
					3	0.6	11	46	37	34.62
				2	1	0.2	11	43	40	10.34
					2	0.4	11	48	42	19.35
					3	0.6	11	46	31	75.00
				3	1	0.2	11	41	35	25.00
					2	0.4	11	45	39	21.43
					3	0.6	11	43	32	52.38
	2	1	0.5	1	1	0.2	11	39	34	21.74
					2	0.4	11	44	40	13.79
					3	0.6	11	48	33	68.18
				2	1	0.2	11	41	37	15.38
					2	0.4	11	44	39	17.86
					3	0.6	11	48	32	76.19
				3	1	0.2	11	43	35	33.33
					2	0.4	11	48	42	19.35
					3	0.6	11	45	33	54.55
	3	0.5	1	1	1	0.2	11	43	36	28.00
					2	0.4	11	47	42	16.13
					3	0.6	11	45	38	25.93
				2	1	0.2	11	43	41	6.67
					2	0.4	11	49	45	11.76
					3	0.6	11	50	36	56.00
				3	1	0.2	11	39	38	3.70
					2	0.4	11	42	37	19.23
					3	0.6	11	47	41	20.00
	4	1	1	1	1	0.2	11	36	34	8.70
					2	0.4	11	45	41	13.33
					3	0.6	11	45	42	9.68
				2	1	0.2	11	36	35	4.17
					2	0.4	11	43	37	23.08
					3	0.6	11	46	43	9.38
				3	1	0.2	11	35	33	9.09
					2	0.4	11	45	39	21.43
					3	0.6	11	47	42	16.13
5	0.5	1.5	1	1	0.2	11	37	36	4.00	
				2	0.4	11	45	40	17.24	

				2	3	0.6	11	46	42	12.90
					1	0.2	11	35	32	14.29
					2	0.4	11	39	35	16.67
				3	3	0.6	11	48	43	15.63
					1	0.2	11	37	34	13.04
					2	0.4	11	52	44	24.24
	6	1	1.5	1	3	0.6	11	52	45	20.59
					1	0.2	11	38	36	8.00
					2	0.4	11	45	40	17.24
				2	3	0.6	11	42	38	14.81
					1	0.2	11	32	31	5.00
					2	0.4	11	40	36	16.00
				3	3	0.6	11	45	41	13.33
					1	0.2	11	35	31	20.00
					2	0.4	11	38	35	12.50
				3	0.6	11	42	39	10.71	

Tableau III.5. humidité du sol avant arrosage (%)

7:00 h le 06/06/2021.

Date	Planche	Débit	Pente	Point	Ech	Profondeur (m)	Poids à vide	Poids total humide	Poids total sec	H %
06/06/2021	1	0.5	0.5	1	1	0.2	11	50	43	21.88
					2	0.4	11	48	42	19.35
					3	0.6	11	47	42	16.13
				2	1	0.2	11	52	44	24.24
					2	0.4	11	47	42	16.13
					3	0.6	11	45	41	13.33
				3	1	0.2	11	43	39	14.29
					2	0.4	11	41	37	15.38
					3	0.6	11	49	44	15.15
	2	1	0.5	1	1	0.2	11	51	42	29.03
					2	0.4	11	47	40	24.14
					3	0.6	11	47	42	16.13
				2	1	0.2	11	45	39	21.43
					2	0.4	11	43	38	18.52
					3	0.6	11	48	43	15.63
				3	1	0.2	11	46	40	20.69
					2	0.4	11	44	37	26.92
					3	0.6	11	44	40	13.79
	3	0.5	1	1	1	0.2	11	51	44	21.21
					2	0.4	11	40	36	16.00
					3	0.6	11	45	41	13.33
				2	1	0.2	11	50	42	25.81
					2	0.4	11	42	38	14.81
					3	0.6	11	47	41	20.00

	4	1	1	3	1	0.2	11	49	41	26.67				
					2	0.4	11	46	40	20.69				
					3	0.6	11	46	41	16.67				
				1	1	1	0.2	11	44	38	22.22			
						2	0.4	11	40	37	11.54			
						3	0.6	11	45	41	13.33			
					2	1	0.2	11	46	41	16.67			
						2	0.4	11	47	40	24.14			
						3	0.6	11	46	42	12.90			
	3	1	0.2			11	50	42	25.81					
		2	0.4			11	44	40	13.79					
		3	0.6			11	48	39	32.14					
	5	0.5	1.5	1	1	0.2	11	43	38	18.52				
					2	0.4	11	46	42	12.90				
					3	0.6	11	45	39	21.43				
				2	1	0.2	11	49	41	26.67				
					2	0.4	11	45	41	13.33				
					3	0.6	11	46	42	12.90				
				3	1	0.2	11	51	44	21.21				
					2	0.4	11	45	39	21.43				
					3	0.6	11	45	41	13.33				
					6	1	1.5	1	1	0.2	11	45	42	9.68
									2	0.4	11	39	36	12.00
									3	0.6	11	50	44	18.18
2	1	0.2	11	43				38	18.52					
	2	0.4	11	48				42	19.35					
	3	0.6	11	46				44	6.06					
3	1	0.2	11	48				42	19.35					
	2	0.4	11	45				42	9.68					
	3	0.6	11	44				39	17.86					

Tableau III.6. humidité du sol après arrosage (%)

9:00 h le 06/06/2021.

Date	Planche	Débit	Pente	Point	Ech	Profondeur (m)	Poids à vide	Poids total humide	Poids total sec	H %
06/06/2021	1	0.5	0.5	1	1	0.2	11	48	41	23.33
					2	0.4	11	49	43	18.75
					3	0.6	11	45	41	13.33
				2	1	0.2	11	49	41	26.67
					2	0.4	11	47	42	16.13
					3	0.6	11	44	41	10.00
				3	1	0.2	11	45	40	17.24
					2	0.4	11	45	38	25.93
					3	0.6	11	48	42	19.35
	2	1	0.5	1	1	0.2	11	47	39	28.57
					2	0.4	11	46	39	25.00
					3	0.6	11	46	41	16.67
				2	1	0.2	11	43	37	23.08
					2	0.4	11	43	39	14.29
					3	0.6	11	47	41	20.00
				3	1	0.2	11	44	37	26.92
					2	0.4	11	45	39	21.43
					3	0.6	11	45	40	17.24
	3	0.5	1	1	1	0.2	11	49	42	22.58
					2	0.4	11	44	38	22.22
					3	0.6	11	44	39	17.86
				2	1	0.2	11	47	40	24.14
					2	0.4	11	42	37	19.23
					3	0.6	11	45	40	17.24
				3	1	0.2	11	45	38	25.93
					2	0.4	11	43	39	14.29
					3	0.6	11	45	40	17.24
	4	1	1	1	1	0.2	11	43	37	23.08
					2	0.4	11	43	38	18.52
					3	0.6	11	46	41	16.67
2				1	0.2	11	45	39	21.43	
				2	0.4	11	46	41	16.67	
				3	0.6	11	48	43	15.63	
3				1	0.2	11	47	41	20.00	
				2	0.4	11	47	42	16.13	
				3	0.6	11	50	42	25.81	
5	0.5	1.5	1	1	0.2	11	43	38	18.52	
				2	0.4	11	46	41	16.67	
				3	0.6	11	46	41	16.67	

				2	1	0.2	11	45	38	25.93
					2	0.4	11	45	40	17.24
					3	0.6	11	46	41	16.67
				3	1	0.2	11	47	40	24.14
					2	0.4	11	44	38	22.22
					3	0.6	11	47	42	16.13
	6	1	1.5	1	1	0.2	11	44	38	22.22
					2	0.4	11	42	39	10.71
					3	0.6	11	50	41	30.00
				2	1	0.2	11	41	36	20.00
					2	0.4	11	47	41	20.00
					3	0.6	11	46	41	16.67
				3	1	0.2	11	42	37	19.23
					2	0.4	11	45	40	17.24
					3	0.6	11	47	40	24.14

Tableau III.7. humidité du sol après arrosage (%)

12:00 h le 06/06/2021.

Date	Planche	Débit	Pente	Point	Ech	Profondeur (m)	Poids à vide	Poids total humide	Poids total sec	H %
06/06/2021	1	0.5	0.5	1	1	0.2	11	45	41	13.33
					2	0.4	11	51	44	21.21
					3	0.6	11	44	40	13.79
				2	1	0.2	11	46	41	16.67
					2	0.4	11	50	42	25.81
					3	0.6	11	44	41	10.00
				3	1	0.2	11	47	42	16.13
					2	0.4	11	49	41	26.67
					3	0.6	11	45	41	13.33
	2	1	0.5	1	1	0.2	11	42	38	14.81
					2	0.4	11	45	40	17.24
					3	0.6	11	44	41	10.00
				2	1	0.2	11	42	38	14.81
					2	0.4	11	46	42	12.90
					3	0.6	11	45	42	9.68
				3	1	0.2	11	42	38	14.81
					2	0.4	11	48	44	12.12
					3	0.6	11	47	43	12.50
	3	0.5	1	1	1	0.2	11	47	41	20.00
					2	0.4	11	48	41	23.33
					3	0.6	11	44	39	17.86
				2	1	0.2	11	45	39	21.43
					2	0.4	11	46	40	20.69

				3	3	0.6	11	42	39	10.71			
					1	0.2	11	41	37	15.38			
					2	0.4	11	42	39	10.71			
					3	0.6	11	43	39	14.29			
	4	1	1	1	1	0.2	11	42	38	14.81			
					2	0.4	11	46	40	20.69			
					3	0.6	11	48	43	15.63			
				2	1	0.2	11	44	39	17.86			
					2	0.4	11	48	42	19.35			
					3	0.6	11	49	45	11.76			
				3	1	0.2	11	46	41	16.67			
					2	0.4	11	51	45	17.65			
					3	0.6	11	51	46	14.29			
				5	0.5	1.5	1	1	0.2	11	46	41	16.67
								2	0.4	11	47	42	16.13
								3	0.6	11	45	41	13.33
	2	1	0.2				11	43	39	14.29			
		2	0.4				11	45	40	17.24			
		3	0.6				11	47	43	12.50			
	3	1	0.2				11	42	37	19.23			
		2	0.4				11	44	39	17.86			
		3	0.6				11	49	43	18.75			
	6	1	1.5				1	1	0.2	11	42	38	14.81
								2	0.4	11	48	42	19.35
								3	0.6	11	47	41	20.00
				2	1	0.2	11	40	36	16.00			
					2	0.4	11	46	41	16.67			
3					0.6	11	46	41	16.67				
3				1	0.2	11	38	35	12.50				
				2	0.4	11	45	40	17.24				
				3	0.6	11	46	40	20.69				

Tableau III.8. humidité du sol après arrosage (%)

15:00 h le 06/06/2021.

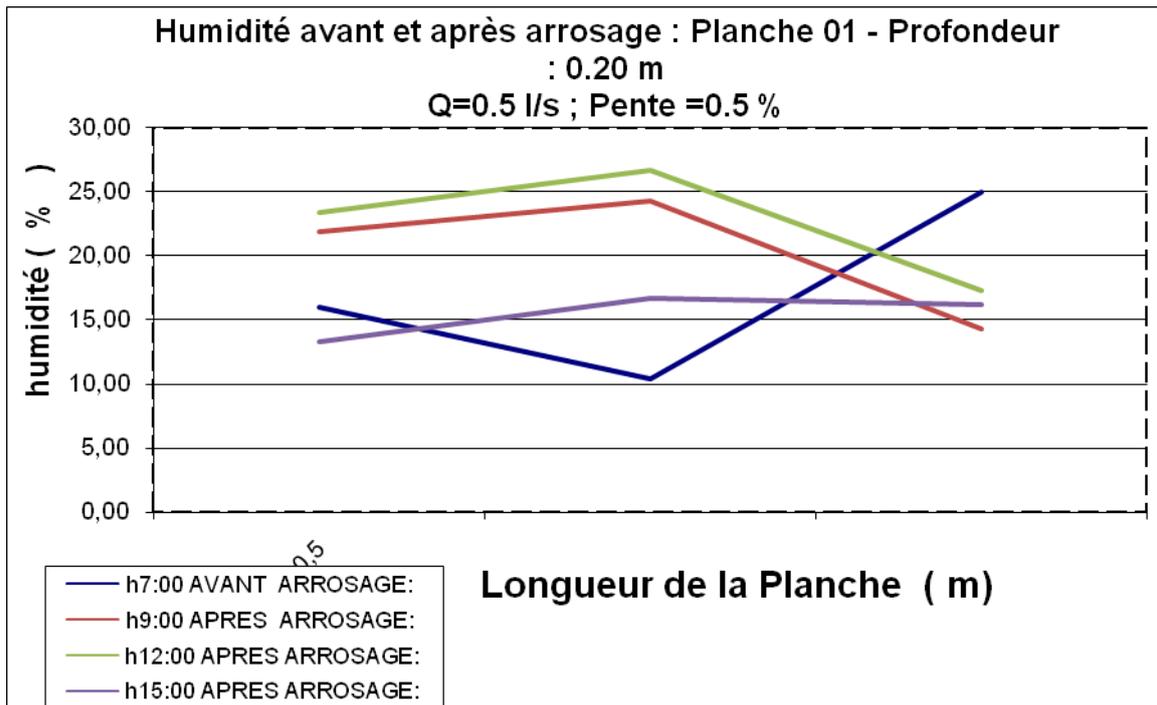


Figure III.40: humidité avant et après arrosage: planche 1 – profondeur: 0.20m, Q=0.5 l/s , P=0.5% le deuxième jour

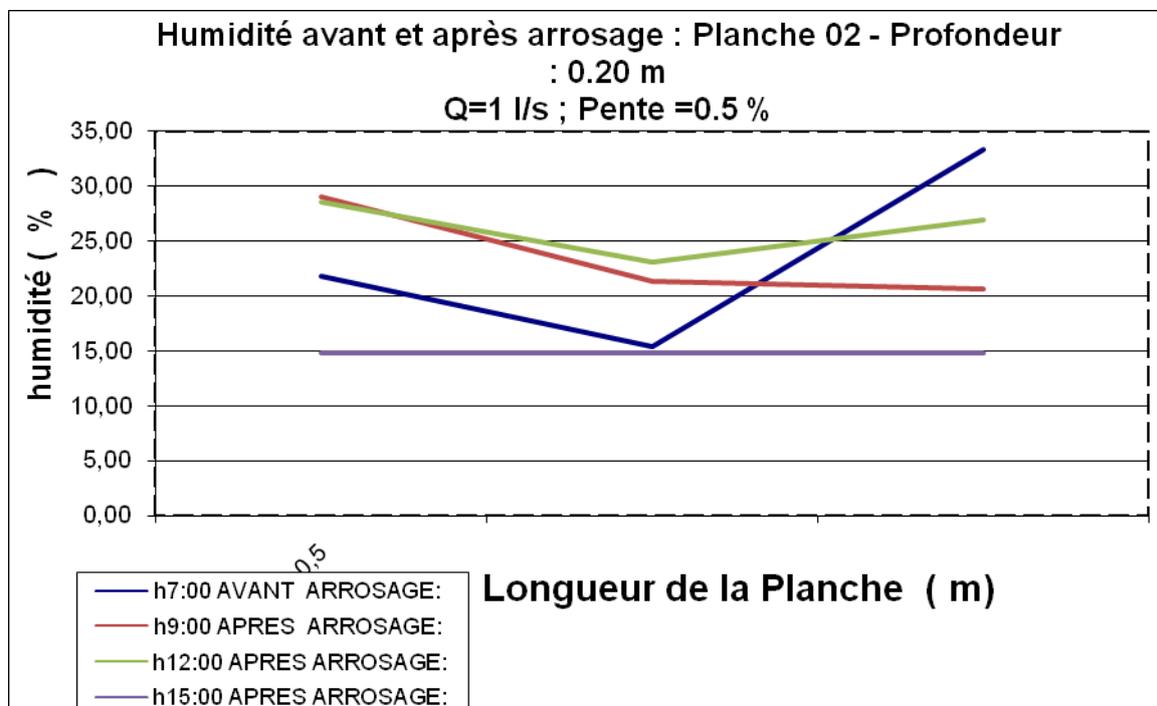


Figure III.41: humidité avant et après arrosage: planche 2 – profondeur: 0.20m, Q=1 l/s , P=0.5% le deuxième jour

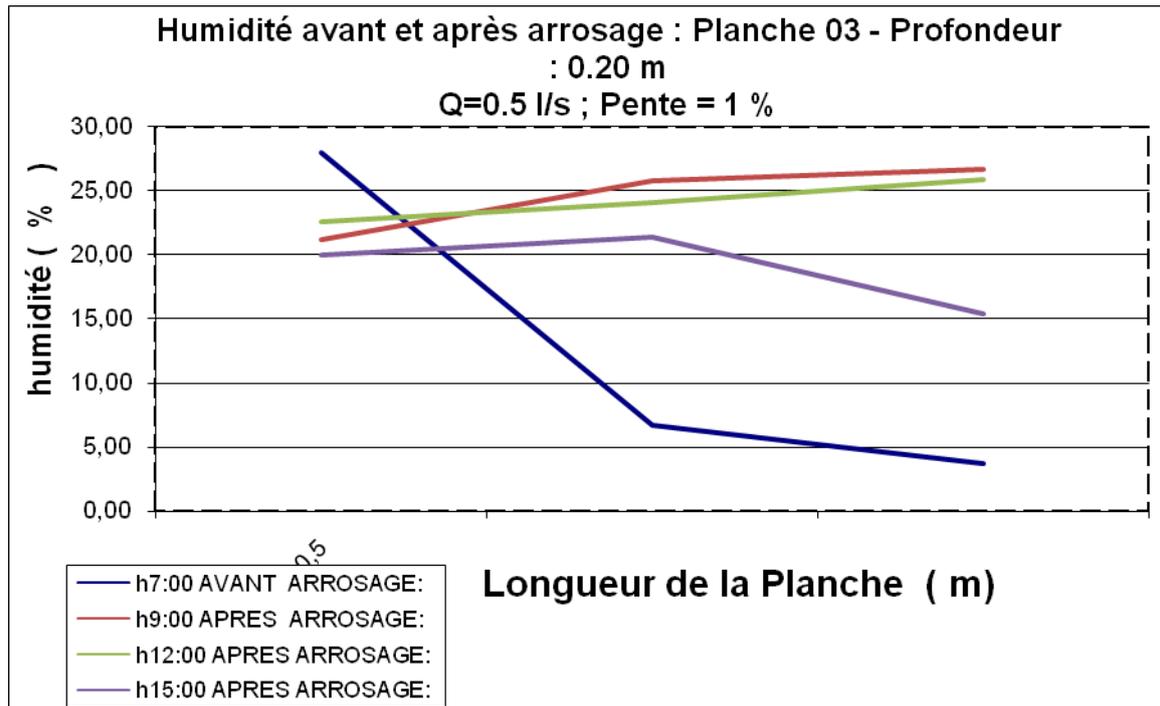


Figure III.42: humidité avant et après arrosage: planche 3 – profondeur: 0.20m, Q=0.5 l/s , P=1%le deuxième jour

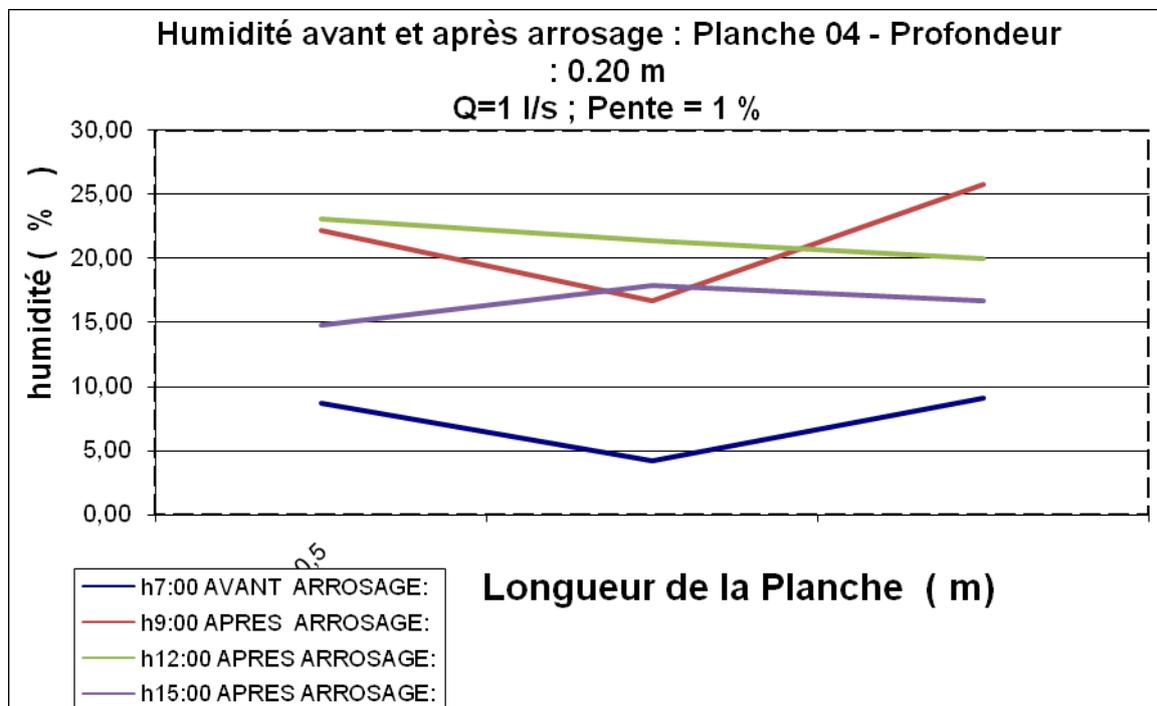


Figure III.43: humidité avant et après arrosage: planche 4 – profondeur: 0.20m, Q=1 l/s , P=1%le deuxième jour

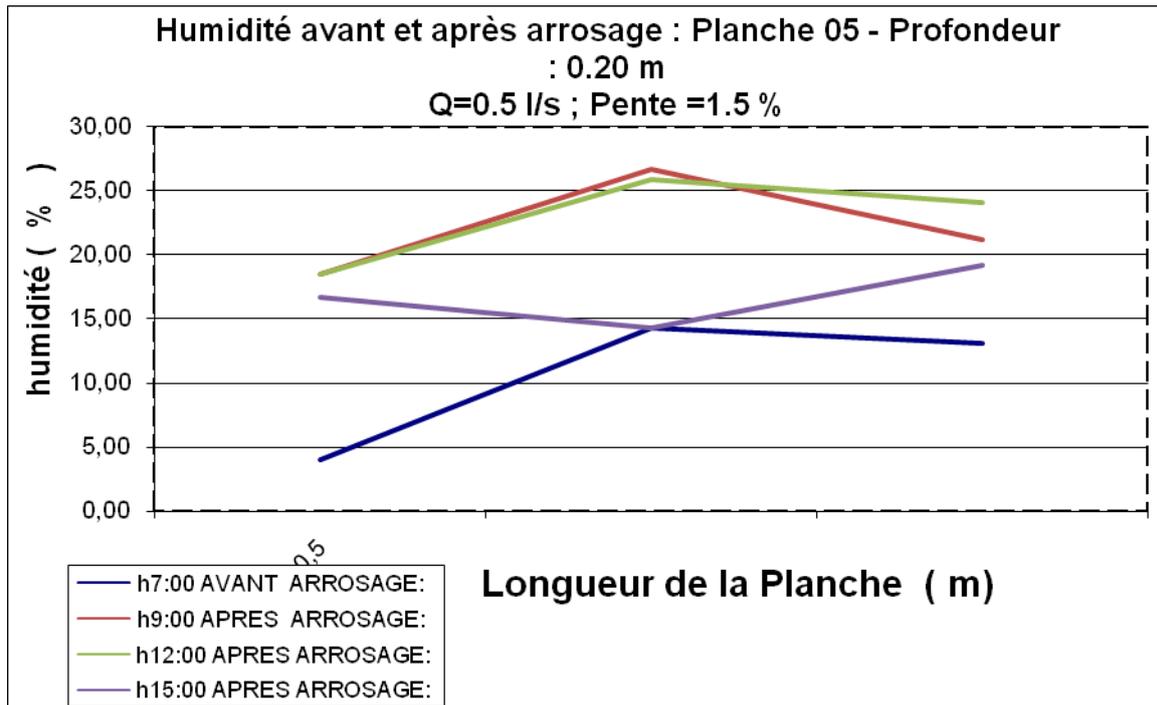


Figure III.44: humidité avant et après arrosage: planche 5 – profondeur: 0.20m, Q=0.5 l/s , P=1.5% le deuxième jour

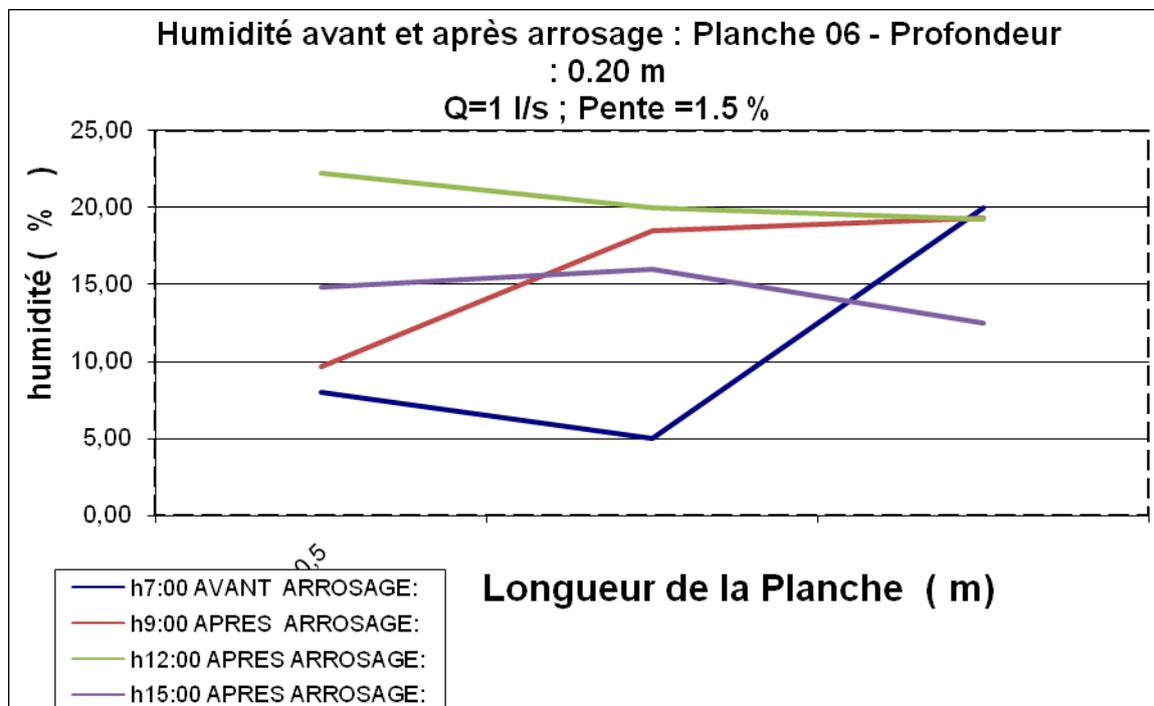


Figure III.45: humidité avant et après arrosage: planche 6 – profondeur: 0.20m, Q=1 l/s , P=1.5 % le deuxième jour

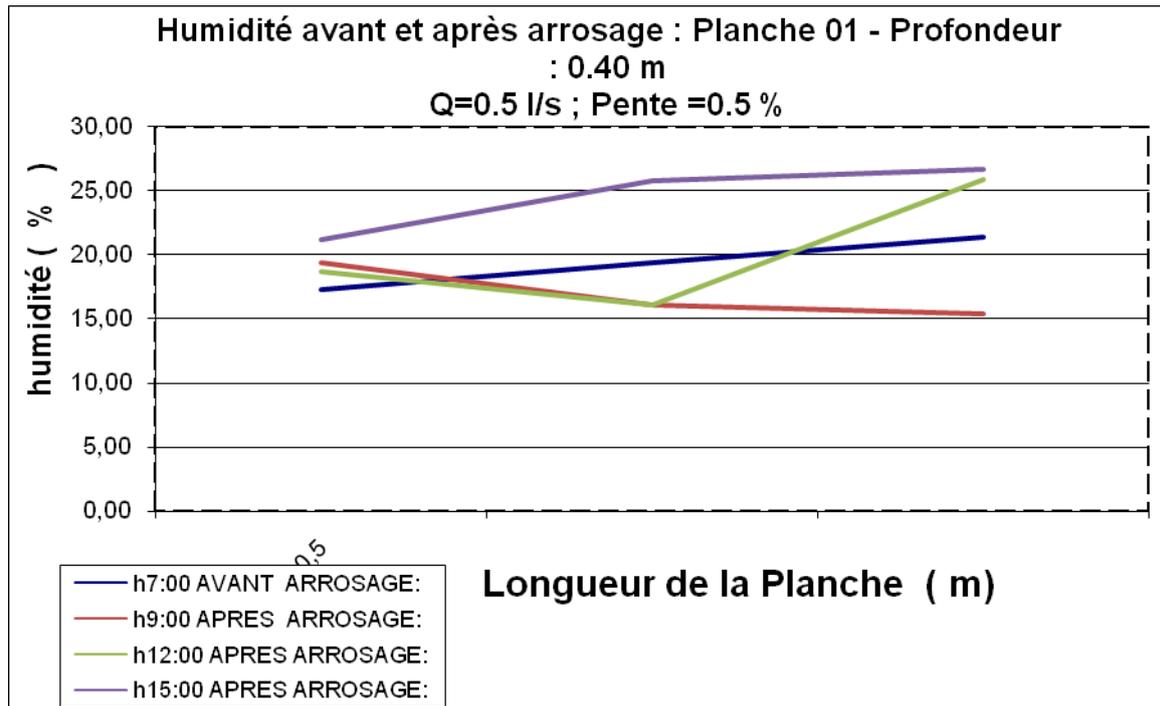


Figure III.46: humidité avant et après arrosage: planche 1 – profondeur: 0.40m, Q=0.5 l/s , P=0.5% le deuxième jour

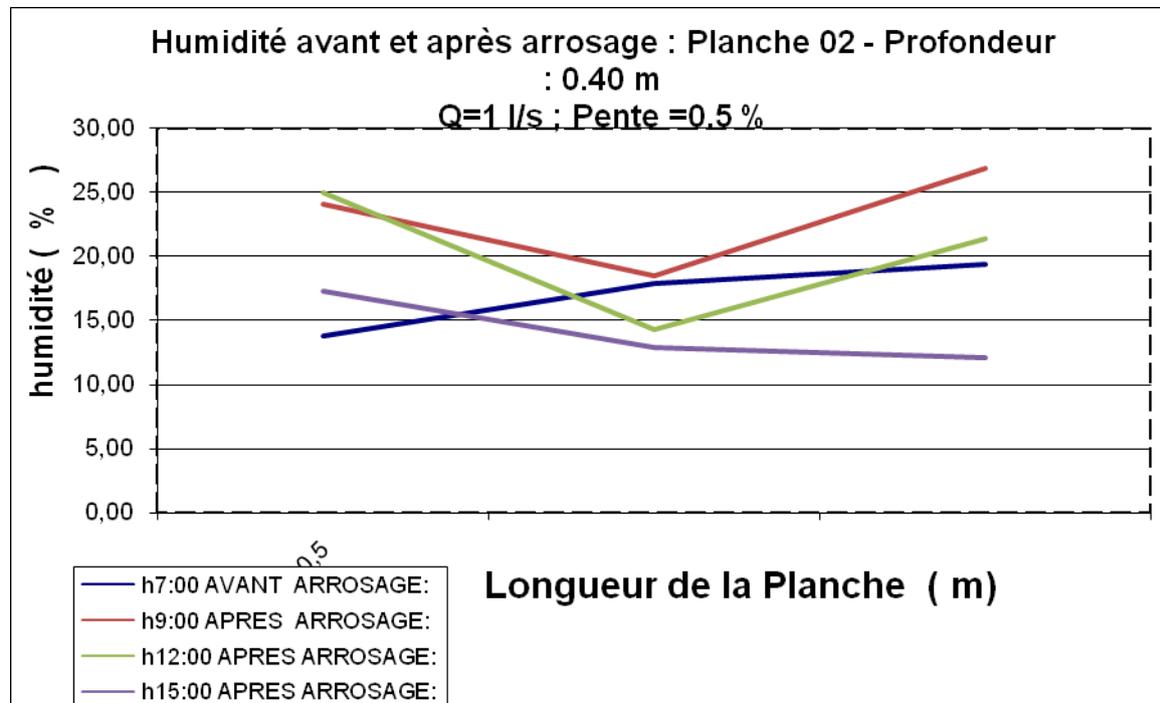


Figure III.47: humidité avant et après arrosage: planche 2 – profondeur: 0.40m, Q=1 l/s , P=0.5%le deuxième jour

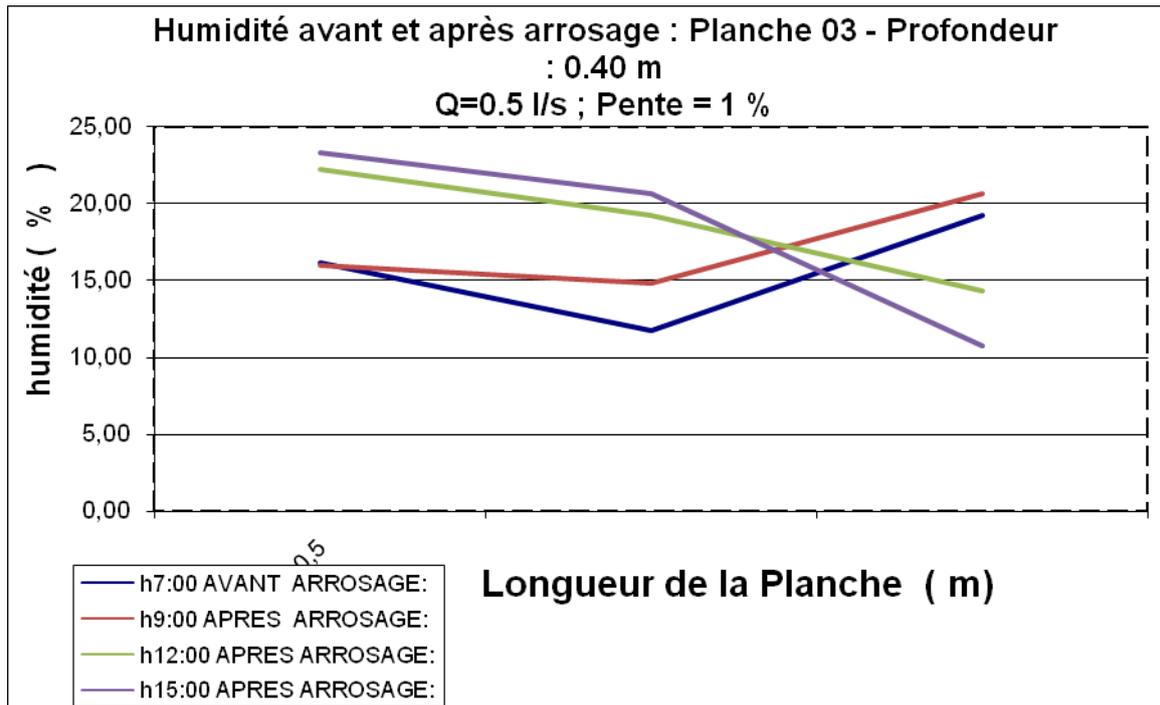


Figure III.48: humidité avant et après arrosage: planche 3 – profondeur: 0.40m, Q=0.5 l/s , P=1%le deuxième jour

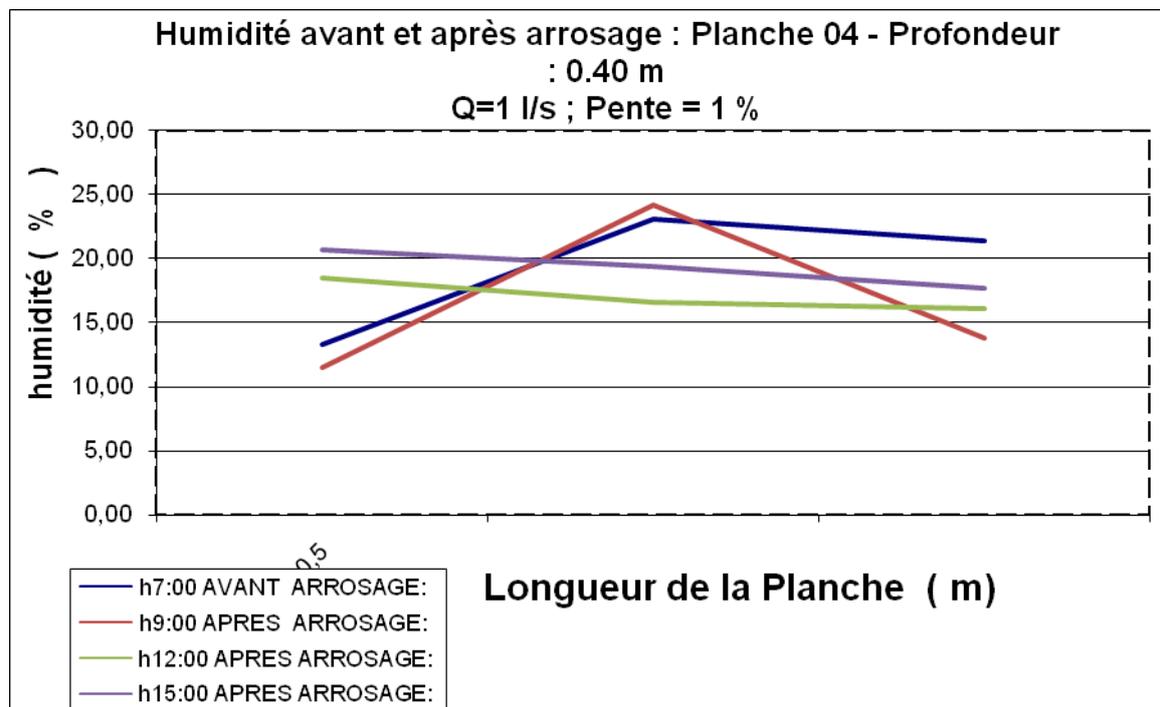


Figure III.49: humidité avant et après arrosage: planche 4 – profondeur: 0.40m, Q=1 l/s , P=1%le deuxième jour

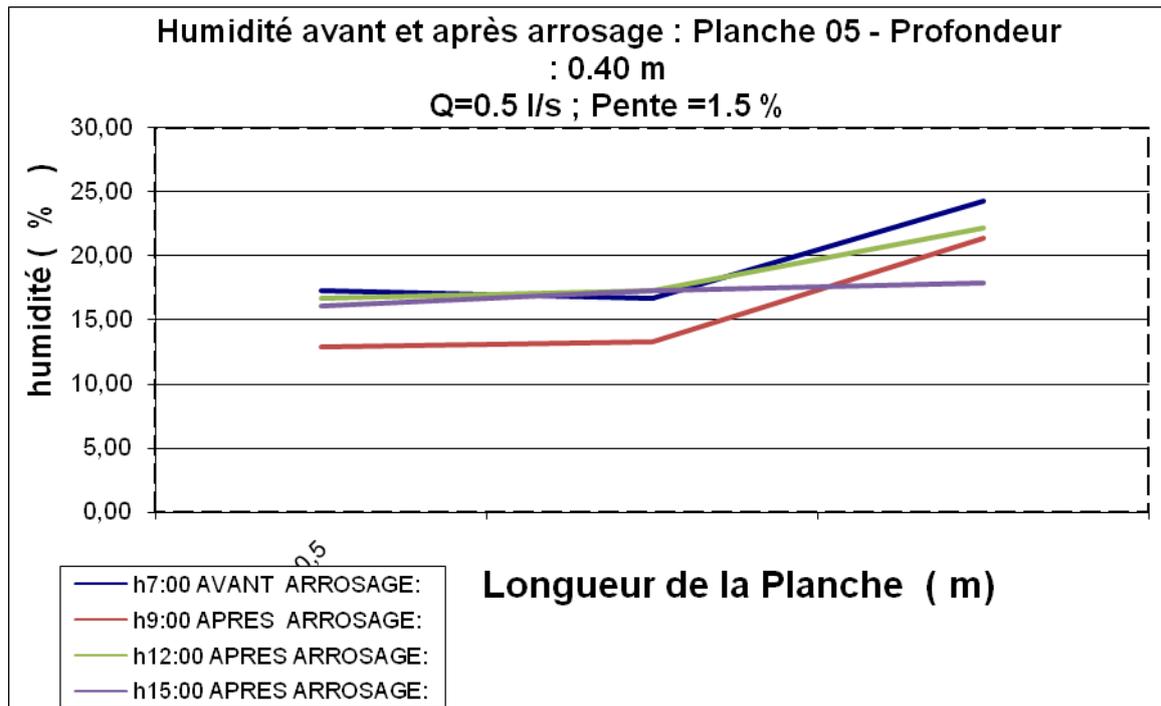


Figure III.50: humidité avant et après arrosage: planche 5 – profondeur: 0.40m, Q=0.5 l/s , P=1.5% le deuxième jour

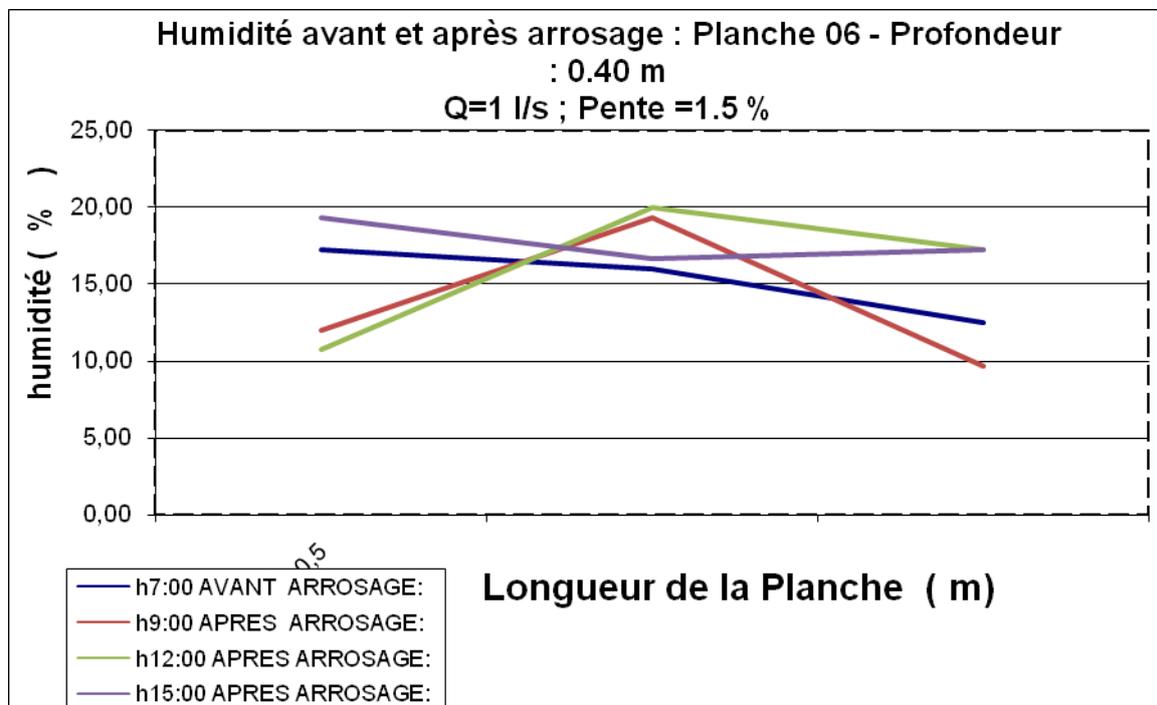


Figure III.51: humidité avant et après arrosage: planche 6 – profondeur: 0.40m, Q=1 l/s , P=1.5 % le deuxième jour

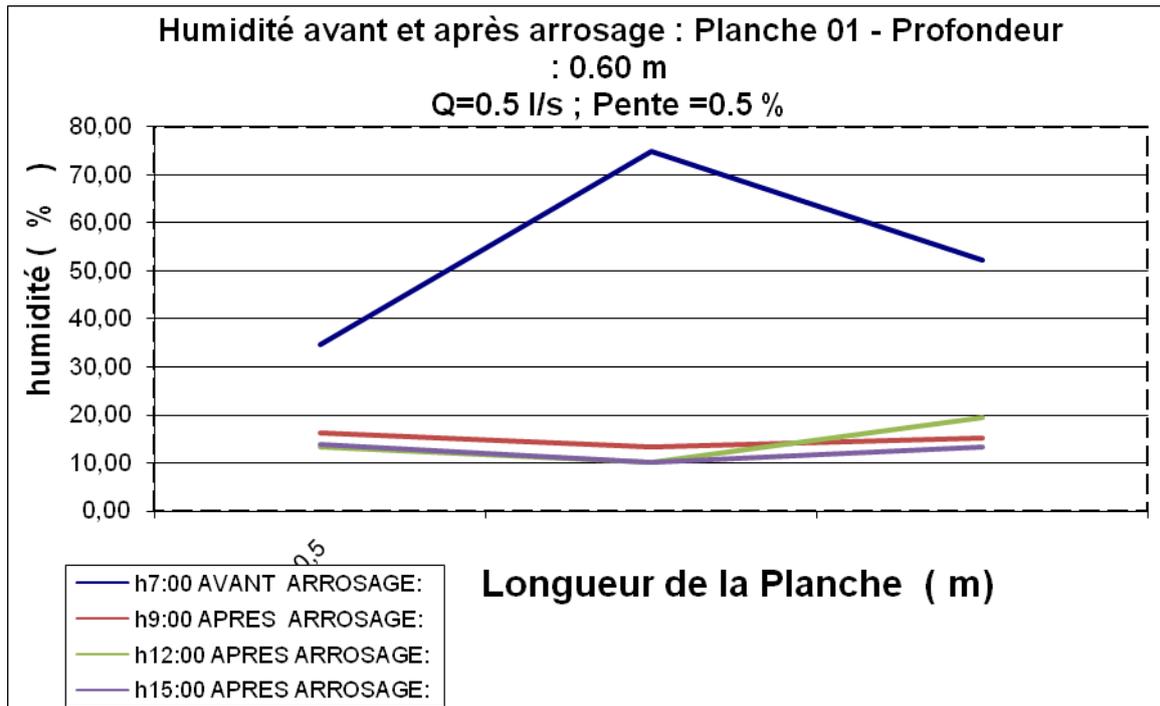


Figure III.52: humidité avant et après arrosage: planche 1 – profondeur: 0.60m, Q=0.5 l/s , P=0.5% le deuxième jour

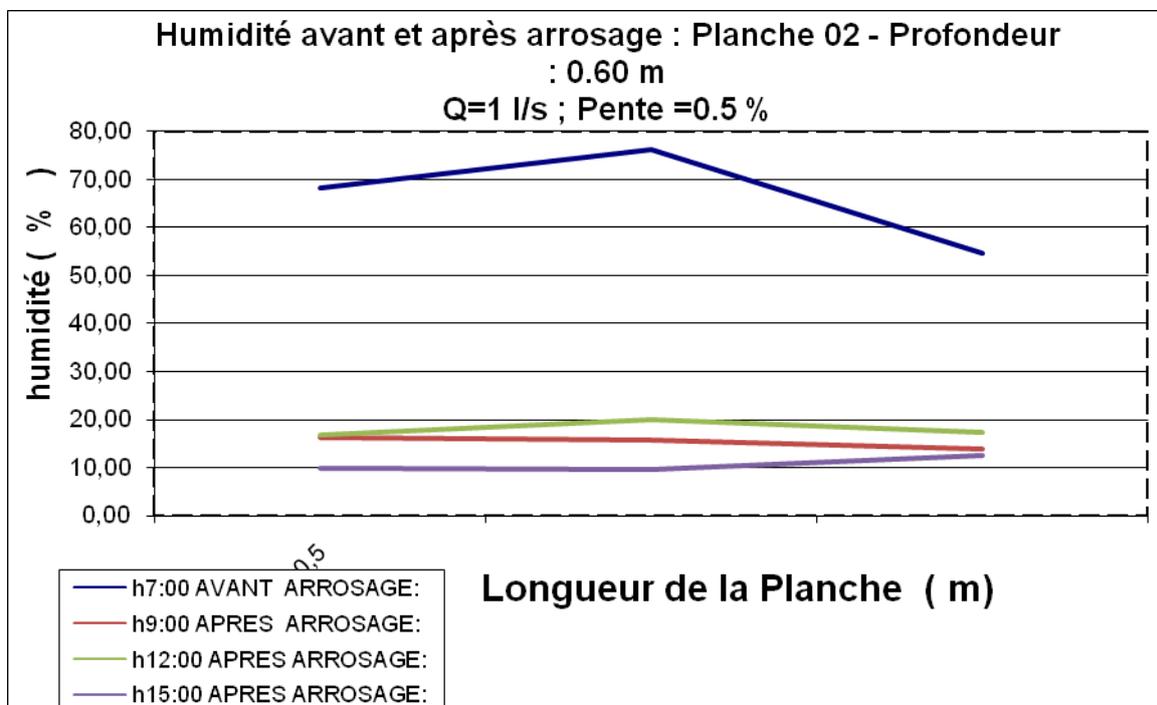


Figure III.53: humidité avant et après arrosage: planche 2 – profondeur: 0.60m, Q=1 l/s , P=0.5%le deuxième jour

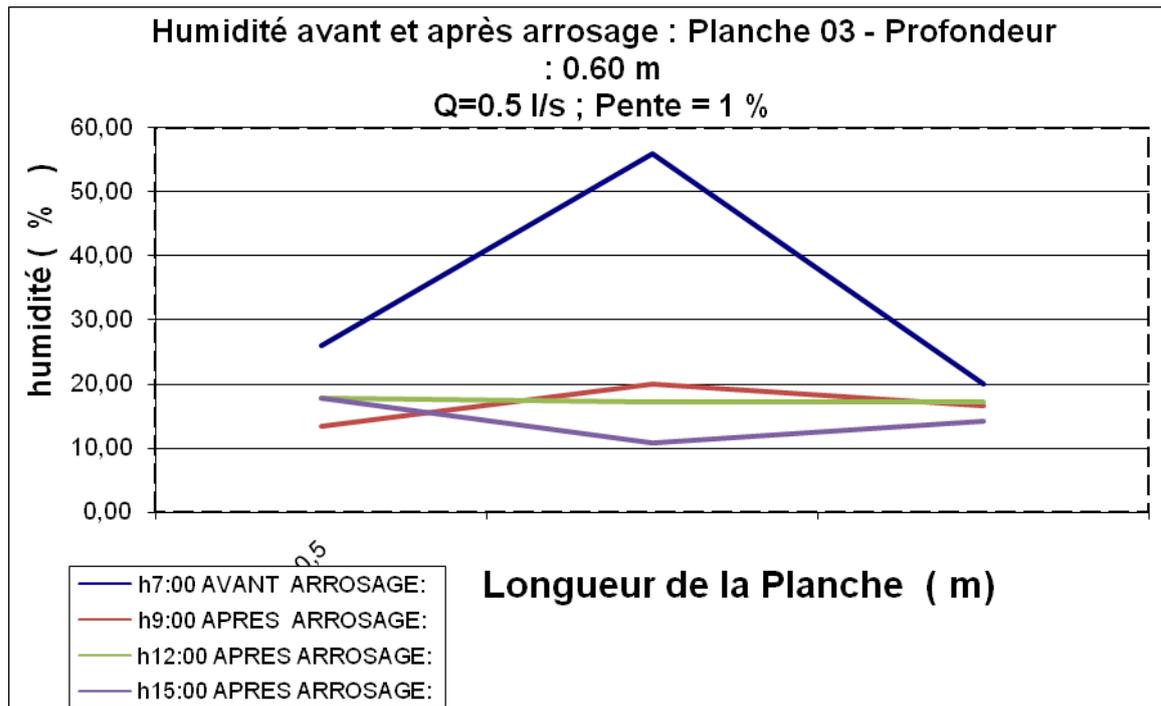


Figure III.54: humidité avant et après arrosage: planche 3 – profondeur: 0.60m, Q=0.5 l/s , P=1%le deuxième jour

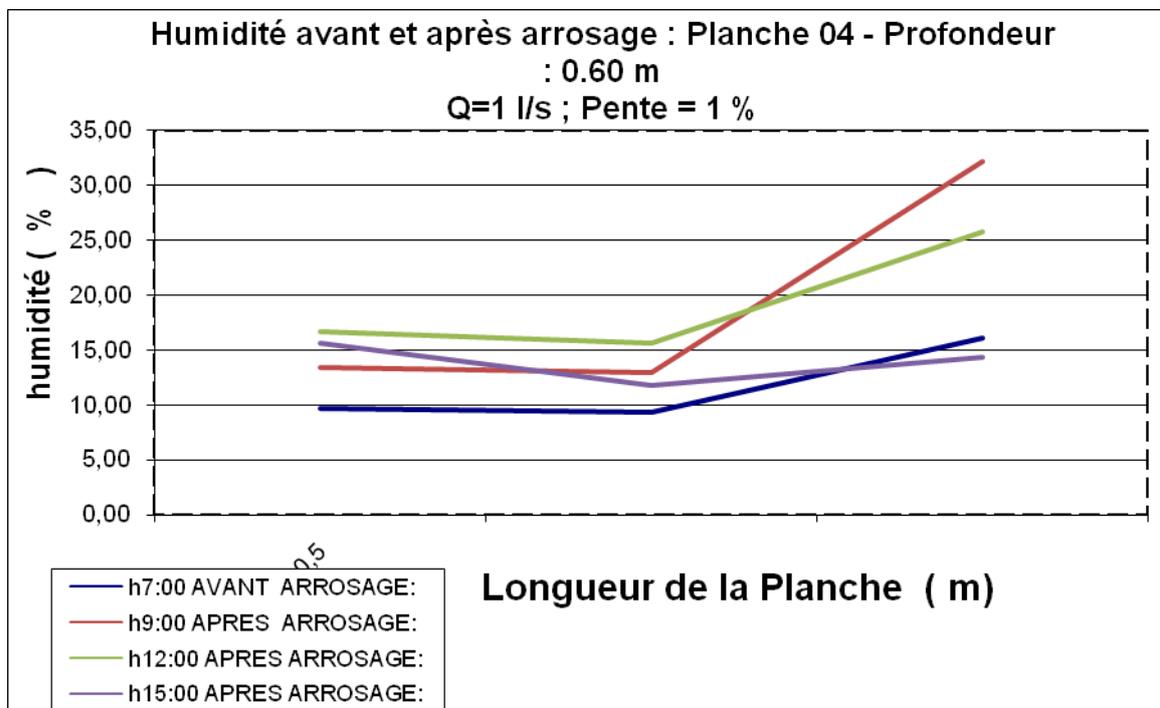


Figure III.55: humidité avant et après arrosage: planche 4 – profondeur: 0.60m, Q=1 l/s , P=1%le deuxième jour

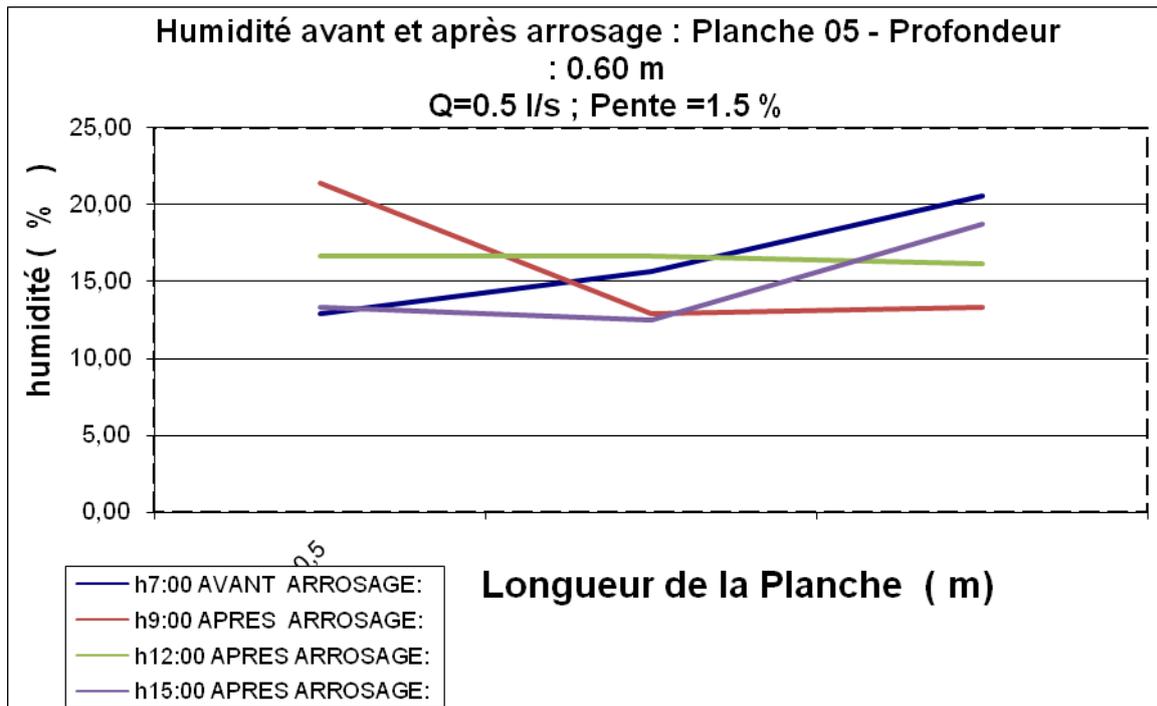


Figure III.56: humidité avant et après arrosage: planche 5 – profondeur: 0.60m, Q=0.5 l/s , P=1.5% le deuxième jour

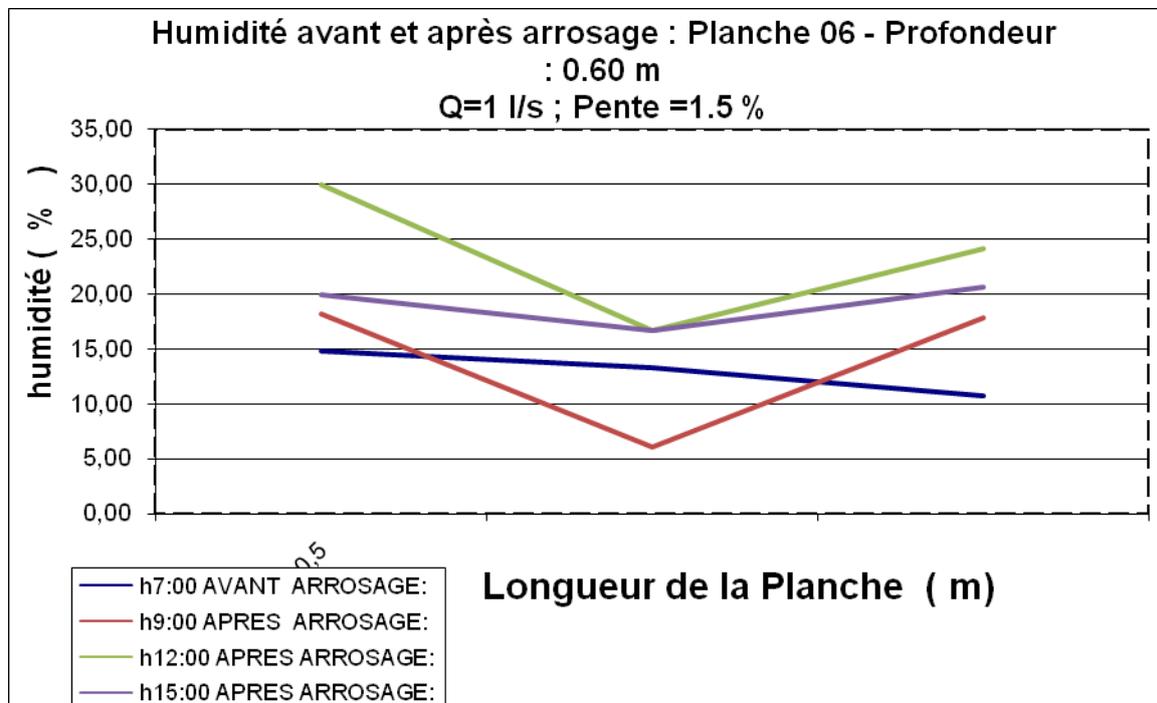


Figure III.57: humidité avant et après arrosage: planche 6 – profondeur: 0.60m, Q=1 l/s , P=1.5% le deuxième jour

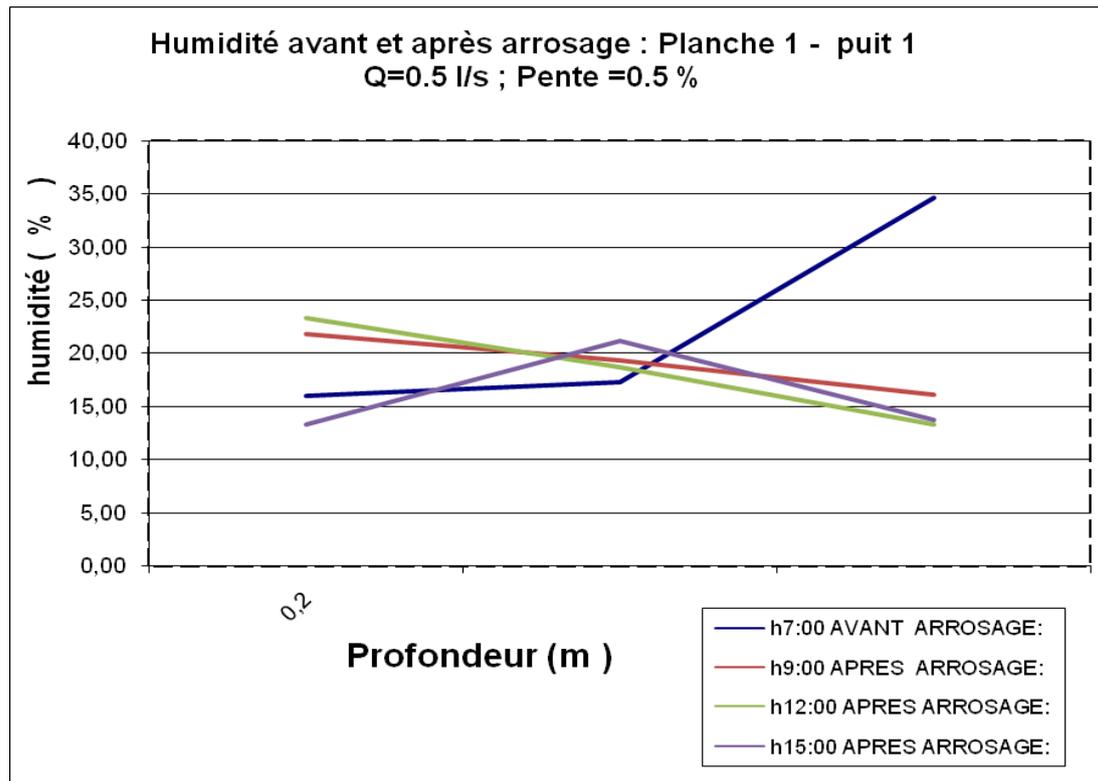


Figure III.58: humidité avant et après arrosage: planche 1 – puit 1: $Q=0.5 \text{ l/s}$, $P=0.5\%$ le deuxième jour

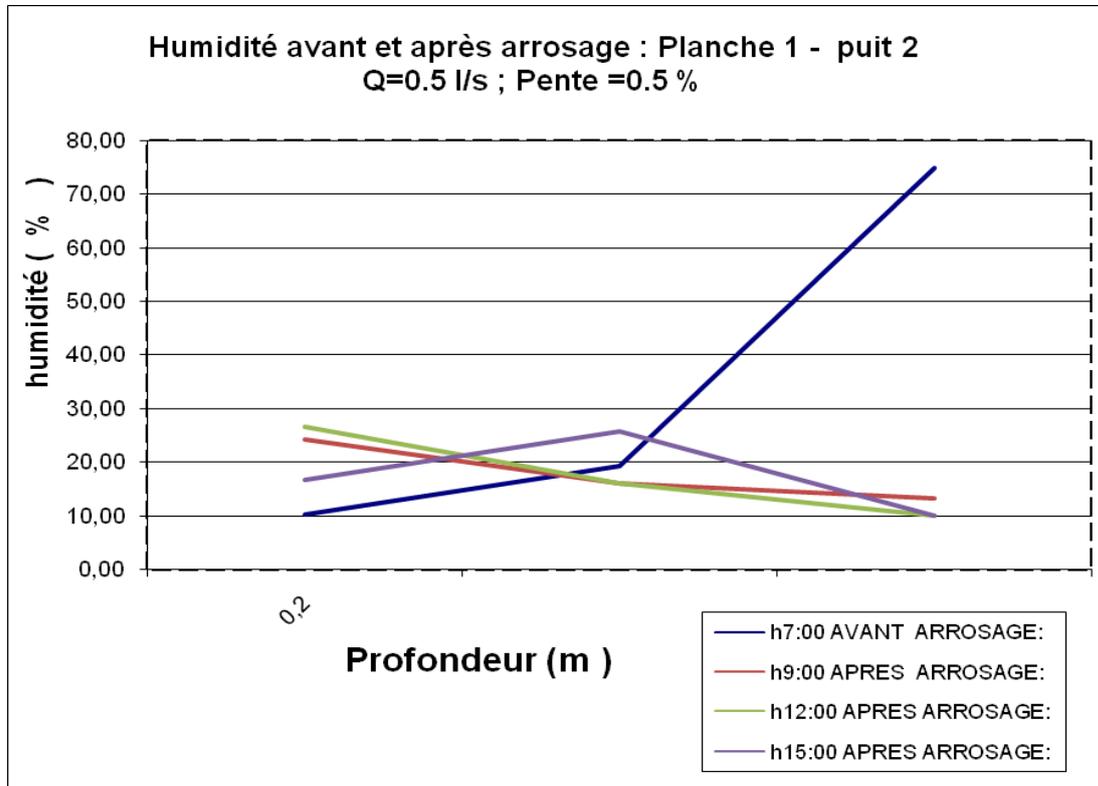


Figure III.59: humidité avant et après arrosage: planche 1 – puit 2: $Q=0.5 \text{ l/s}$, $P=0.5\%$ le deuxième jour

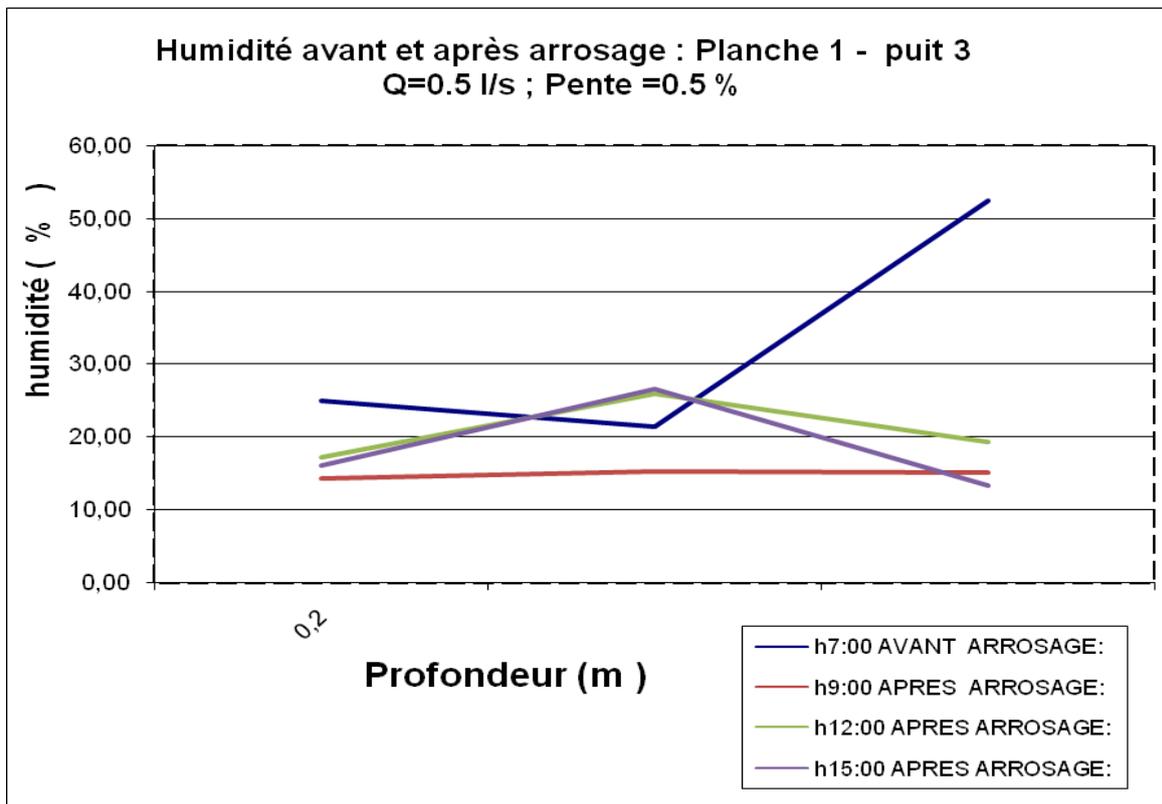


Figure III.60: humidité avant et après arrosage: planche 1 – puit 3: Q=0.5 l/s , P=0.5% le deuxième jour

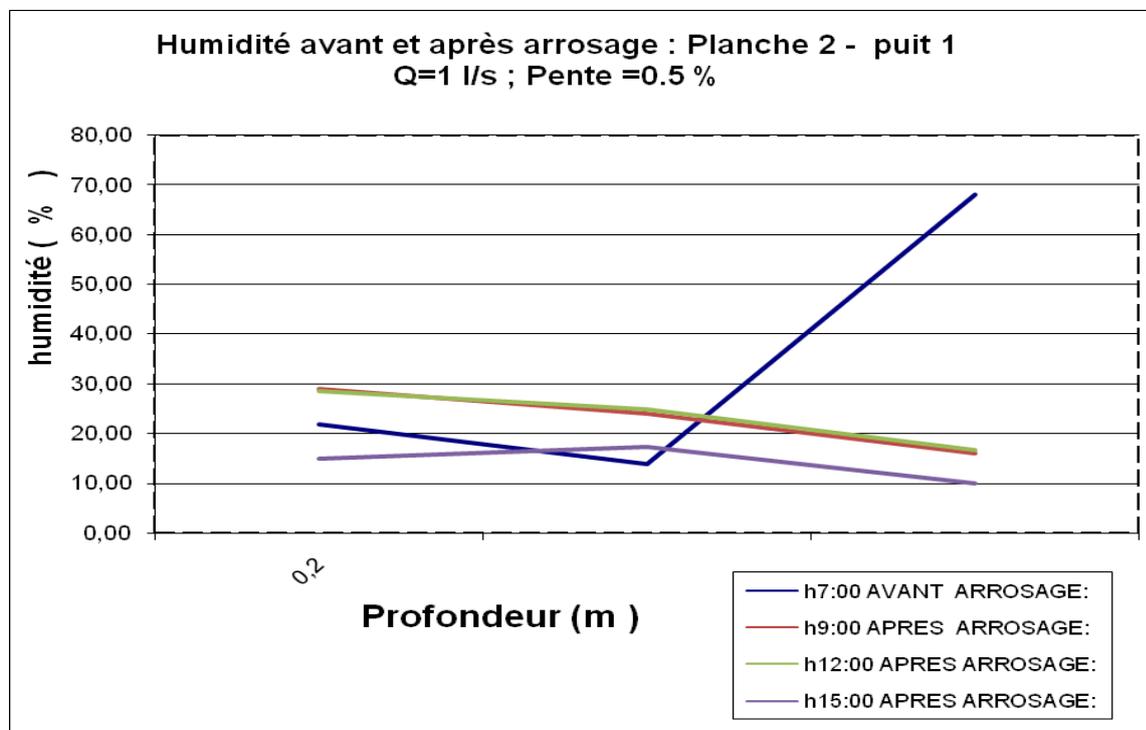


Figure III.61: humidité avant et après arrosage: planche 2 – puit 1: Q=1 l/s , P=0.5% le deuxième jour

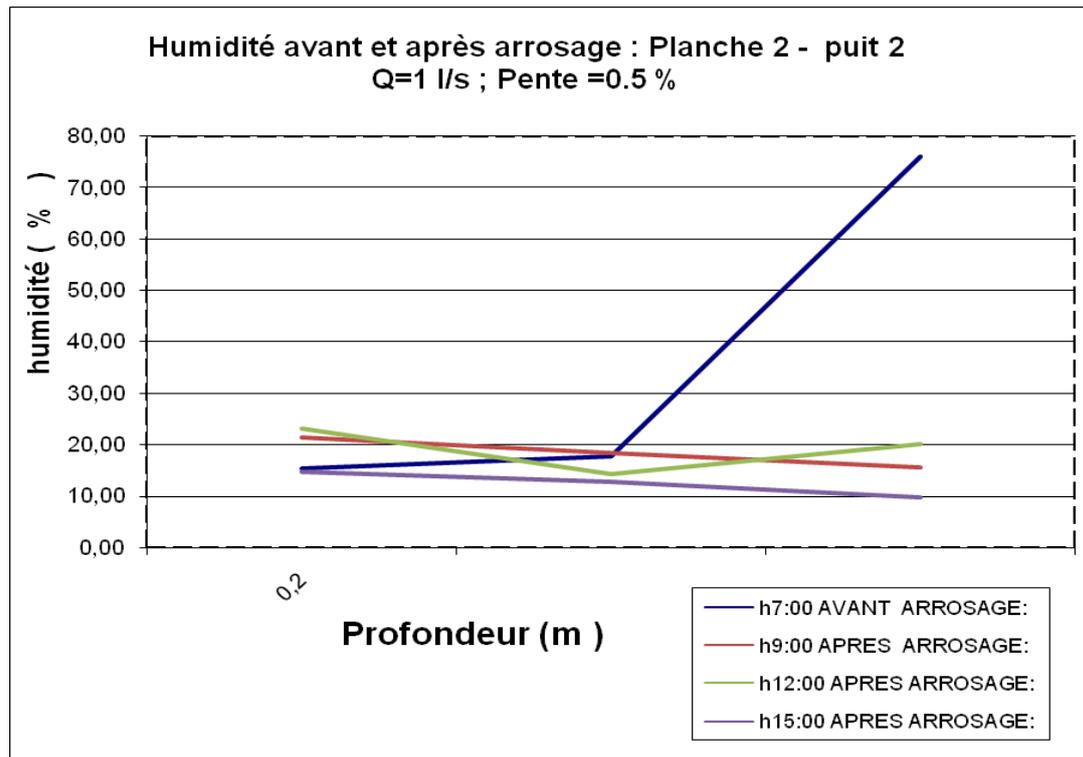


Figure III.62: humidité avant et après arrosage: planche 2 – puit 2: Q=1 l/s , P=0.5% le deuxième jour

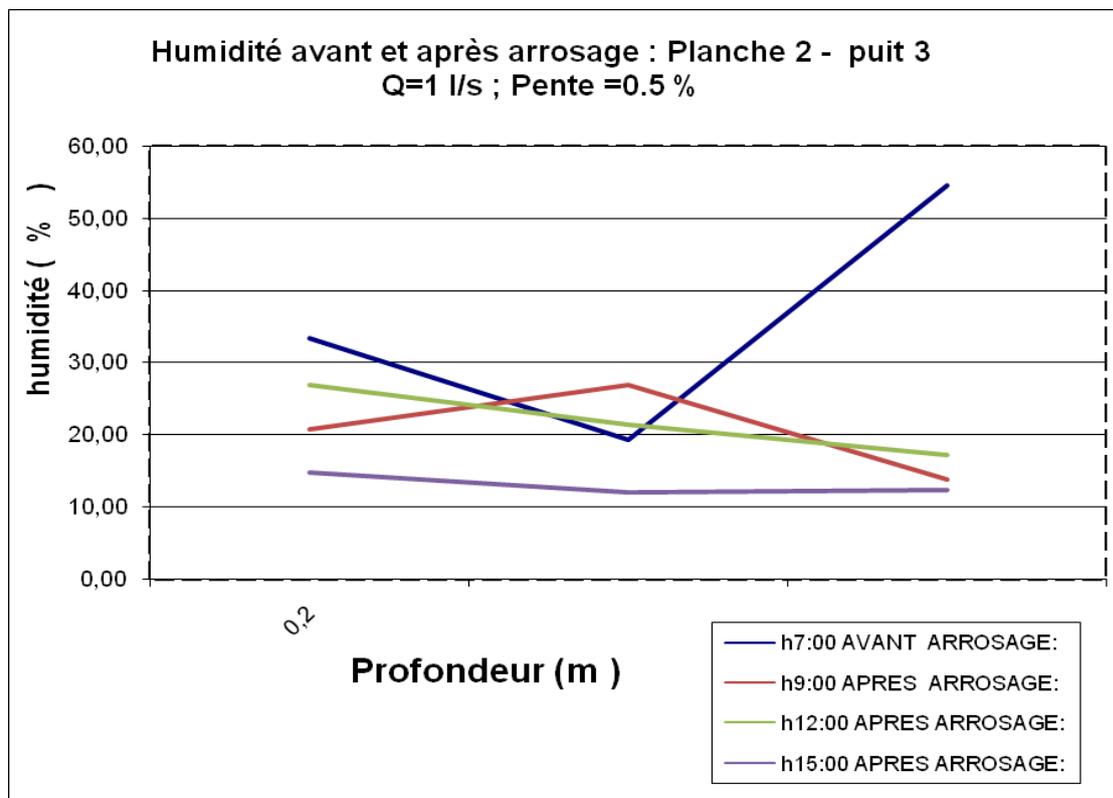


Figure III.63: humidité avant et après arrosage: planche 2 – puit 3: Q=1 l/s , P=0.5% le deuxième jour

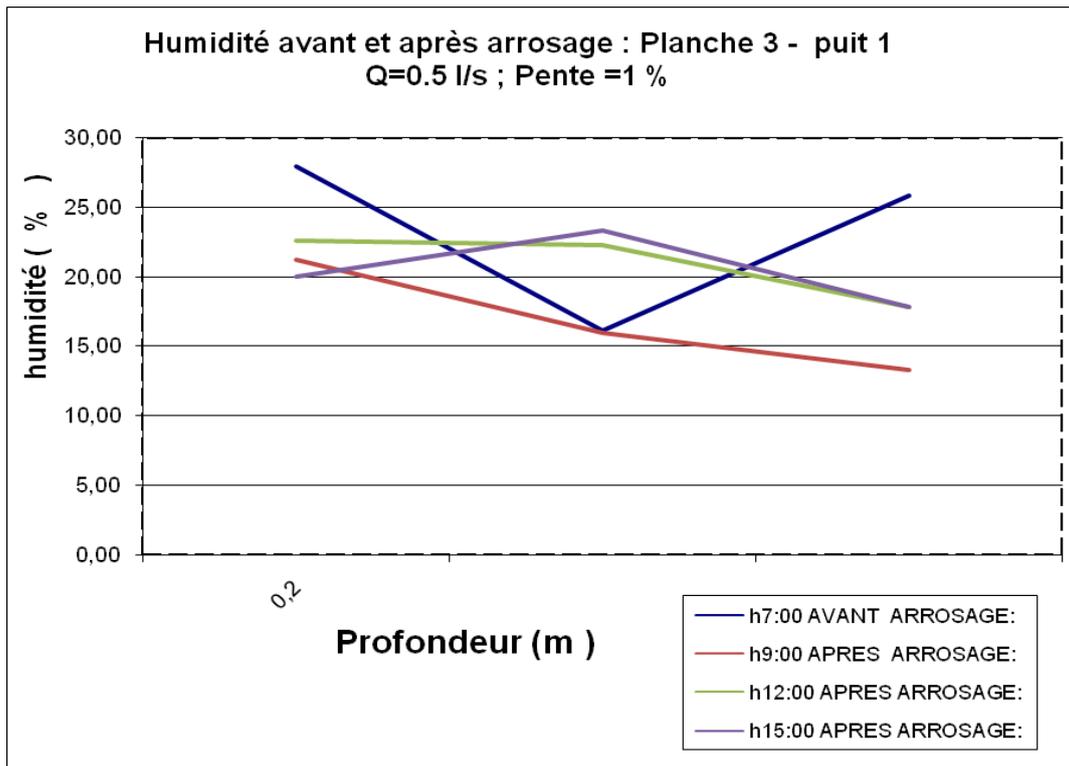


Figure III.64: humidité avant et après arrosage: planche 3 – puit 1: Q=0.5 l/s , P=1% le deuxième jour

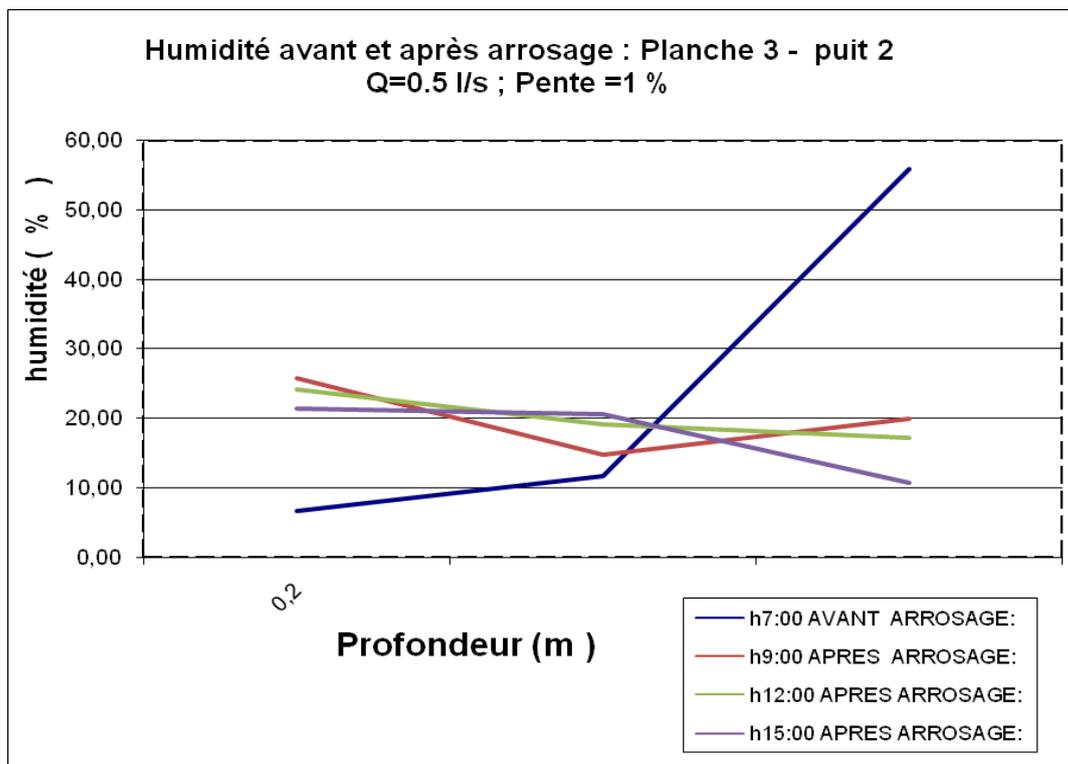


Figure III.65: humidité avant et après arrosage: planche 3 – puit 2: Q=0.5 l/s , P=1% le deuxième jour

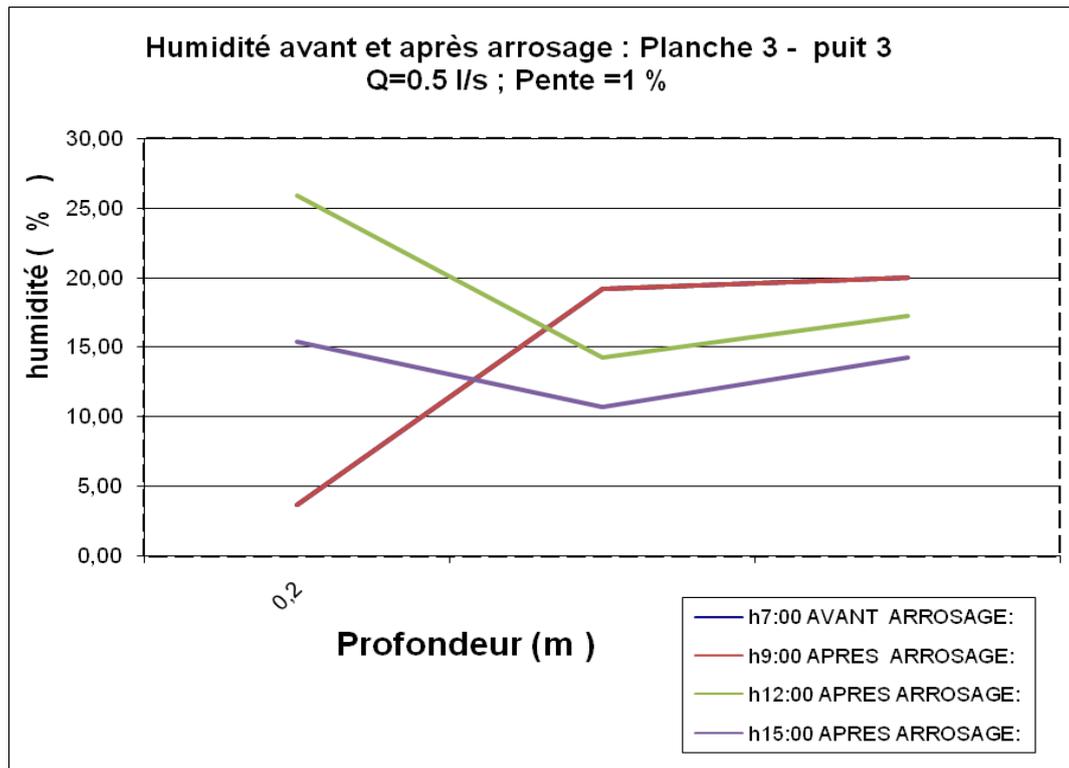


Figure III.66: humidité avant et après arrosage: planche 3 – puit 3: Q=0.5 l/s , P=1% le deuxième jour

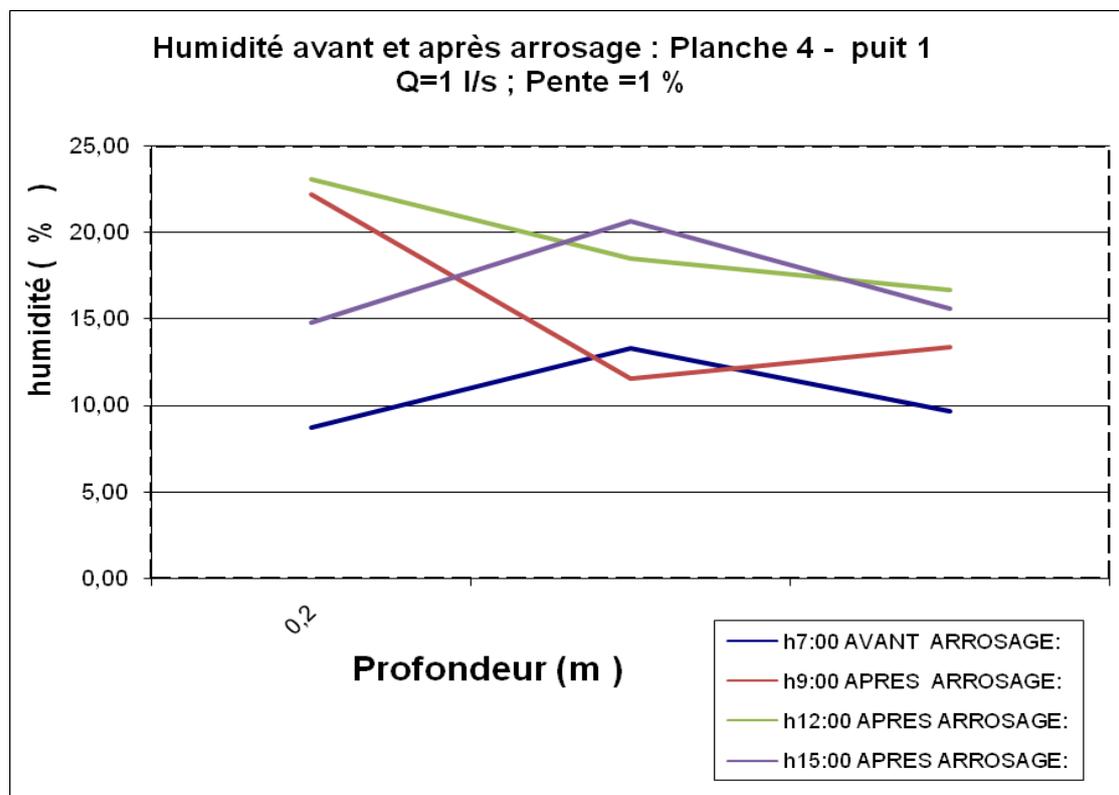


Figure III.67: humidité avant et après arrosage: planche 4 – puit 1: Q=1 l/s , P=1% le deuxième jour

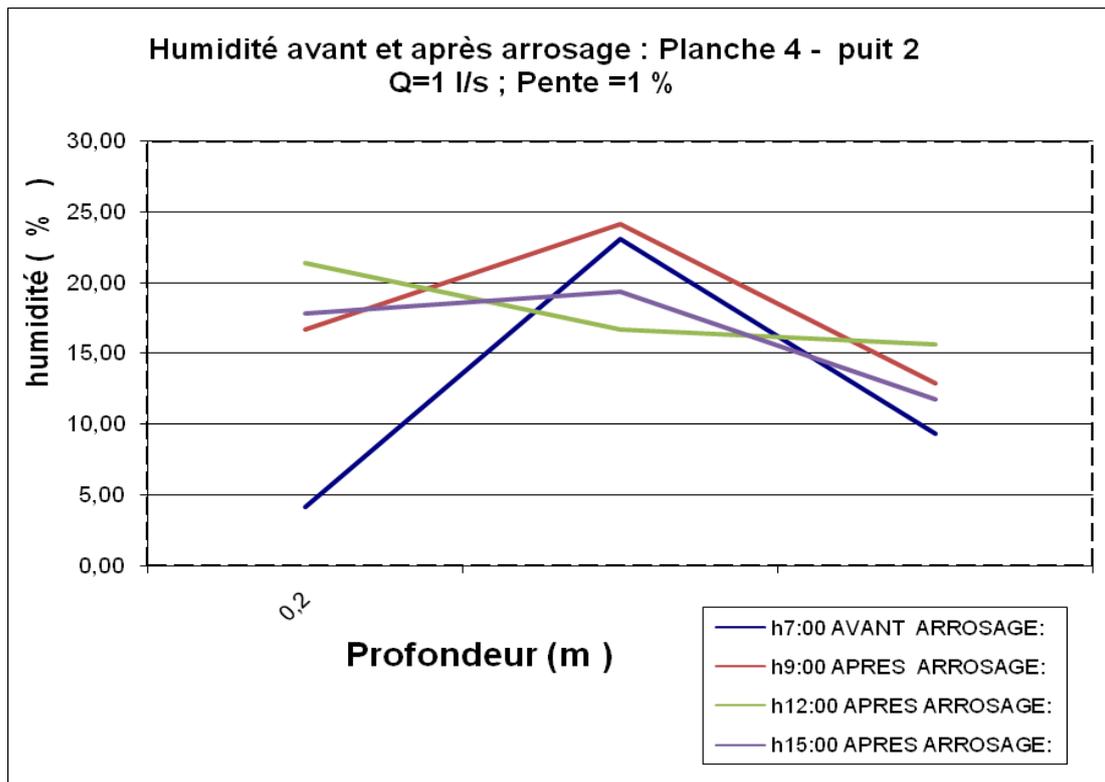


Figure III.68: humidité avant et après arrosage: planche 4 – puit 2: Q=1 l/s , P=1% le

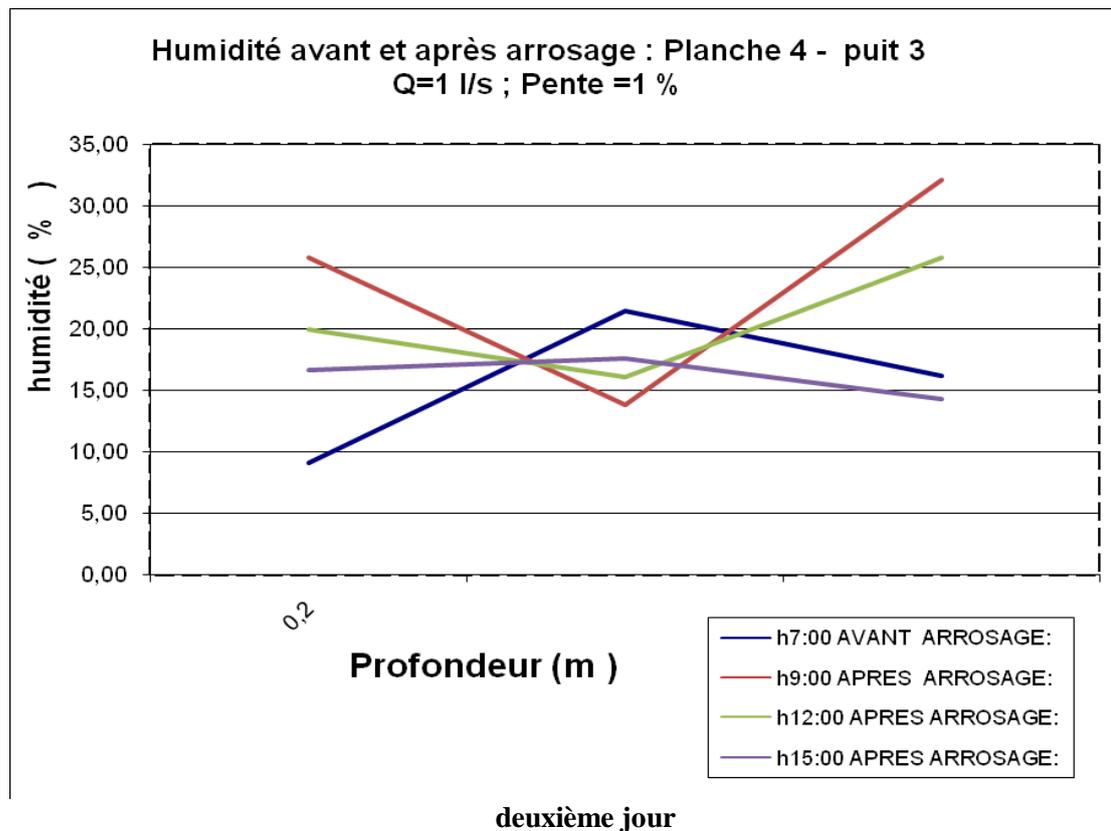


Figure III.69: humidité avant et après arrosage: planche 4 – puit 3: Q=1 l/s , P=1% le deuxième jour

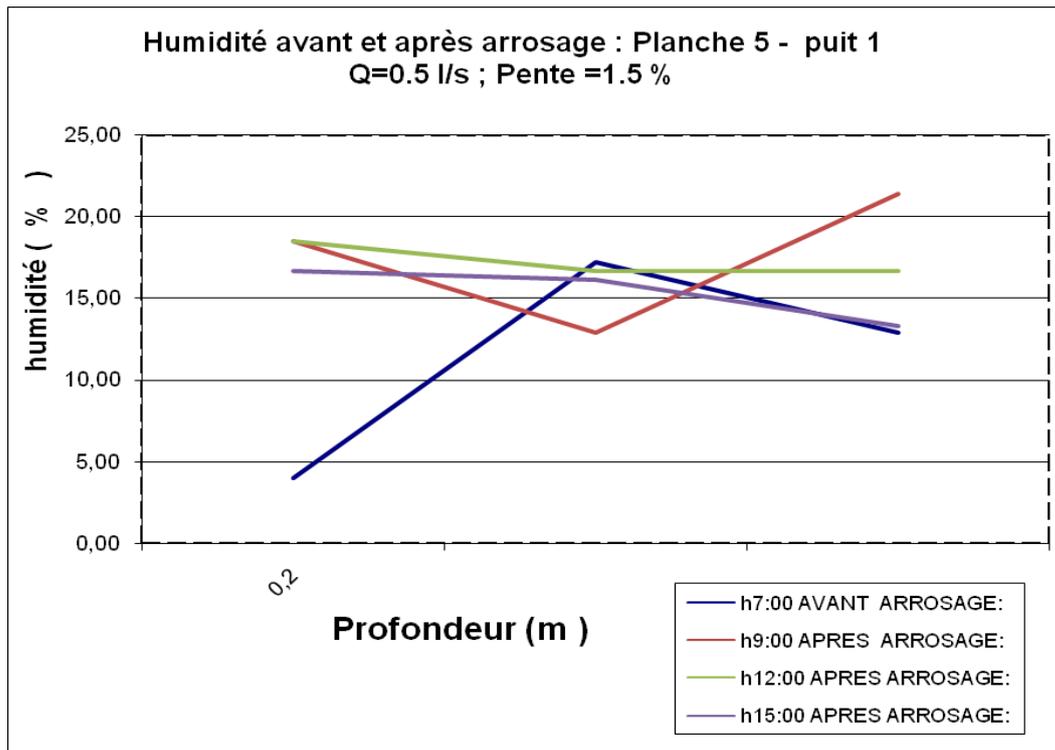


Figure III.70: humidité avant et après arrosage: planche5–puits 1: Q=0.5 l/s , P=1.5% le deuxième jour

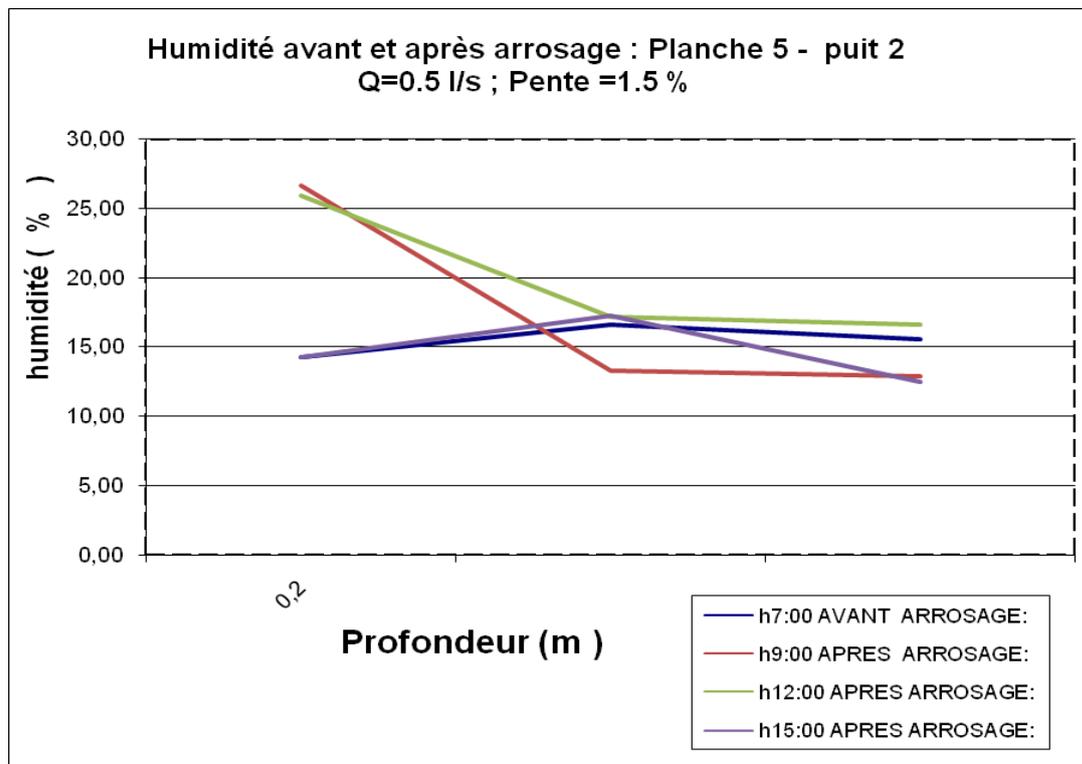


Figure III.71: humidité avant et après arrosage: planche5–puits 2: Q=0.5 l/s , P=1.5% le deuxième jour

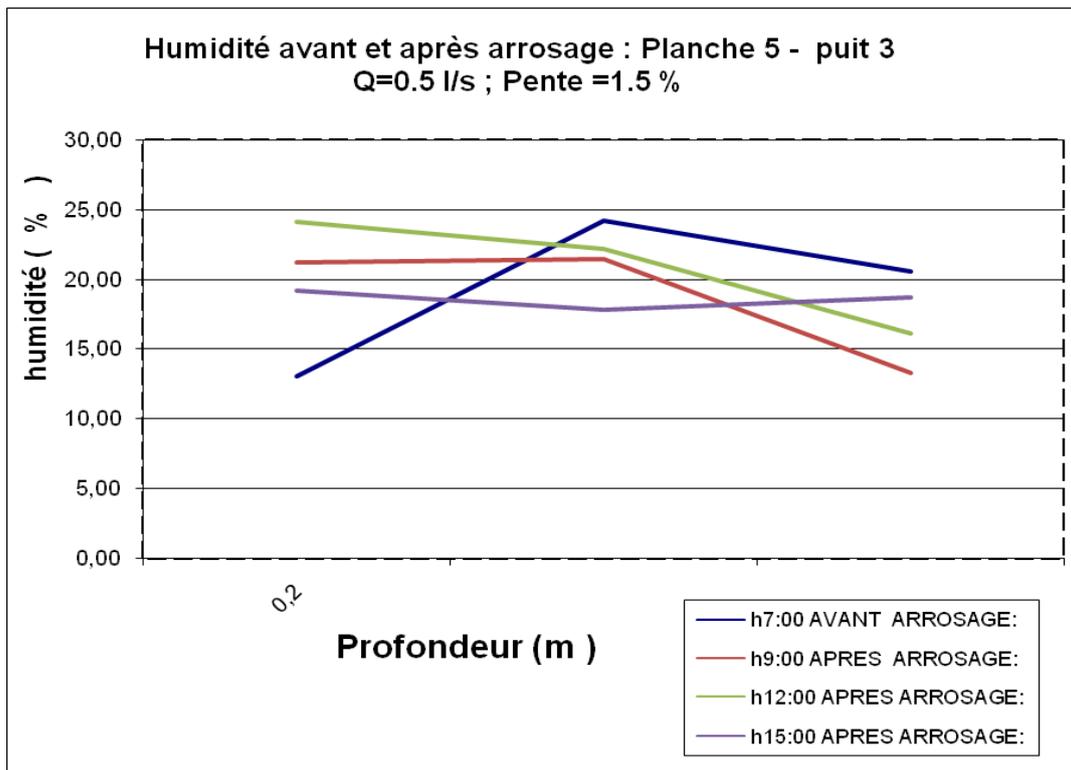


Figure III.72: humidité avant et après arrosage: planche5–puits 3: Q=0.5 l/s , P=1.5% le deuxième jour

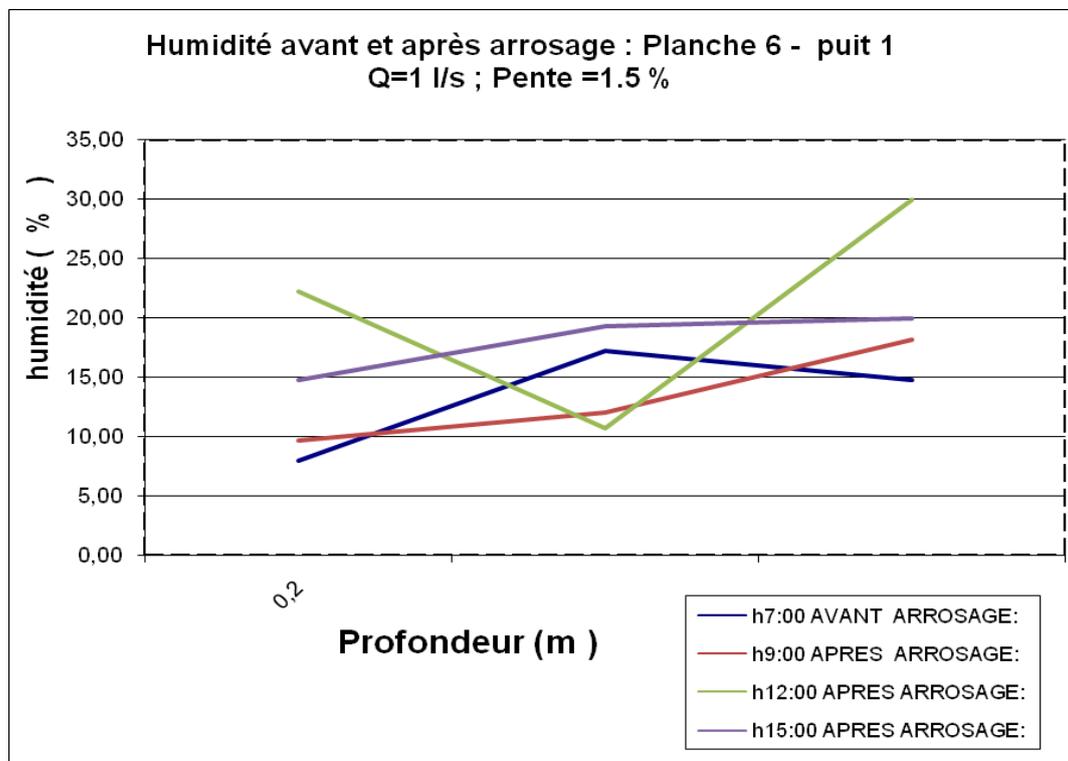


Figure III.73: humidité avant et après arrosage: planche 6 – Puit 1: Q=1 l/s , P=1.5% le deuxième jour

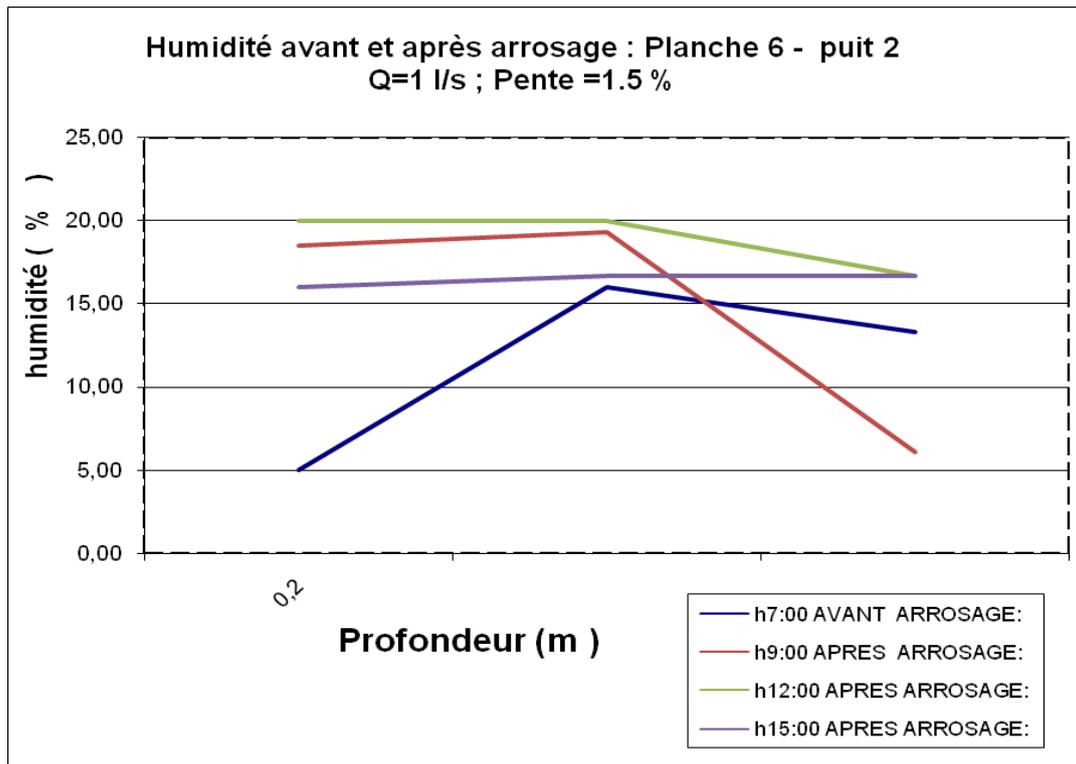


Figure III.74: humidité avant et après arrosage: planche 6 – puit 2: Q=1 l/s , P=1.5% le deuxième jour

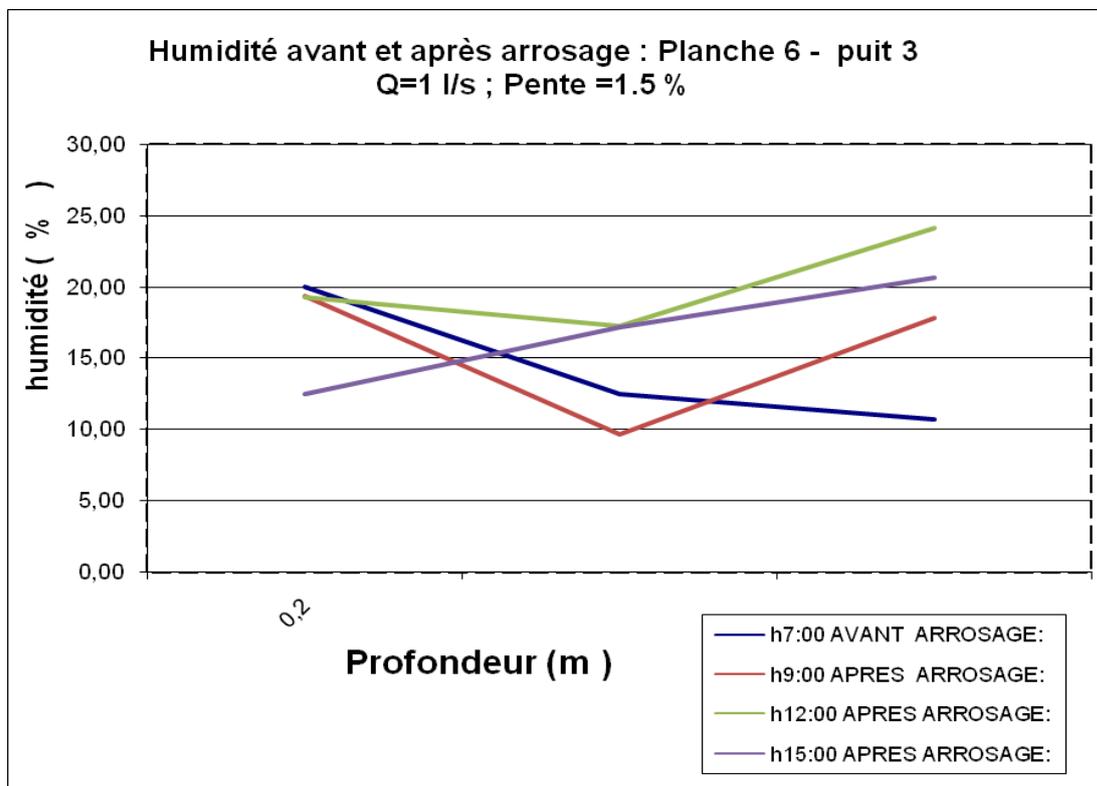


Figure III.75: humidité avant et après arrosage: planche 6 – puit 3: Q=1 l/s , P=1.5% le deuxième jour

III-7 La résultats et analyse:

Remarque en raison du fait que la longueur de la planche est très courte, de même, les conditions n'étaient pas idéales, car les résultats obtenus n'étaient pas idéaux, ils étaient confinés à un intervalle étroit comme s'ils étaient une valeur.

III-7.1 Observations:

1- le sol dans la circonstance de la différence de jours entre l'arrosage et l'autre maintient une humidité importante, ce qui signifie que la terre est bonne pour l'agriculture en termes de rétention d'eau.

2- il est évident qu'il ya une différence d'humidité avant et après l'arrosage et l'humidité baisse du niveau du sol à la profondeur.

III-7.2 Etude de l'uniformité de la répartition de l'humidité:

Il ressort des tableaux et graphiques que:

- L'humidité diminue de l'amont à l'aval en surface en faible pente et vice vers dans les pentes plus nombreuses.

- L'humidité augmente de l'amont à l'aval dans la grande pente et sa répartition est irrégulière c'est pour l'uniformité de l'humidité dans les petites planches, peut prendre:

$Q \in [0.5l/s \quad 1l/s [$

$P \in] 0\% \quad 0.5\%]$

- Dans la pente moyenne, la répartition de l'humidité est semi-uniforme avec son augmentation de l'humidité à l'aval en raison de la pente.

En faible inclinaison et débit moyen à important, la répartition de l'humidité est moins uniforme.

- En cas de faible inclinaison et de faible débit, la répartition de l'humidité est presque bien uniforme.

III-8 Discussion:

Nous avons calculé l'humidité pour chaque type de panneau et tracé des graphiques d'humidité le long du panneau.

Nous avons conclu de cette étude que nous obtenons une bonne répartition de l'humidité dans de petites plaques jusqu'à 60 cm dans le cas de faible inclinaison et de faible débit également.

La dernière étape consiste à déterminer l'humidité de manière empirique, pour cela nous avons déterminé les niveaux d'humidité du sol avant et après chaque irrigation le long de chaque dalle jusqu'à une profondeur de 60 cm.

Les graphiques et tableaux montrent que l'humidité diminue de la source vers le fond et que la surface est en légère pente et vice versa sur les pentes les plus nombreuses.

L'humidité va du haut de la source vers le bas dans la grande pente et sa répartition est inégale. Notre étude était limitée à 6 groupes:

Nous avons modifié le débit de 0,5, 1 L/sec, pour chaque débit 3 plaques.

-Nous avons changé la pente (0,5, 1, 1,5%) d'une pente tous les deux étages tout en conservant la longueur des panneaux (3m, 0,5m).

Il a également été noté que la longueur de la plaque est très courte, et de même les conditions n'étaient pas idéales, car les résultats obtenus n'étaient pas idéaux, ils étaient limités à une période de temps étroite comme si c'était une valeur.

Cette étude est avant tout expérimentale et vise à répondre à des applications pratiques mais pas dans l'immédiat car il est nécessaire de poursuivre les expérimentations avec plusieurs autres groupes.

III-9 Conclusion:

A travers les résultats que nous avons obtenus, nous constatons qu'en petites planches on obtient une bonne répartition de l'humidité jusqu'à une profondeur de 60 cm en cas de faible inclinaison et de faible débit également

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

L'irrigation est le pilier de l'agriculture . les quantités, les résultats, et les prévisions avec information sont sujettes à flexibilité il n'ya pas de miracle dans les solutions car il ya plusieurs facteurs qui interfèrent dans l'étude, et avec elle la méfiance grandit.

Le but de ce travail est d'obtenir une bonne compréhension de la répartition de l'humidité dans le sol dans le cas d'une irrigation par planche courtes en connaissant la meilleure plage de (débit – pente) afin d'obtenir une répartition uniforme de l'humidité le long de la longueur des planche courtes l'étape principale de ce travail consistait à déterminer les niveaux d'humidité du sol avant et après arrosage le long de la planche à une profondeur de 0.6 m .

Les graphiques d'humidité ont montré que les planche avec moins de pente et moins de débit donnent de meilleurs résultats que les autres.

Dans notre étude, nos expériences ont été limitées à 06 groupes.

On a changé le débit (0.5 l/s , 1l/s)

Pour une longueur fixe de 3m, puis on a changé la pente chaque débit (0.5% ,1% , 1.5%) ,puis on a prélevé des échantillons de sol à un niveau 0.2m, 0.40m, 0.60m à distance 0.5m, 1.5m, 2.5m et tout ca avant et après arrosage.

Cette étude est avant tout expérimentale et a pour ambition de répondre à des applications pratiques mais pas immédiatement car il est nécessaire de poursuivre les expérimentations avec plusieurs autres combinaisons.

REFERENCES

Références

- 1-FAO, 2008** : FAO, 2008. Manuel des techniques d'irrigation sous pression. Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture Rome 2008 ; 279p.
- 2-EAE, 2004** : li:AE, 2008. Equipement de recherche pour la Gestion de l'irrigation 11p. Consulté sur www.eijkelkamp.com le 28 Août 2017.
- 3-FAD 2008** : formation continue A Distance.
- 4-DRDA 2008** : DRDA, 2008. Manuel d'irrigation goutte à goutte dans la région de Zinder ; 20p.
- 5-MERMOUD A, 2004** : Cour de micro irrigation; Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, (EPFL) Institut des Sciences et Technologiques de l'Environnement 1Laboratoire d'Hydrologie et Aménagements;
- 6-Darcy, H., 1856** : Les fontaines publiques de la ville de Dijon. Dalmont Paris.
- 7-Escorihuela, M.-J., Y. Kerr, P. de Rosnay, J.-P. Wigneron, J.-C. Calvet, and F. Lemaître, 2006** : A simple model of the bare soil microwave emission at L-band. *IEEE Trans. Geosc. Remote Sens.*, 45(7), 1978–1987.
- 8-Koster, R. D., P. Dirmeyer, Z. Guo, G. Bonan, P. Cox, C. Gordon, S. Kanae, E. Kowalczyk, D. Lawrence, P. Liu, C. Lu, S. Malyshev, B. McAvaney, K. Mitchell, D. Mocko, T. Oki, K. Oleson, A. Pitman, Y. Sud, C. Taylor, D. Verseghy, R. Vasic, Y. Xue, and T. Yamada, 2004** : Regions of strong coupling between soil moisture and precipitation. *Sciences*, 305(5687), 1138–1140.
- 9-Hillel, A., 1988**: L'Eau et le Sol Principes et processus Physiques. Université catholique de Louvain.
- 10-Walker, B., C. S. Holling, S. R. Carpenter, and A. Kinzig. 2004.** Resilience, adaptability and transformability in social–ecological systems. *Ecology and Society* 9(2): 5. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss2/art5/>
- 11-Dandet and Vachaud 1977**, la mesure neutronique du stock d'eau du sol et ses variations application à la détermination du bilan hydrique. *Ann. Agron.* 28(5). pp.503-519.
- 12-Dalila BENLARBI, 2003**: Evaluation de l'infiltration dans l'irrigation par planches dans la région de Ouargla.
- 13-Zerouali Faicel 2015**: Estimation de l'humidité du sol d'un périmètre irrigué à partir d'images satellitaires.
- 14-YE Dofindoubê Victor** : Conception, installation et évaluation d'un système

d'irrigation goutte à goutte pour la production de légumes dans le village de Sonsogona.

15-C. Brouwer : Institut international pour l'amélioration et la mise en valeur des terres (Gestion des réseaux en irrigation Méthodes d'irrigation).

16-Dr Essam Shoukry El Khoury: Méthodes de détermination de la teneur en eau du sol et du stress hydrique.