

Réalisation d'une chambre de culture à faible coût pour la conduite d'une plante horticole exigeante en lumière

Philippe Morel¹, Gilles Galopin¹, Wahiba Boutebtoub¹, Rémi Gardet², Anne Laquerre²

Résumé : *Les expérimentations sur plantes cultivées en pot sont souvent réalisées sous serre, type d'abri qui ne garantit pas la régularité des températures et de l'éclairement. Par ailleurs, certaines espèces exigent un niveau d'éclairement élevé pour une croissance satisfaisante. A priori, une chambre de culture est mieux adaptée qu'une serre pour obtenir des conditions climatiques régulières. Cependant c'est un équipement représentant un lourd investissement et pas toujours envisageable rapidement sur un site expérimental. Pour répondre à ces contraintes, sur le site expérimental d'Agrocampus Ouest d'Angers, nous avons construit une enceinte de culture dans un compartiment de serre, en utilisant directement une partie de ses équipements d'origine, en particulier un système de rafraîchissement de l'air. Malgré une construction assez rustique, nous avons réalisé dans cette enceinte pendant trois ans plusieurs expérimentations sur une plante horticole exigeante, Mandevilla sanderi, avec une bonne maîtrise de la température et un fort rayonnement lumineux.*

Mots-clés: plante ornementale, enceinte climatique, éclairage, contraintes climatiques



Photo © Wahiba Boutebtoub/Inra

Intérieur de la chambre de culture avec la tablette portant les pots de Mandevilla sanderi et les sondes de mesures climatiques (température, hygrométrie et rayonnement)

¹ UMR462 Sciences agronomiques appliquées à l'horticulture SAGAH INRA-INH-Univ. Angers F-49071 Beaucouzé, ✉ Philippe.Morel@angers.inra.fr

² Agro Campus Ouest - 2 rue Le Nôtre- F-49000 Angers

Introduction

En production comme en recherche, la maîtrise des facteurs climatiques est un enjeu primordial pour la réussite d'une culture et la qualité scientifique des résultats expérimentaux. Les équipements habituellement utilisés (serres verre et abris plastiques) protègent les cultures contre les intempéries et assurent un certain contrôle du climat, mais ils sont insuffisants pour s'affranchir réellement des conditions extérieures, en particulier des variations de la lumière et des fortes températures (Wacquart, 2000). Dans un travail de recherche, des expérimentations successives sont nécessaires pour s'assurer d'une bonne reproductibilité des résultats obtenus. En production commerciale de jeunes plants notamment, les conditions de culture doivent être le plus homogène possible sur une longue période de l'année afin de garantir une production régulière, de qualité constante.

Une chambre de culture doit donc répondre à ces deux contraintes : garantir des conditions climatiques précises et les maintenir en permanence, indépendamment de la saison.

La lumière est l'un des facteurs environnementaux les plus importants pour le végétal (Lüttge *et al.*, 1992). C'est à la fois une source d'énergie pour la photosynthèse et un vecteur d'informations agissant sur les réactions physiologiques les plus fines, comme le photopériodisme ou la photo morphogenèse. Le matériel d'éclairage doit donc tenir compte à la fois des exigences de la plante du point de vue quantitatif, avec une intensité lumineuse minimale garantissant une photosynthèse efficace, et point de vue qualitatif en terme de répartition spectrale de la lumière, pour ne pas perturber le développement morphogénétique de la plante. Il est nécessaire de connaître la part relative des longueurs d'onde dans le bleu et le rouge du spectre de la lumière utilisée pour évaluer une éventuelle distorsion préjudiciable au développement de la plante. La température est un autre facteur essentiel à la croissance de la plante et relativement plus facile à maîtriser. De plus, l'installation doit évacuer correctement la chaleur émise par le système d'éclairage, les lampes habituellement utilisées ayant un rendement lumineux assez faible, se traduisant par une forte émission d'énergie thermique. On considère aussi d'autres facteurs comme l'hygrométrie ou la concentration en CO₂ qui n'ont pas fait l'objet d'équipements particuliers dans cette étude, car nous avons considéré l'introduction d'air extérieur comme suffisante pour stabiliser ces paramètres.

Le choix de réaliser une chambre de culture repose donc sur la prise en compte de critères scientifiques objectifs, en particulier une meilleure maîtrise des paramètres climatiques avec une précision définie et une culture suffisante de plantes pour une bonne fiabilité statistique ; mais des critères financiers interviennent aussi, car ce type d'équipements peut être très onéreux. Afin de concilier ces deux impératifs, à l'unité Sciences agronomiques appliquées à l'horticulture d'Angers, nous avons tenté de construire une chambre de culture avec un minimum de moyens technologiques, en partant des équipements existants dans une serre verre bien équipée, l'objectif n'étant pas de pérenniser cet outil mais de l'adapter au mieux à un programme de recherche aux exigences précises. L'objet de cet article est donc de décrire cet équipement et de montrer comment nous avons pu vérifier qu'il était bien adapté à notre sujet de recherche.

1. Matériel et méthode

La chambre de culture est installée à l'intérieur d'une serre en verre horticole de 100 m² (10 × 10 m) orientée Nord-Sud. La serre est blanchie afin de réduire l'ensoleillement et un échauffement excessif. La chambre mesure 10 m² (4 × 2,50 m) au sol et 2,70 m en hauteur. Elle est disposée sur une dalle bétonnée. Les parois de la chambre sont constituées de deux

films de polyéthylène opaque, à parois blanches, fixés sur une armature métallique. Ces parois sont percées en partie haute de 7 trous d'aération (15 × 15 cm) qui permettent le renouvellement de l'air dans la chambre et de contrôler la surpression provoquée par le système d'aération. Des rabats en polyéthylène sont fixés au dessus de ces ouvertures pour les refermer partiellement sans bloquer le flux d'air.



Photo © Wahiba Boutebtoub/Inra

Vue d'ensemble de la chambre de culture installée dans un compartiment de serre

La chambre se divise en deux compartiments, l'un situé en partie inférieure où sont cultivées les plantes, l'autre dans la partie haute où est placé le système d'éclairage.

Dans le compartiment « plantes », d'une hauteur de 2 mètres, est installée au centre une tablette de culture de 4,5 m² (1,5 × x 2,50 m). Elle est alimentée en solution nutritive par un bac de 200L placé à l'extérieur de la chambre. Un système informatisé régule la température à partir d'une sonde placée au centre du compartiment dans un abri ventilé. Quand la température dans la chambre dépasse une valeur définie, un équipement de ventilation placé à l'extérieur de la serre prélève l'air extérieur et l'envoie dans le compartiment « plantes » par une gaine de vinyl souple de 50 cm de diamètre et perforée de 40 trous répartis sur la longueur. Cet air est refroidi, si nécessaire, en passant dans un caisson pourvu de parois poreuses humidifiées (Box Cooling®).

Le compartiment « lampes » est séparé de l'autre par une paroi translucide constituée de panneaux de Poly MethylMeth Acrylate (Plexiglas®) de 16 mm d'épaisseur. Ce matériau transmet 85 % du rayonnement lumineux des lampes, absorbe les UV résiduels et est un bon isolant thermique ; il limite ainsi l'échauffement excessif du compartiment « plantes » (Bordes, 1992).

Le système d'éclairage est constitué de 24 lampes de type halogénure métallique HQI-BT 400 W, OSRAM®. Elles se caractérisent par une bande spectrale dans le bleu 5 fois plus forte que les lampes à vapeur de sodium (Combes D., communication personnelle), une température de couleur de 5 200°K, proche de celle du soleil (5 500-6 000°K) et un indice des rendus des couleurs (IRC-Colour Rendering Index) de 95. Ces lampes sont fixées à 50 cm les unes des autres, à un plafond réflecteur constitué de panneaux en PVC expansé blanc. Ces panneaux sont percés de 3 trous de 2 cm² au niveau de chaque lampe pour assurer un

refroidissement localisé des lampes. Chaque lampe est reliée à un ballast placé à l'extérieur de la chambre de culture pour limiter l'échauffement et permettre un accès direct et rapide. Afin d'éviter une surchauffe de ce compartiment, une ventilation forcée est assurée par l'introduction d'air extérieur à partir d'un dispositif similaire à celui utilisé pour le refroidissement du compartiment "plantes"; l'air frais est introduit d'un côté de la chambre par trois tuyaux de PVC de 20 cm de diamètre et évacué du côté opposé par six tubes de 10 cm.

Un thermostat de sécurité contrôle la température du compartiment "lampes" et arrête automatiquement le fonctionnement des lampes en cas de températures trop élevées (>45°C). Un système d'arrêt d'urgence manuel est mis en place dans le compartiment "plantes".

Pour les premières expérimentations qui se sont déroulées au printemps 2006, aucun système de chauffage n'a été installé. La régularité des températures n'ayant pas été correctement assurée en période nocturne lors de l'hiver 2006-07, un réseau de tuyauterie en polyéthylène transportant de l'eau chaude a été installé sur la dalle. La régulation de ce système était assurée par l'ordinateur climatique pilotant le climat de la chambre.

Avant la mise en place des expérimentations proprement dites, des mesures climatiques ont été réalisées au niveau de la table de culture, sans plante, afin de vérifier l'homogénéité des conditions climatiques obtenues. Elles ont porté sur la température et l'hygrométrie de l'air, mesurées à l'aide de trois abris ventilés. Les sondes étaient connectés à une centrale d'acquisition de données DL2e Data Logger 178/5 de Delta T®, avec un enregistrement toutes les deux minutes.

Pour caractériser la lumière obtenue par le système d'éclairage et évaluer l'homogénéité de la répartition lumineuse, 28 points de mesure ont été repérés sur la table de culture, à une distance de 50 cm les uns des autres (**figure 1**). En chaque point, la mesure du PAR (Photosynthetic Active Radiation) a été réalisée à l'aide d'un photomètre Licor189 (Li-Cor Instruments, USA), déplacé d'un point à l'autre toutes les 2 minutes. A la suite de ces mesures, trois zones correspondant à trois niveaux d'éclairement différents ont été sélectionnées (**figure 1**). Nous avons installé dans chaque zone, des sondes PAR (réalisation Inra Angers) afin de mesurer le rayonnement en continu, à l'aide de la centrale d'acquisition DL2e Data Logger. Dans la zone centrale la plus éclairée, nous avons analysé le spectre lumineux en quatre points (notés P14, P15, P18 et P19), avec un spectrophotomètre Avaspec-2048 Version 5.1 et trois mesures successives pour chaque point.

Nous avons mesuré la vitesse de déplacement de l'air dans la chambre avec un thermo-anémomètre (Wallac GGA-35, ALNOR, Finlande) et pour des débits d'air fixés à 20 %, 25 % et 30 % de la puissance maximale du système de ventilation.

Cette chambre de culture devait accueillir des expérimentations sur *Mandevilla sanderi*, espèce exigeante en température et en lumière. La température optimale pour cette plante se situe entre 20 et 25°C en période ensoleillée (Lannes, communication personnelle). La consigne d'aération de la chambre a donc été fixée à 24°C durant la phase d'éclairement (de 18 h le soir à 10 h le lendemain matin) et à 20°C en phase obscure (de 10 h à 18 h). La croissance des tiges de *Mandevilla* est très dépendante de la lumière reçue. Selon les conditions environnementales, le port de cette plante peut être buissonnant ou grimpant. En conditions de faible intensité lumineuse, les tiges deviennent volubiles pouvant atteindre une taille de 2 à 5 m. La lumière bleue limite la croissance des tiges de *Mandevilla*, évitant la formation de tiges à croissance révolutive (lianes), indésirables en production (Zimmer, 2000). En offrant un spectre équilibré et riche en lumière bleue, les lampes HQI-BT 400W, OSRAM® répondent à ces exigences particulières du *Mandevilla*.

Avant la mise en place des expérimentations portant sur *Mandevilla*, nous avons vérifié les conditions environnementales créées dans la chambre de culture en réalisant une culture d'une espèce à croissance rapide, exigeante en température et en lumière, le pétunia. Nous avons empoté les jeunes plants de Pétunia F1 Grandiflora, cultivar Limbo Rose, en godet de $7 \times 7 \times 8$ cm et nous les avons placés sur la table de culture au niveau des 28 points de mesures climatiques, à raison de 3 plants par point. L'essai a duré 5 semaines. Les mesures ont porté sur le nombre et la longueur des tiges, le nombre de feuilles, le nombre de boutons floraux, le stade de floraison et la biomasse sèche. Nous avons effectué ces mesures en début et en fin d'essai pour évaluer la croissance des plantes.

Une analyse statistique des résultats par ANOVA (ANalysis Of Variance) a été réalisée à l'aide du logiciel StatBox pour mesurer un effet éventuel du facteur "position sur la tablette".

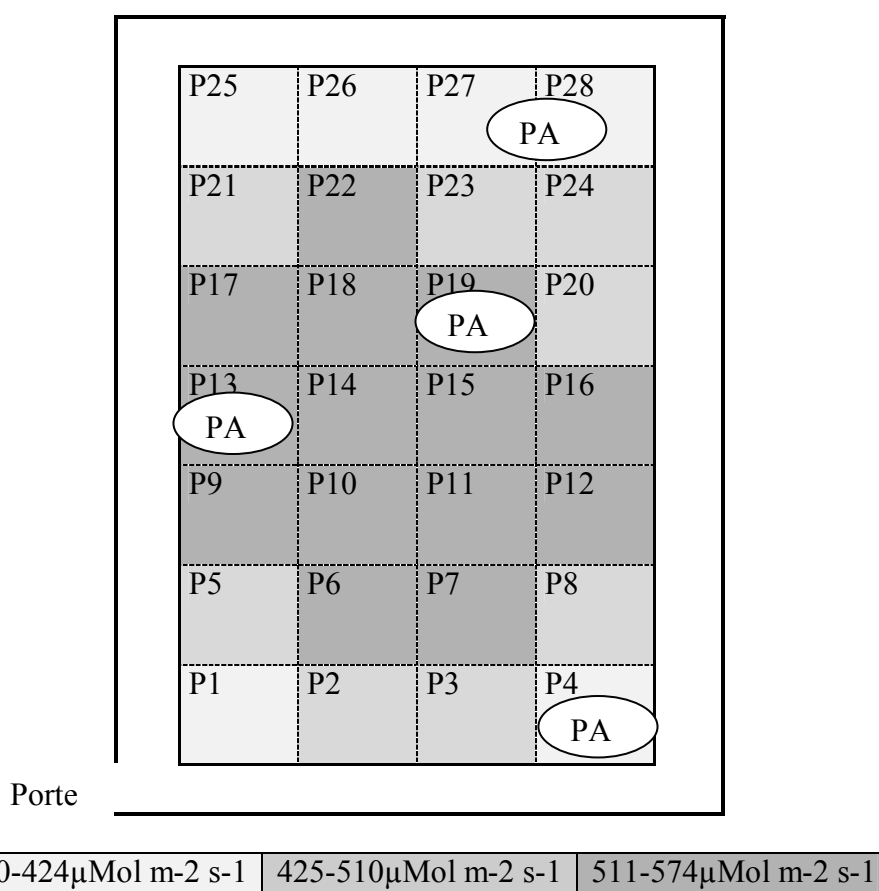


Figure 1: Distribution sur la tablette de culture du PAR en trois niveaux de valeurs croissantes

(du plus clair au plus foncé)

Cartographie établie pour les 28 points d'observation dans une installation neuve.

PA = Position des sondes de mesure du PAR en continu

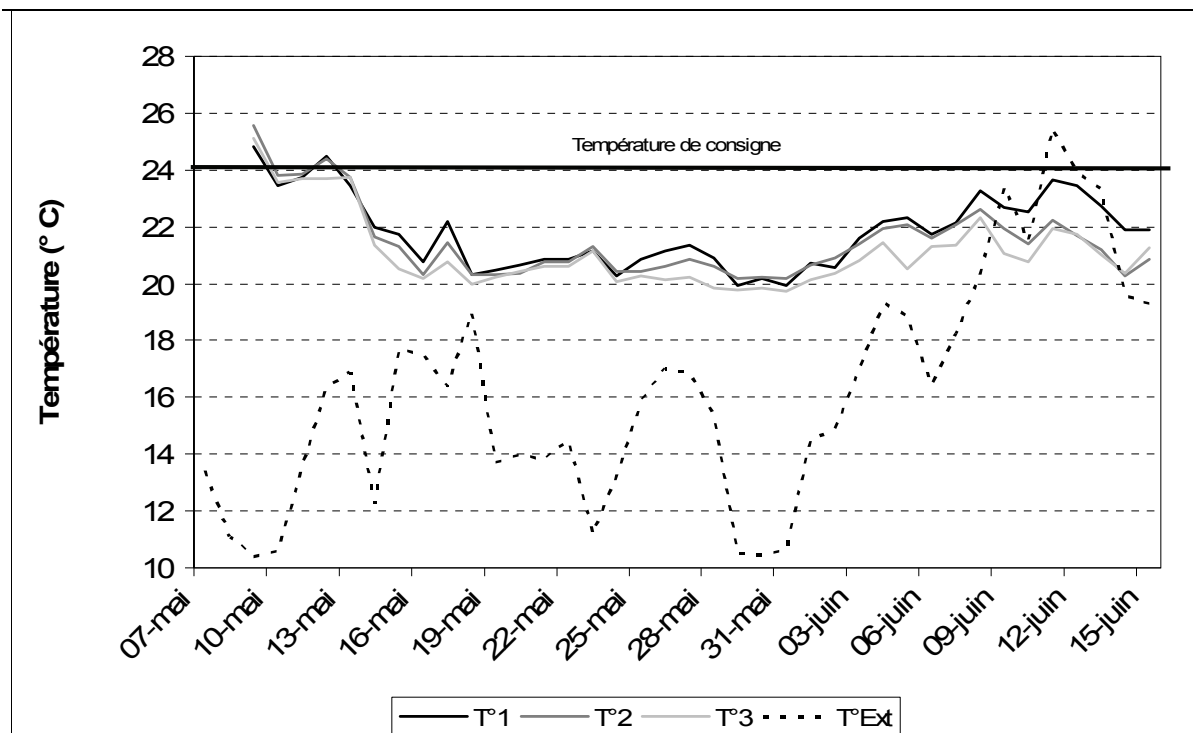


Figure 2 : Evolution de la température moyenne journalière en phase éclairée

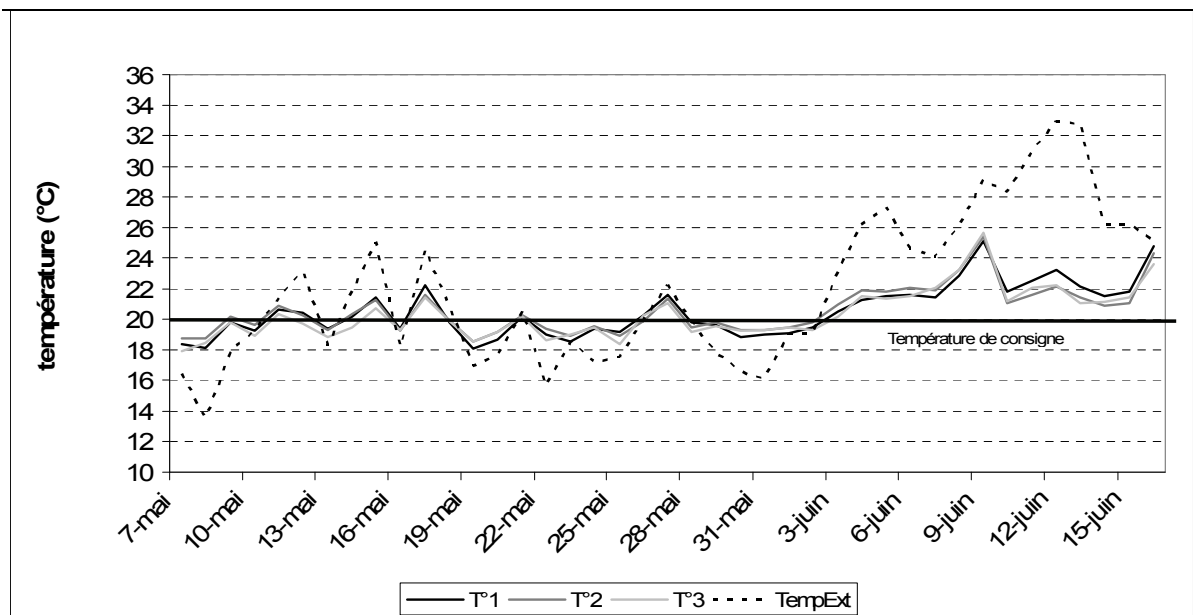


Figure 3: Evolution de la température moyenne journalière en phase obscure

Résultats

La principale période de mesure des paramètres climatiques s'est déroulée au printemps 2006, entre mai et juin. Le risque à cette période était que les températures extérieures et, par voie de conséquence, dans la serre où était installée l'enceinte, soient trop élevées à certains moments de la journée, entraînant un mauvais contrôle de la température dans l'enceinte.

Les **figures 2 et 3** montrent qu'il n'en est rien. Pendant la phase d'éclairage qui se déroule la nuit, donc en période plus fraîche, la température dans l'enceinte se maintient entre 20°C et 24°C, température de mise en route de la ventilation. Pendant la phase obscure, la température moyenne reste stable, autour de la consigne d'aération de 20°C tant que la température extérieure est proche de cette valeur. Quand celle-ci s'élève assez nettement à la mi-juin, pour régulièrement dépasser 25°C, la température dans la chambre s'élève également, mais seulement de 2°C en moyenne. En effet, grâce à la mise en route du système de rafraîchissement de l'air entrant, par Box Cooling®, la température dans l'enceinte a pu être maintenue à une valeur proche de la consigne.

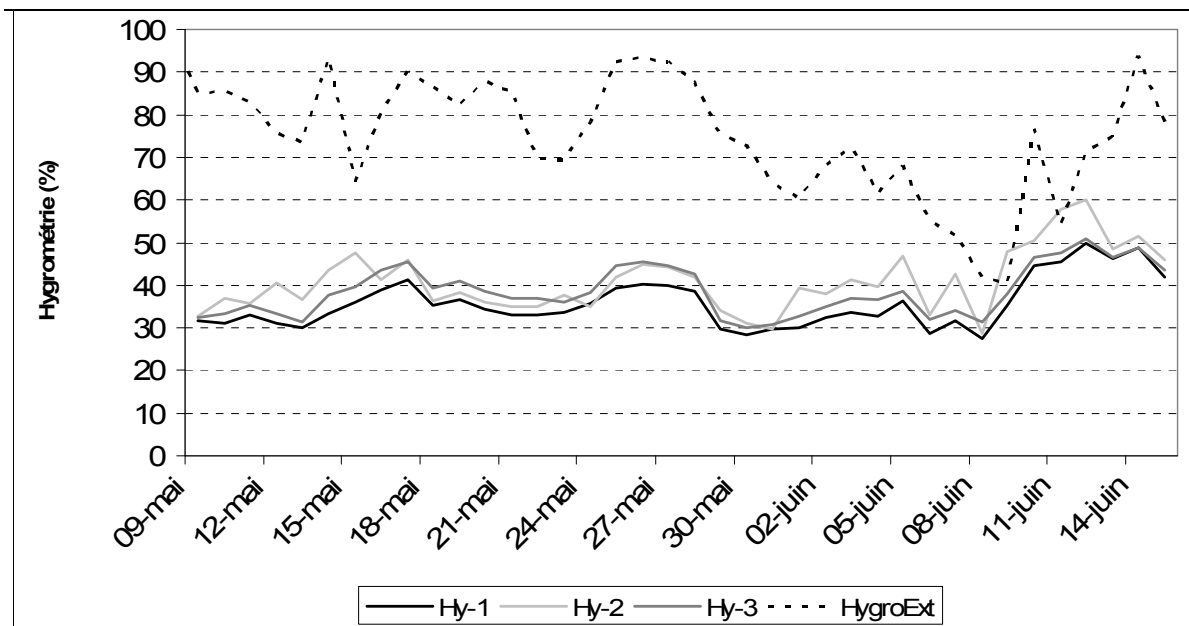


Figure 4 : Evolution de l'hygrométrie moyenne journalière en phase éclairée

Aucun système de pilotage de l'hygrométrie n'avait été prévu dans cet équipement, ce facteur n'ayant pas été jugé prioritaire par rapport à la température et la lumière. Il a donc simplement fait l'objet d'un contrôle continu, sans moyen d'action directe possible. Pendant la phase éclairée, l'hygrométrie mesurée dans l'enceinte est plutôt faible, entre 30 et 40 %, mais très stable (**figure 4**). Rappelons que ces mesures ont été réalisées en l'absence de toute plante, donc sans apport d'eau dû à l'évapotranspiration. Par ailleurs, la température de consigne de ventilation n'étant pas été atteinte la plupart du temps, l'introduction d'air extérieur était limitée.

En revanche, pendant la phase obscure de la chambre, correspondant à la phase diurne extérieure, l'hygrométrie variait beaucoup plus, entre 30 et 60 % (**figure 5**). Cela est dû à la ventilation et à l'introduction d'air extérieur, plus ou moins humide selon le climat de la journée. On peut noter une hygrométrie régulièrement plus élevée, voisine de 60 %, à partir du 9 juin, due au système de rafraîchissement par Box Cooling®.

La vitesse des mouvements d'air mesurée dans l'enceinte est très faible, quelque soit la zone de mesure. Elle varie de 0.1 à 0.4 m.s⁻¹ pour un fonctionnement du système de ventilation correspondant à 20 % de la puissance maximale.

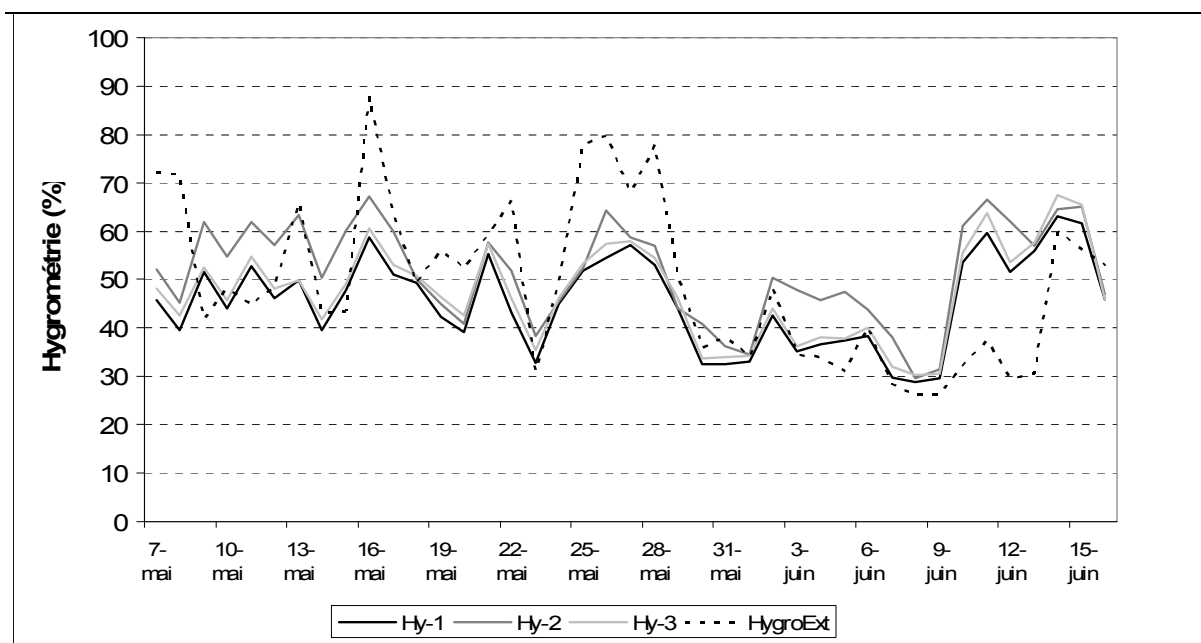


Figure 5 : Evolution de l'hygrométrie moyenne journalière en phase obscure

Le rayonnement PAR mesuré en 28 points au niveau de la tablette de culture, a permis de caractériser la répartition de la lumière dans l'enceinte neuve (avril 2006). Trois zones d'éclairage ont été mises en évidence (**figure 1**). Le rayonnement le plus intense était situé dans la partie centrale de la tablette; les valeurs de PAR étant comprises entre 511 et 574 $\mu\text{Mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Cette zone très favorable représente 50 % de la surface totale. La zone la moins bien éclairée est située dans les angles et à l'une des extrémités de l'enceinte, le rayonnement étant compris entre 380 et 424 $\mu\text{Mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, soit une perte de 24 % par rapport à la zone la plus éclairée. Cette zone représente 21 % de la surface. Entre ces deux zones et à l'autre extrémité de la tablette, se situe une zone intermédiaire, avec un rayonnement compris entre 425 et 510 $\mu\text{Mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Les mêmes mesures ont été réalisées en avril 2008, soit après un an et demi de fonctionnement.

Trois zones d'éclairage croissant ont été à nouveau mises en évidence, mais à des niveaux très inférieurs (**figure 6**). Dans la zone la plus éclairée, le rayonnement mesuré atteint en moyenne 370 $\mu\text{Mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, alors qu'il se situait à 542 $\mu\text{Mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ quand l'installation était neuve, soit une perte de 32 %. La perte relative de lumière est identique pour la zone la moins favorable (32 %), mais elle concerne une surface plus grande (29 %) et le rayonnement moyen obtenu n'est que de 278 $\mu\text{Mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$.

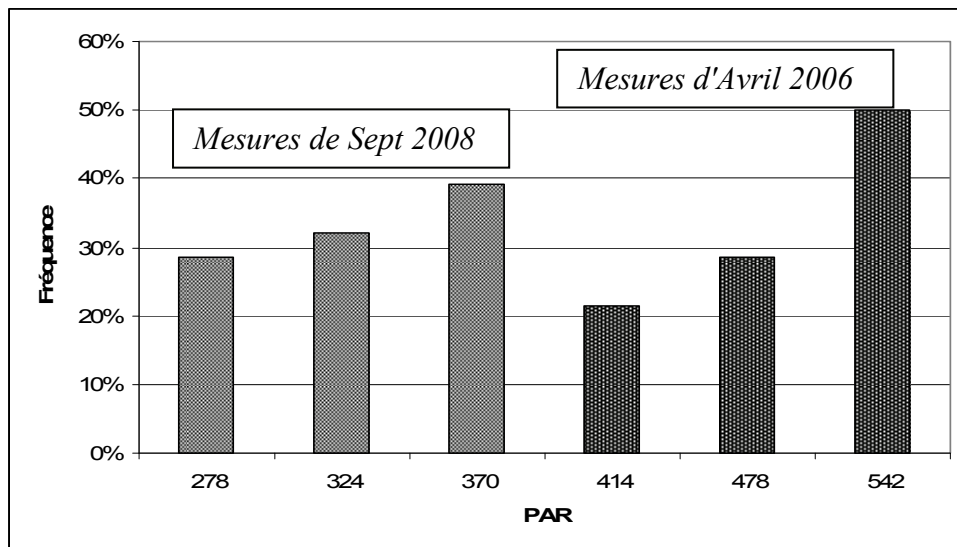


Figure 6 : Distribution du PAR sur la tablette de culture, à deux périodes successives (Avril 2006 et Sept 2008), en trois niveaux de rayonnement croissant par période. Chaque niveau est centré sur la valeur moyenne de la distribution

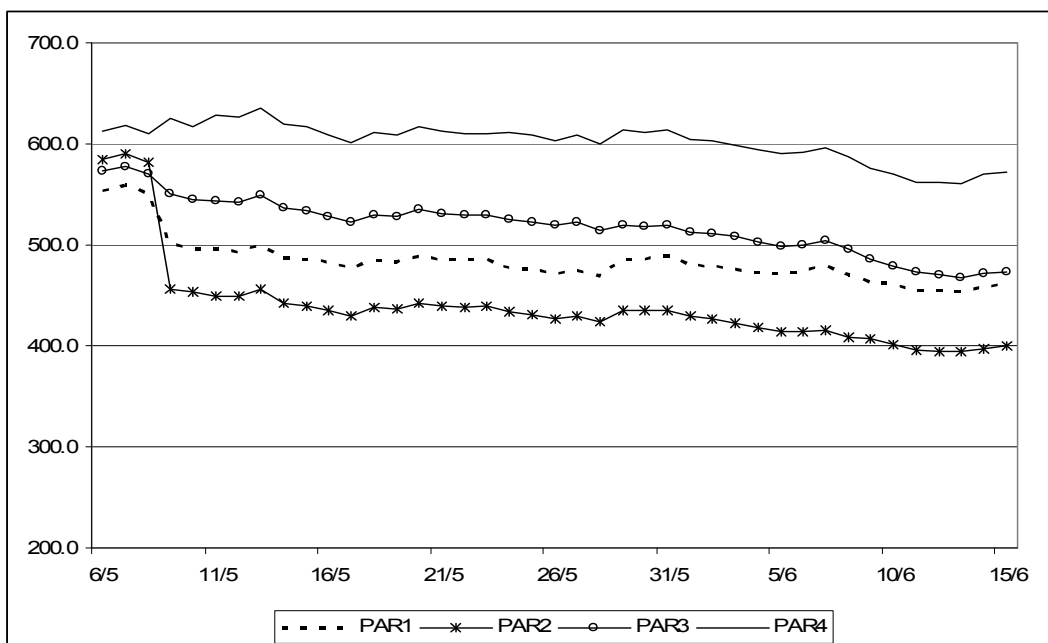


Figure 7 : Evolution du PAR mesuré en 4 points de la chambre de culture sur 41 jours pour une installation neuve

Cette perte de lumière dans le PAR commence précocement, dès les premières semaines de fonctionnement des lampes. Des mesures réalisées sur une installation neuve montre une diminution immédiate et progressive de l'intensité lumineuse (**figure 7**). Après 6 semaines de fonctionnement, la perte lumineuse est d'environ 12 %. Une perte lumineuse importante et très rapide a été mesurée dès le début de la période (le 9 mai exactement) par les sondes 1 et 2 ; elle correspond à un brunissement brutal du plafond juste au dessus de lampes situées à l'extrémité de l'enceinte, dans la zone la moins bien refroidie par le flux d'air. Pour y remédier, le plafond a été repeint en blanc après la période de mesure et le flux d'air a été

accru par une augmentation du nombre d'orifices de sortie. Indépendamment de ce problème, ces mesures confirment par ailleurs l'hétérogénéité de la répartition de la lumière selon les zones de l'enceinte, malgré la densité des lampes et la blancheur des parois.

	Bleu 445-490 nm	Rouge Clair 625-685 nm	Rouge Sombre 686-745 nm
Point 14	632550	625897	239561
Point 15	617985	616483	237396
Point 18	635941	615682	233299
Point 19	589403	562321	211477
Moyennes	618970	605096	230433
Valeur de P	0.75	0.43	0.59

Tableau 1 : Rayonnement mesuré (en quantité de photons) en 4 points de la zone centrale de la chambre de culture pour les plages de longueurs d'onde correspondant au bleu, rouge clair et rouge lointain

Le spectre de la lumière obtenue avec l'installation neuve a été mesuré dans la partie centrale de la tablette. Les quatre points de mesure retenus donnent le même résultat (**tableau 1**). Un pic important est mesuré à 540 nm dans le vert, d'autres apparaissent dans le violet (420 nm) et le jaune (entre 563 et 576 nm). Pour les plantes, les lumières bleue, rouge clair et rouge lointain sont les plus importantes. Avec les lampes HQI utilisées, les longueurs d'onde dans le bleu et le rouge clair sont assez bien représentées, à part égale, avec respectivement 13,8 % et 12,7 % de la quantité de photons émises. La quantité de photons dans le rouge lointain est faible (moins de 5 %) (**figure 8**).

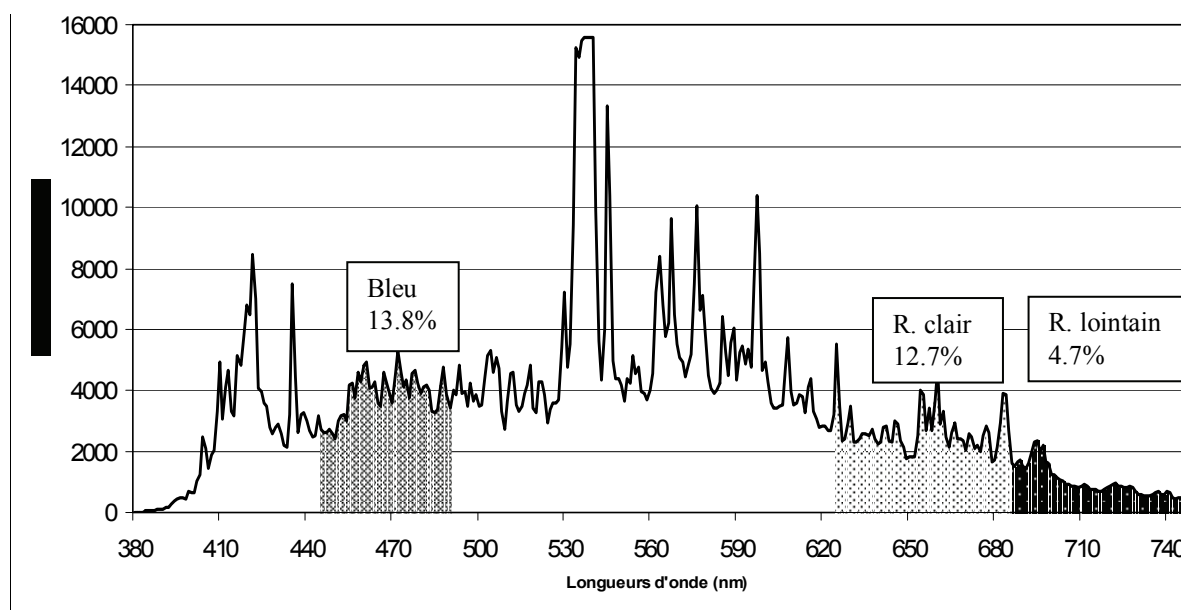


Figure 8 : Spectre de la lumière obtenue dans la chambre de culture avec les lampes HQI Osram pour une installation neuve. Importance relative du rayonnement dans le bleu (445-490 nm), le rouge clair (625-685 nm) et le rouge lointain (686-745 nm) (en quantité de photons)

Après la phase de mesure des variables climatiques, nous avons mis en place une culture de pétunia afin de vérifier la qualité de l'installation au niveau agronomique. Les plantes se sont développées normalement et n'ont manifesté aucun symptôme d'un quelconque dysfonctionnement physiologique. Arrivées au stade de floraison, les plantes des 28 points

d'observation ont fait l'objet de diverses mesures quantitatives et morphologiques. Celles-ci ont, dans un premier temps, été soumises à une Analyse en Composantes Principales afin d'une part de caractériser leurs inter relations, d'autre part de mettre en évidence les plus pertinentes.

Comme le montre la **figure 9**, l'axe 1 représente la moitié de la variabilité totale observée; cet axe est très corrélé aux variables liées à la partie végétative aérienne (nombre d'axes et de feuilles, biomasse, surface foliaire). L'axe 2 représente un peu plus du quart de la variabilité observée et est lié aux variables caractérisant la floraison (nombre de fleurs et biomasse florale). Etant donné la relative redondance de certaines variables, pour des essais ultérieurs, leur nombre pourrait donc être nettement réduit, par exemple en ne retenant que le nombre d'axes et la biomasse aérienne pour la partie végétative, le nombre de fleurs pour la partie florale.

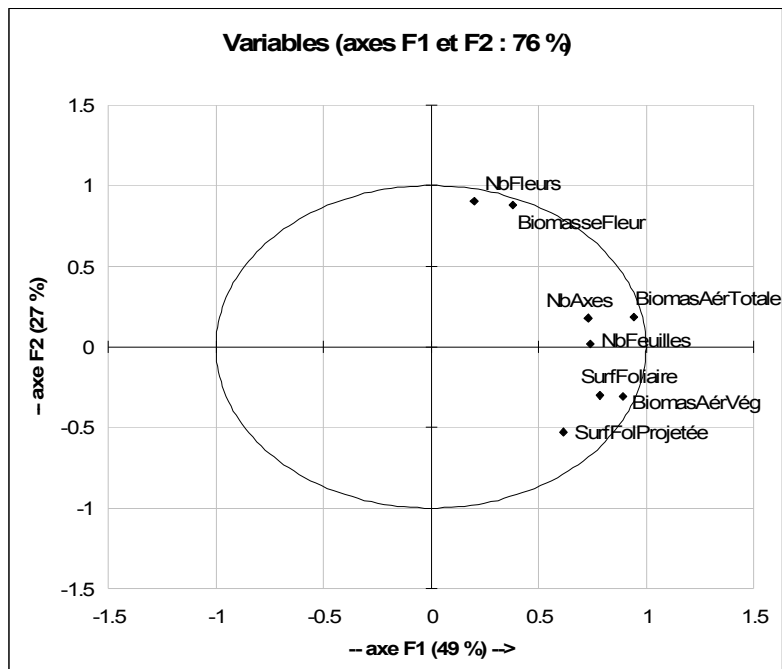


Figure 9 : Analyse en composantes principales des variables agronomiques mesurées sur pétunia

Pour évaluer l'homogénéité de l'enceinte, les résultats des 28 points d'observation ont été analysés par ANOVA. Il en ressort que les variables "Nb d'axes" et "Biomasse florale" donnent des différences très significatives (Valeur P < 5 %), les variables "Surface foliaire" et "Biomasse totale" donnant des résultats presque significatifs au seuil de 5% (Valeur P < 7 %) (**tableau 2**).

Points d'observation	Nb Axes	Surface Foliaire	Biomasse Fleur	Biomasse Totale	Rang Moyen
P 1	7.33	190.00	0.50	1.43	1.0
P 2	10.00	203.00	0.63	1.63	2.8
P 3	14.00	219.33	0.60	1.67	4.2
P 4	14.33	230.00	0.60	1.73	6.0
P 12	13.67	235.00	0.60	1.67	7.0
P 8	14.67	246.33	0.50	1.73	7.8
P 5	15.00	232.00	0.73	1.83	9.2
P 6	13.00	228.00	0.80	1.93	9.4
P 11	15.00	229.00	0.73	1.97	10.4
P 9	17.00	227.67	0.70	2.10	11.2
P 14	18.33	242.67	0.67	1.90	12.0
P 10	20.33	229.67	0.70	2.00	13.6
P 7	18.67	249.00	0.70	2.03	13.6
P 13	18.33	226.00	0.83	2.07	15.0
P 15	18.00	256.67	0.73	2.07	16.4
P 18	19.33	212.00	0.80	2.03	16.4
P 16	18.67	314.67	0.67	2.07	17.0
P 24	18.00	298.67	0.70	2.03	17.4
P 22	19.00	233.67	0.80	2.03	18.2
P 27	19.33	288.67	0.73	1.93	19.2
P 21	19.67	235.33	0.80	2.07	19.4
P 17	20.00	241.00	0.80	2.10	20.0
P 20	20.00	293.67	0.77	2.00	20.0
P 19	18.33	255.00	0.90	2.20	21.4
P 23	19.00	306.00	0.87	2.20	24.0
P 25	19.33	270.33	0.90	2.13	24.0
P 26	19.67	275.67	0.80	2.10	24.0
P 28	22.00	293.67	0.77	2.23	25.4
Moyenne	17.14	248.67	0.73	1.96	
Valeur P	0.000	0.069	0.011	0.062	

Tableau 2 : Résultats agronomiques les plus significatifs, obtenus sur une culture de pétunia et pour les 28 points d'observation, classés en trois groupes de performance croissante (du plus clair au plus foncé)

A partir de ces résultats, les points d'observations ont été regroupés en trois classes de performance agronomique croissante. Comme le montre la **figure 10**, ce classement se traduit par une ségrégation assez nette de la surface de culture en trois zones, la plus favorable étant située à l'extrémité de l'enceinte opposée à la porte. On peut également noter que cette cartographie "agronomique" ne se superpose pas à celle de l'éclairage (**figure 1**). D'autres facteurs explicatifs de ces différences doivent donc être envisagés. La précision des mesures climatiques réalisées dans ce travail ne permet pas cependant d'aller beaucoup plus loin dans la recherche d'explication. Quoiqu'il en soit, ce travail préliminaire de caractérisation de l'hétérogénéité du milieu avait surtout pour but d'identifier les zones sur lesquelles installer les plantes des essais ultérieurs en respectant un dispositif statistique satisfaisant.

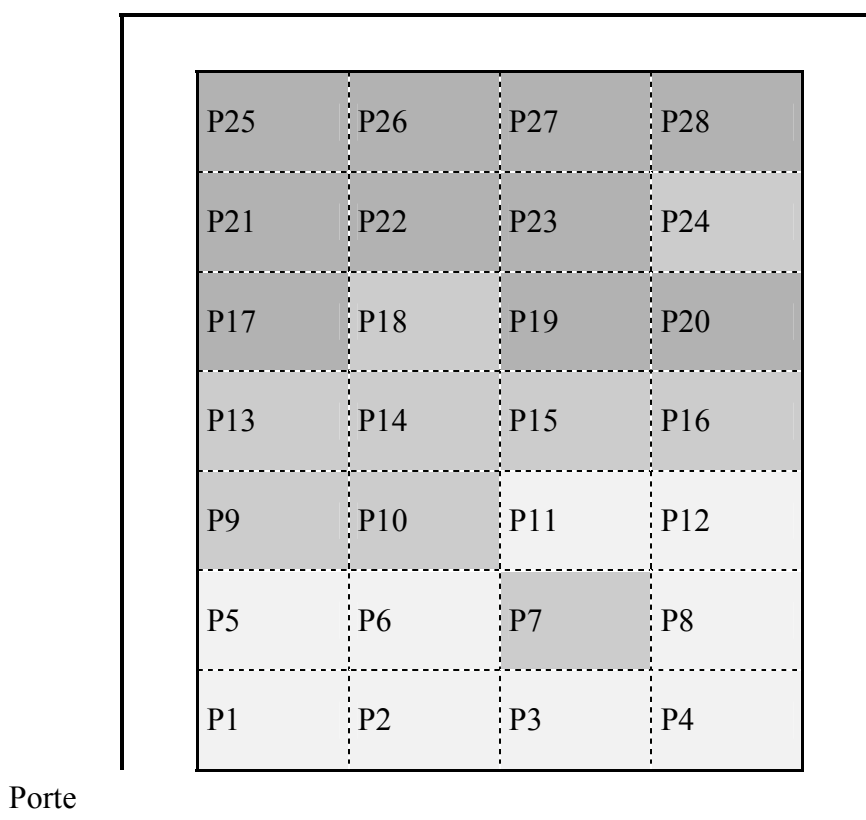


Figure 10 : Distribution des résultats agronomiques obtenus sur pétunia en trois classes de performance croissante (du plus clair au plus foncé).

Conclusion

Pour un investissement modéré et évalué à environ onze mille euros, cette chambre de culture dans un compartiment de serre, en utilisant certains de ses équipements de base, a fourni des conditions climatiques tout à fait acceptables pour la culture d'une plante exigeante en température et surtout en lumière, comme *Mandevilla sanderi*. En particulier, l'excès de chaleur que l'on pouvait craindre avec le grand nombre de lampes installées, a été bien maîtrisé grâce au flux d'air extérieur généré par le système de ventilation. Par ailleurs, avec

les lampes utilisées non seulement on a atteint le niveau de rayonnement souhaité au départ, mais ces lampes présentaient également un spectre lumineux intéressant pour l'espèce étudiée. On a cependant observé une certaine hétérogénéité de la répartition lumineuse dans l'enceinte malgré la densité des lampes et la blancheur des parois ainsi qu'une perte de l'intensité lumineuse dans le temps relativement rapide et significative. Enfin, au niveau agronomique, pour certaines variables mesurées, on a pu mettre en évidence trois zones, traduisant une légère hétérogénéité de l'environnement cultural, cependant non directement liée à l'intensité de la lumière.

Remerciements : Les auteurs remercient la société Lannes et fils, H. Carpentier (Agrocampus Ouest) et G. Guillemain (Inra Sagah) pour leur contribution à la réalisation de cet équipement et de sa caractérisation.

Bibliographie

Bordes P. (1992) Les plastiques et la maîtrise du climat en productions végétales : bases générales *in* Les plastiques en agriculture, CPA et Revue Horticole, 163-356

Lüttge U., Kluge M. et Bauer G. (1992) Botanique

. Ed. TEC & DOC – LAVOISIER. 574 p.

Wacquant, (2000) La construction des serres et abris. CTIFL, Paris, 11-45

Zimmer K. (2000) Mandevilla : Kompakt mit Blaulicht. Deutscher Gartenbau, (54-56) : 15-17

Site de la société OSRAM commercialisant les lampes HQI, http://www.osram.com/osram_com (consulté en septembre 2005)