



HAL
open science

Temperature nocturne et photosynthese. II. Une chambre d'assimilation climatisee pour la mesure des echanges gazeux de plantes entieres

Jean Jacques Longuenesse, G. Conus, C. Sarrouy

► To cite this version:

Jean Jacques Longuenesse, G. Conus, C. Sarrouy. Temperature nocturne et photosynthese. II. Une chambre d'assimilation climatisee pour la mesure des echanges gazeux de plantes entieres. *Agronomie*, 1982, 2 (8), pp.777-782. hal-02728950

HAL Id: hal-02728950

<https://hal.inrae.fr/hal-02728950v1>

Submitted on 2 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Température nocturne et photosynthèse.

II. Une chambre d'assimilation climatisée pour la mesure des échanges gazeux de plantes entières

Jean-Jacques LONGUENESSE, Georges CONUS & Claude SARROUY

I.N.R.A., Station de Bioclimatologie, Centre de Recherches d'Avignon, B.P. 91, F 84140 Montfavet.

RÉSUMÉ

*Chambre d'assimilation,
Mesures d'échanges gazeux,
Plante entière.*

Pour l'étude des arrière-effets de la température nocturne, on a mis au point un ensemble de deux chambres d'assimilation climatisées, avec régulation indépendante des conditions diurnes et nocturnes, séparément pour la partie aérienne et les racines. Ces chambres permettent de suivre pendant plusieurs jours les échanges gazeux de la partie aérienne et, éventuellement, des racines de plantes entières ayant une hauteur maximum de 1 m.

SUMMARY

*Assimilation chamber,
Gaseous exchange measurement,
Whole plant.*

Night temperature and photosynthesis. II. An air-conditioned assimilation chamber for use with whole plants.

The paper describes a set of two assimilation chambers with independent regulation of air and soil temperature, as well for night as for day conditions. In these chambers, the gaseous exchange of the tops and possibly the roots of whole plants up to 1 meter high, can be measured continuously for several days.

I. INTRODUCTION

Une première approche de l'influence de la température nocturne sur la physiologie des plantes a mis en évidence la nécessité des mesures d'échanges gazeux (CO_2 et H_2O) sur des plantes entières, pendant une durée d'au moins 24 h et dans des conditions de température susceptibles de variations importantes, en particulier entre les périodes diurne et nocturne (LONGUENESSE, 1978). Il a donc été nécessaire de réaliser un dispositif climatisé permettant de telles mesures.

Si l'on trouve dans la littérature de très nombreuses descriptions de chambres d'assimilation (par ex. GAASTRA, 1959 ; CHARTIER, 1969), ce type d'enceinte est assez peu répandu, ou alors d'un niveau de complexité qui en rend la réalisation coûteuse et l'utilisation assez lourde (ACOCK *et al.*, 1977 ; ANDRE *et al.*, 1979).

HIGGINBOTHAM & STRAIN (1976) ont décrit des enceintes pour plantes entières mais de dimensions assez réduites, ce qui limite considérablement les problèmes de climatisation, et la solution qu'ils ont utilisée n'est pas applicable dans notre cas. Le laboratoire du Professeur VAN BAVEL, à l'Université de Texas, qui a collaboré à notre programme de recherche, a réalisé des enceintes répondant à des objectifs voisins des nôtres (FERNANDEZ, 1977). La mise au point de nos chambres d'assimilation a pu bénéficier de l'expérience ainsi acquise.

II. LES CHAMBRES D'ASSIMILATION

Elles sont composées de 4 parties (fig. 1) :

A. L'enceinte (1)

Elle est constituée par un tube de PVC disposé verticalement, d'un diamètre de 40 cm et d'une hauteur de 120 cm (volume 150 l). Ces dimensions permettent d'y introduire une plante de tomate normalement développée à 1 ou 2 bouquets, jusqu'au stade de maturation des fruits. Ce tube est fermé à la base par le compartiment racinaire et, au sommet, par un couvercle en plexiglass de 10 mm (9) boulonné sur une collerette solidaire de l'enceinte. Deux portes carrées de 20 × 20 cm (11) permettent d'accéder à l'intérieur de l'enceinte pour la mise en place des thermocouples, les mesures d'éclaircissement, etc.

B. Le circuit de brassage de l'air (2)

Il assure le brassage de l'air indépendamment du débit dans le circuit de mesure. Par une canalisation en tube PVC de 20 cm de diamètre (2), l'air est aspiré à la base de l'enceinte par un ventilateur (3) qui le renvoie vers le boîtier de climatisation (6). Le ventilateur utilisé (ETRI 61 GP 01)

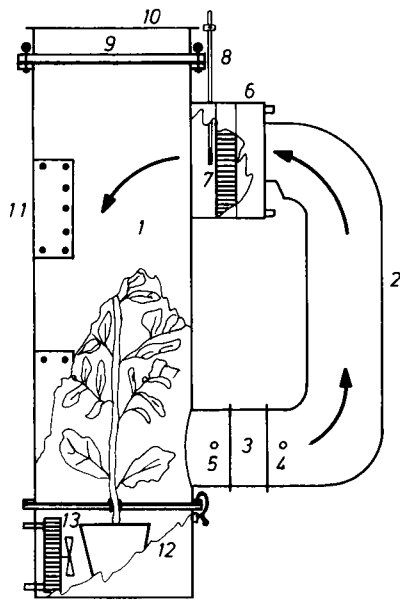


Figure 1

Chambre d'assimilation.

1. Enceinte - 2. Circuit de brassage - 3. Ventilateur - 4. Entrée d'air - 5. Sortie d'air - 6. Boîtier de climatisation - 7. Radiateur - 8. Thermomètre à contact - 9. Couvercle en plexiglas - 10. Ecran - 11. Porte - 12. Compartiment sol - 13. Radiateur.

Assimilation chamber.

1. Chamber - 2. Air stirring duct - 3. Fan - 4. Air inlet - 5. Air outlet - 6. Air conditioning box - 7. Heat exchanger - 8. Contact thermometer - 9. Plexiglas lid - 10. Screen - 11. Check-in hatch - 12. Soil compartment - 13. Heat exchanger.

maintient un débit de l'ordre de 100 l.s^{-1} , c'est-à-dire un brassage du volume d'air total (220 l) en 2 à 3 s. Ce brassage est suffisant pour que les concentrations en CO_2 et H_2O de l'air dans l'enceinte soient homogènes et égales aux valeurs mesurées à la sortie de la chambre. (La différence de concentration en CO_2 entre deux points de la chambre est inférieure à 1 p.p.m.).

C. Le boîtier de climatisation (6)

A l'intérieur de ce boîtier, qui communique avec la partie supérieure de la chambre, l'air passe sur un échangeur de chaleur (radiateur de chauffage de voiture) (7) qui évacue les calories excédentaires apportées par la lampe. Le refroidissement de l'échangeur est assuré par l'eau glycolée provenant d'un bain thermostaté.

D. Le compartiment racinaire (12)

Il est lui-même étanche et autonome par rapport au compartiment supérieur. Il peut être balayé par un courant d'air contrôlé, pour mesurer la respiration du sol et des racines. La climatisation est assurée de façon indépendante par un échangeur et un ventilateur (13).

III. CLIMATISATION (fig. 2)**A. Compartiment principal**

La température de consigne du bain (1) (CRYOSTAT SECASI 24 CY 55 RA) est fixée 3 à 5 °C en dessous de la température voulue dans la chambre.

Une pompe (4) (Circulateur SMC COMMODORE) assure la circulation de l'eau glycolée du bain, dans l'échangeur (9) situé à l'intérieur du boîtier de climatisation ; cette eau revient ensuite dans le bain thermostaté. Deux thermomètres à contact (PROLABO) (7), un pour le jour et un pour la nuit, dont le bulbe se trouve dans le boîtier de climatisation, immédiatement après l'échangeur, commandent un relais électronique (8) qui active une électrovanne (6) sur le circuit ; une vanne manuelle (5a) permet d'ajuster le débit d'eau glycolée ; une dérivation parallèle à l'électrovanne, commandée également par une vanne

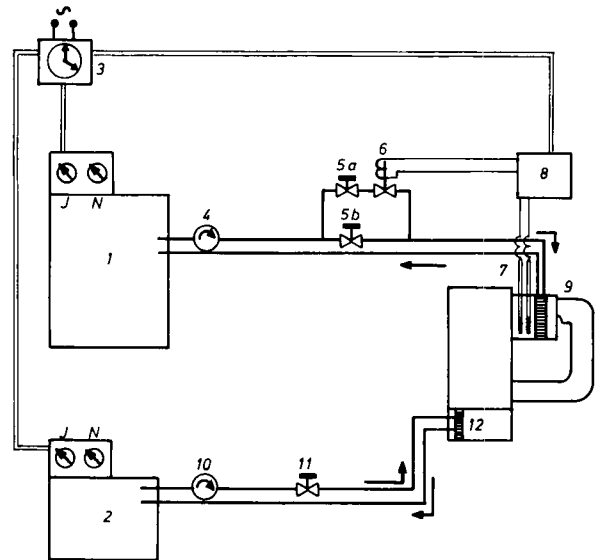


Figure 2

Climatisation.

1. Bain thermostaté principal - 2. Bain thermostaté du compartiment sol - 3. Horloge de commande - 4. Pompe - 5a et b. Vannes manuelles - 6. Electrovanne - 7. Thermomètre à contact - 8. Relais - 9. Radiateur - 10. Pompe - 11. Vanne manuelle - 12. Radiateur.

Air conditioning system.

1. Main water bath - 2. Soil water bath - 3. Time switch - 4. Pump - 5a and b - Manual valve - 6. Electric valve - 7. Contact thermometer - 8. Relay - 9. Heat exchanger - 10. Pump - 11. Manual valve - 12. Heat exchanger.

manuelle (5b), permet d'ajuster le débit minimum dans l'échangeur. Un inverseur horaire (3) assure l'inversion des températures de consigne jour/nuit (pour les bains thermostatés et pour l'enceinte). Ce système permet de maintenir un écart de température entre le sommet et la base de l'enceinte inférieur à 1 °C ; au niveau du radiateur, on observe des fluctuations à courte période (30 s), d'une amplitude de 0,5 à 1 °C. Dans l'enceinte elle-même ces fluctuations sont quasiment nulles. Un ensemble de thermocouples permet de contrôler la température de l'air en différents points de l'enceinte, les températures d'organes et la température du sol à différentes profondeurs (fig. 3).

B. Compartiment sol

La pompe (10) assure la circulation de l'eau du bac (2) (SECASI 14 CY 30 R) dans l'échangeur (12) dont le débit est réglé au niveau de la vanne (11). L'équilibre entre la température du sol et celle du bain est atteint en 2 à 3 h pour la période diurne, mais plus tardivement pour la période nocturne (fig. 3).

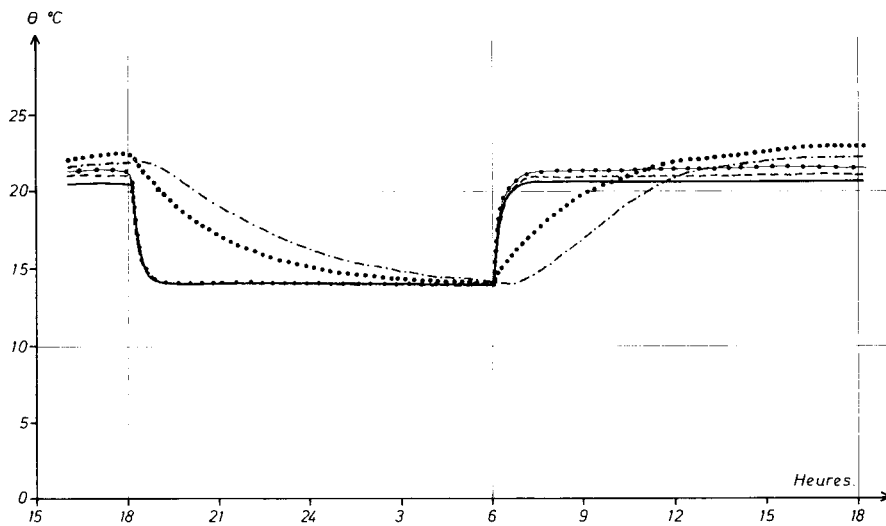


Figure 3

Evolution de la température en différents points de l'enceinte. Consigne : jour : 21 °C ; nuit : 14 °C.

— Air (en haut de l'enceinte) ; - - - Air (en bas de l'enceinte) ; Sol (à 4 cm de la surface) ; — — — Sol (à 10 cm de la surface) ; ●-●-● Plante

Temperature changes inside the chamber.

Set points : 21 °C (day) ; 14 °C (night).

— air (top) ; - - - air (bottom) ; Soil (4 cm deep) ; — — — Soil (10 cm deep) ; ●-●-● Plant.

IV. ÉCLAIRAGE

L'éclairage est assuré par une lampe à vapeur de mercure et halogénures métalliques (OSRAM HQI 400 watts) placée dans un réflecteur parabolique de 40 cm de diamètre. Un écran de plexiglass de 2 mm placé entre la lampe et l'enceinte permet d'arrêter une partie des calories apportées par la lampe. La paroi intérieure de l'enceinte est recouverte d'une feuille d'aluminium réfléchissante, de façon à assurer une répartition de la lumière plus conforme aux conditions d'un couvert végétal.

La valeur de l'éclairement peut être ajustée en faisant varier la hauteur de la lampe ou en plaçant sur l'écran de plexiglass un ou plusieurs filtres neutres arrêtant une partie du rayonnement. Le niveau maximum est de 300 W.m⁻² (PAR) à 40 cm sous le couvercle ; il tombe à 50 à 100 W.m⁻² au niveau du pot.

La répartition spectrale de la lumière des lampes dans le visible est donnée figure 4. L'allure globale de la courbe est assez voisine du spectre solaire, à l'exception d'un pic important vers 540 nm.

D'autre part, la répartition entre visible et infrarouge est tout à fait comparable (environ 50 p. 100 de visible).

V. CIRCUIT D'AIR (fig. 5)

Le circuit d'air utilisé est du type « ouvert ». Un compresseur prélève l'air extérieur sur le toit du laboratoire et le comprime dans un réservoir à une pression de 6 à 10 bars. Cet air passe par un double étage de détente (1) de façon à ramener sa pression à une valeur stable, ajustée entre 0.1 et 0.3 bar en fonction du débit désiré.

La température du point de rosée est fixée à - 5 °C par humidification, puis condensation à température constante ; la valeur de l'humidité à l'intérieur de l'enceinte dépend directement de la transpiration de la plante.

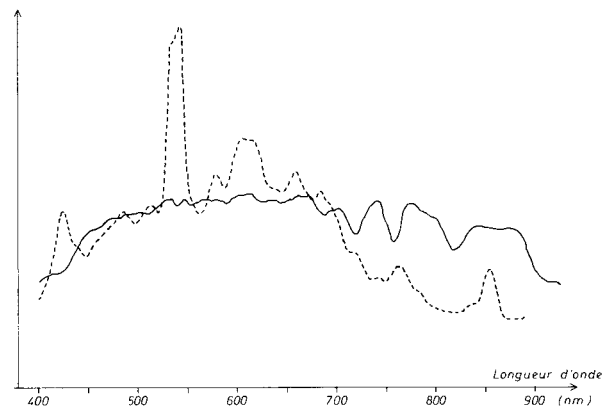


Figure 4

Répartition spectrale de la lumière dans le visible

— Lumière solaire par temps clair ; - - - lumière des lampes HQI

Spectral irradiance : sunlight (—) ; OSRAM HQI lamps (- - -).

Après le contrôle d'humidité, la canalisation d'air se divise en :

— une canalisation de référence envoyée vers les analyseurs dont le débit est contrôlé par une vanne à aiguille (10) (AIR LIQUIDE millimite),

— les canalisations d'alimentation des enceintes, commandées par des robinets quatre tours (3) (AIR LIQUIDE G3CC). Actuellement le système comporte 2 enceintes, mais ce chiffre n'est pas limitatif.

L'entrée et la sortie d'air dans la chambre se situent de part et d'autre du ventilateur, sur le circuit de brassage. Le débit est mesuré par un débitmètre à flotteur (BROOKS SHO-RATE 150) placé juste avant l'entrée de l'enceinte. Un manomètre à eau (tube en U) (6) permet de contrôler la pression à l'intérieur de l'enceinte.

A la sortie de la chambre, une partie de l'air s'échappe

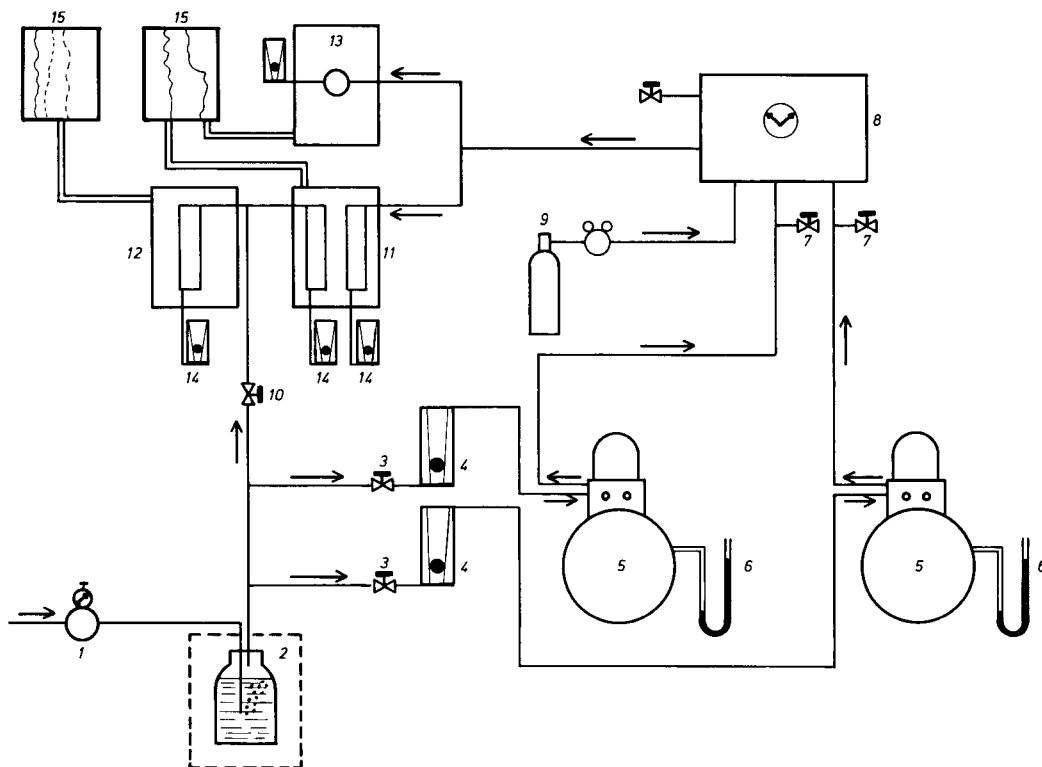


Figure 5

Circuit d'air.

1. Détendeurs - 2. Humidification à température constante - 3. Robinet de réglage - 4. Débitmètre - 5. Enceinte - 6. Manomètre à eau - 7. Fuite réglable - 8. Système de distribution automatique - 9. Bouteille de gaz étalon - 10. Vanne à aiguille - 11. Analyseur I.R. de CO₂ (différentiel) - 12. Analyseur I.R. de CO₂ (absolu) - 13. Analyseur de mesure du point de rosée. 14. Débitmètre - 15. Enregistreur.

Air handling system.

1. Pressure regulator - 2. Humidity control at constant temperature - 3. Manual valve - 4. Flow meter - 5. Chamber - 6. Water column manometer - 7. Overflow - 8. Automatic air distribution - 9. Reference air cylinder - 10. Needle valve - 11. I.R.G.A. (differential) - 12. I.R.G.A. (absolute) - 13. Dewpoint analyser. 14. Flow meter - 15. Recorder.

par une « fuite » commandée par un robinet de contrôle (7), l'autre partie est dirigée vers les analyseurs.

Les deux robinets (3 et 7) permettent de fixer la valeur de la surpression dans l'enceinte (0,3 à 0,6 m d'eau), nécessaire pour éviter toute contamination par l'air ambiant, et le débit d'air, qu'on ajuste en fonction de la taille de la plante (et donc de l'importance de ses échanges gazeux) de façon à ce que la concentration en CO₂ dans la chambre soit toujours voisine de 300 vpm (la concentration d'entrée est de 350 à 360 vpm) et l'humidité relative inférieure à 80 p. 100. Les canalisations d'air sont réalisées soit en tube PVC souple, soit en tube mince de Teflon, d'un diamètre intérieur de 8 mm.

VI. PRÉLÈVEMENT ET ANALYSE DE L'AIR

L'échantillon d'air d'entrée passe en permanence dans la cellule de référence de l'analyseur différentiel de CO₂ (11) (analyseur Infra-rouge Analytical Development Company type 225 MK II) et dans la cellule de mesure de l'analyseur absolu (12) (I. R. Hartmann & Braun type URAS 2).

Le système de distribution (8) envoie alternativement (toutes les 5 mn) les échantillons d'air de sortie des 2 chambres, d'une part vers la cellule de mesure de l'analyseur différentiel, d'autre part vers l'analyseur de mesure du point de rosée (13) (AQMEL type HCP 1 S 50) ; toutes les 2 h, de l'air de concentration en CO₂ connue (9)

est également envoyé dans la cellule de mesure pour vérifier la stabilité de l'étalonnage. Le signal de sortie des analyseurs est transcrit sur un potentiomètre enregistreur (15) (SEFRAM type Servovac) ; un autre potentiomètre (MECI) est réservé à l'enregistrement des mesures de températures.

VII. CONCLUSION - AVANTAGES ET LIMITES DE CE SYSTÈME

Cette installation a été conçue pour permettre à la fois d'obtenir un bilan des échanges gazeux d'une plante entière de grande taille (jusqu'à 1 m), sur une période d'un nyctémère, et d'observer l'influence des conditions nocturnes sur la respiration d'une part, sur la cinétique de la photosynthèse d'autre part. La possibilité de laisser la plante en place assez longtemps (le pot étant isolé du reste de l'enceinte, on peut apporter une irrigation sans perturber la mesure de transpiration) permet de suivre l'évolution des échanges sur une période de plusieurs jours, en imposant différentes séquences de température par exemple. Les principales contraintes dans l'utilisation de ces enceintes sont :

— le débit et l'humidité de l'air introduit doivent être calculés de façon à éviter toute condensation d'eau sur le point froid qu'est le radiateur, pour permettre les mesures de transpiration,

— étant donné le volume relativement important de l'ensemble, il présente une inertie assez grande et ne permet pas de détecter des événements de courte durée,

— les mesures étant effectuées sur une plante entière, à la géométrie complexe et dont les différents organes n'ont pas la même activité, les valeurs des résistances aux échanges gazeux qui peuvent être calculées à partir de

l'assimilation et de la transpiration n'ont aucune signification physique mais constituent une simple indication sur l'état physiologique de la plante prise dans son ensemble.

*Reçu le 15 mars 1982.
Accepté le 21 mai 1982.*

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Acock B., Charles-Edwards D. A., Hearn A. R., 1977. Growth response of a chrysanthemum crop to the environment. 1. Experimental techniques. *Ann. Bot.*, **41**, 41-48.

André M., Daguinet A., Massimino D., Massimino J., Richaud C., 1979. Le laboratoire C23A. Un outil au service de la physiologie de la plante entière. *Ann. agron.*, **30**, 139-151 ; 153-156.

Chartier P., 1969. Assimilation nette d'une culture couvrante. II. La réponse de l'unité de surface de feuille. *Ann. Physiol. vég.*, **11**, 221-263.

Fernandez C. J., 1977. *Differences in carbon economy among five grain sorghum cultivars.* M.S. Thesis. Texas A & M University. College Station, Texas. 72 p. + annexes.

Gaastra B., 1959. Photosynthesis of crop plants as influenced by light, carbon dioxide, temperature and stomatal diffusion resistance. *Meded. Landb. Hogesch. Wageningen*, **59**, 1-68.

Higginbotham K. O., Strain B. R., 1976. A climatized assimilation chamber for use with whole plants or whole branches. *Photosynthetic*, **10**, 54-58.

Longuenesse J. J., 1978. Température nocturne et photosynthèse. 1. Etude bibliographique. *Ann. agron.*, **29**, 525-539.