
Optimisation du maintien des conditions abiotiques dans les élevages d'*Hermetia Illucens* Par un système de brassage et de suivi automatisé

Auteur : Lowet, Florent

Promoteur(s) : Mercatoris, Benoît; Caparros Megido, Rudy

Faculté : Gembloux Agro-Bio Tech (GxABT)

Diplôme : Master en bioingénieur : sciences et technologies de l'environnement, à finalité spécialisée

Année académique : 2020-2021

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/11069>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.

Annexes

Annexe 1 : Code du contrôle des moteurs de l'Arduino UNO

```
// Version 4 du code freq_moteur//.

void setup ()
{
  //Broches de l'arduino initialisées comme "OUTPUT" pour envoyer les signaux de l'Arduino vers les relais;
  pinMode (7, OUTPUT);          // Broche contrôlant la fréquence 1
  pinMode (8, OUTPUT);          // Broche contrôlant la fréquence 2

  // Initialisation des registres du Timer2 de l'ATmega328P (microcontrôleur de l'Arduino Uno).
  // les registres TCCR permettent entre autre de configurer le "prescaler" afin de déterminer à
  // quelle cadence l'horloge interne de l'arduino doit fonctionner
  // Initialement la fréquence de l'horloge est de 16MHz, elle est diminuée (/256) pour atteindre
  // une fréquence de 62500Hz soit une période de 16 micro-secondes.
  // WGM20-2 = 000 pour utiliser le Timer en mode "Normal".
  bitClear (TCCR2A, WGM20);      // WGM20 = 0
  bitClear (TCCR2A, WGM21);      // WGM21 = 0
  TCCR2B = 0b00000110;          // WGM22 = 0 et CS20-22 = 110 pour régler le prescaler à 256.

  // Les registres TIFR et TCNT gère le "flag" (drapeau)
  TIFR2 = 0b00000001;           // TOV2, gère le drapeau qui permet de détecter
                                // les débordements du Timer2.

  TCNT2 = 256 - 250;
  // Le timer 2 compte sur 8 bits (donc de 1 à 256). Le registre TCNT permet d'accéder directement
  // à ces bits afin d'y implémenter une valeur de départ voulue,
  // ici 6 (Cela permet de compter de 1 à 250 et non plus de 1 à 256).
  // Ainsi après 250 tics d'horloge le Timer2 est rempli il "déborde"
  // et après 250 débordements 1 secondes sera écoulée (250*250=62500)
}

// Initialisation des variables //
byte varCompteur = 0;           // Variable comptant les débordements
byte seconde = 0;               // Variable stoquant les secondes
byte minute = 0;                // Variable stoquant les minutes
```

```

// Boucle du code //
void loop () {
  if (bitRead (TIFR2, 0) == 1) { // Regarde s'il y a débordement càd si le drapeau = 1.
    TCNT2 = 256 - 250; // Rechargement du timer à 6.
    bitSet (TIFR2, TOV2); // Remise à zéro du drapeau bit TOV2 pour permettre
                          // de détecter à nouveau les débordements
    varCompteur++; // Après un débordement la variable s'incrémente

// Compte les secondes écoulées //
    if (varCompteur > 250) {
      varCompteur = 0; // On recommence un nouveau cycle
      seconde++; // Incrémente la variable seconde

// Compte les minutes écoulées //
      if (seconde > 60) { // 60 secondes écoulées
        seconde = 0; // On recommence un nouveau cycle
        minute++; // Incrémente la variable minute pour stocker le nombre de minutes écoulées
      }

// fréquence1: _ _ _ _ _ | _ _ _ _ _ | _ _ _ _ _ | _ _ _ _ _ |
// fréquence2: _ _ _ _ _ | _ _ _ _ _ | _ _ _ _ _ | _ _ _ _ _ |
// addition : _ _ _ _ _ | _ _ _ _ _ | _ _ _ _ _ | _ _ _ _ _ ||
// Le fonctionnement de la boucle if suivante repose sur le diagramme des fréquences d'allumages
// des moteurs
// Un pas est de 30 minutes (d'où le *30).
// La fréquence 1 est activée après 3h30 écoulées pendant 30 minutes pour fonctionner 30 minutes
// toutes les 4 heures.
// La fréquence 2 est activée après 11h30 écoulées pendant 30 minutes pour fonctionner 30 minutes
// toutes les 12 heures.
// La boucle combine les 2 fréquences en une pour fonctionner simultanément (addition des deux signaux).
// Une fois le 24ème pas atteint 12h se sont écoulées et la boucle peut recommencer.

if (minute == 7*30) {
  digitalWrite (7, HIGH); // moteurs fréquence 1 tournent
  //moteur1 On
}
else if (minute == 8*30) {
  digitalWrite (7, LOW); // moteurs fréquence 1 s'arrêtent
  //moteur1 Off
}
else if (minute == 15*30) {
  digitalWrite (7, HIGH);
  //moteur1 On
}
else if (minute == 16*30) {
  digitalWrite (7, LOW);
  //moteur1 Off
}
else if (minute == 23*30) { // moteurs fréquence 1 et 2 tournent
  digitalWrite (7, HIGH);
  //moteur1 On
  digitalWrite (8, HIGH);
  //moteur2 On
}
else if (minute == 24*30) { // moteurs fréquence 1 et 2 s'arrêtent
  digitalWrite (7, LOW);
  //moteur1 Off
  digitalWrite (8, LOW);
  //moteur2 Off
  minute = 0; // 720 minutes écoulées (12h), on réinitialise la variable minute
              // pour recommencer la boucle
}
}
}

```

Annexe 2 : Code d'acquisition des capteurs de la CR1000

```
1 'Version 2 du code CRBasic d'acquisition des sondes LM35 et DHT22
2 'Initialisation des variables'
3
4 Public InString As String * 100      'Stocke les données envoyées par l'ArduinoMega sur le port série
5 Public OutString As String * 20     'Stocke les données envoyées à l'ArduinoMega sur le port série
6 Dim Stock(11)                       'Stocke les données des 5 sondes DHT22 envoyée
7 Public LM(53)                       'Stocke les données des sondes LM35
8 Public Hum(45) As Float             'Stocke les données d'humidité relative des DHT22
9 Public Temp(45) As Float            'Stocke les données de température des DHT22
10 Public numPatch(9)                 'Stocke le numéro de patch des DHT22
11
12
13 'Définit les unités des données stockées
14 Units LM = DegC
15 Units Hum = %
16 Units Temp = DegC
17
18
19 'DataTable permet de stocker les valeurs des sondes dans une table
20
21 DataTable (Sondes,1,-1)            'Création de la table Sondes, -1 permet d'allouer automatiquement
22                                     'la taille de la table
23     DataInterval (0,5,Min,1)       'Fréquence de sauvegarde des données dans la table
24                                     '(toutes les 5 minutes)
25
26 CardOut (1,-1)                     'Taille du fichier de stockage dans la carte mémoire
27     Sample (53,LM,IIEEE4)          'Sauvegarde des données de température des 53 sondes LM35
28     Sample (45,Hum,IIEEE4)         'Sauvegarde des données d'humidité des 45 sondes DHT22
29     Sample (45,Temp,IIEEE4)        'Sauvegarde des données de température des 45 sondes DHT22
30
31 EndTable
32
33
34 'Programme principal
35 BeginProg
36     'Main Scan
37
38     Scan(5,Min,1,0)                 'réalise l'acquisition toutes les 5 minutes
39
40     'Partie 1 : Contrôle de l'AM16/32
41
42     PortSet(2,1)                    'ouvre la communication avec le multiplexeur
43
44     PulsePort(1,10000)              'Envoie le pulse au multiplexeur (active le relais) se connecte
45                                     'au premier groupe de 4 terminaux (4 premières sondes LM35)
46     Delay(0,200,mSec)               'délai nécessaire au multiplexeur avant l'acquisition des données
47
48
49     VoltSe (LM(1),1,mV5000,1,1,0,250,0.1,0)    'Premier capteur LM35 est interrogé
50     VoltSe (LM(2),1,mV5000,2,1,0,250,0.1,0)    'Second capteur LM35 est interrogé
51     VoltSe (LM(3),1,mV5000,3,1,0,250,0.1,0)    'Troisième capteur LM35 est interrogé
52     VoltSe (LM(4),1,mV5000,4,1,0,250,0.1,0)    'Quatrième capteur LM35 est interrogé
53
54     PulsePort(1,10000)              'Passe aux 4 terminaux suivant.
55     Delay(0,200,mSec)
56     VoltSe (LM(5),1,mV5000,1,1,0,250,0.1,0)
57     VoltSe (LM(6),1,mV5000,2,1,0,250,0.1,0)
58     VoltSe (LM(7),1,mV5000,3,1,0,250,0.1,0)
59     VoltSe (LM(8),1,mV5000,4,1,0,250,0.1,0)
60     PulsePort(1,10000)
61     Delay(0,200,mSec)
62     VoltSe (LM(9),1,mV5000,1,1,0,250,0.1,0)
63     VoltSe (LM(10),1,mV5000,2,1,0,250,0.1,0)
64     VoltSe (LM(11),1,mV5000,3,1,0,250,0.1,0)
65     VoltSe (LM(12),1,mV5000,4,1,0,250,0.1,0)
66     PulsePort(1,10000)
67     Delay(0,200,mSec)
68     VoltSe (LM(13),1,mV5000,1,1,0,250,0.1,0)
69     VoltSe (LM(14),1,mV5000,2,1,0,250,0.1,0)
70     VoltSe (LM(15),1,mV5000,3,1,0,250,0.1,0)
71     VoltSe (LM(16),1,mV5000,4,1,0,250,0.1,0)
```

```

72 PulsePort (1,10000)
73 Delay (0,200,mSec)
74 VoltSe (LM (17),1,mV5000,1,1,0,250,0.1,0)
75 VoltSe (LM (18),1,mV5000,2,1,0,250,0.1,0)
76 VoltSe (LM (19),1,mV5000,3,1,0,250,0.1,0)
77 VoltSe (LM (20),1,mV5000,4,1,0,250,0.1,0)
78 PulsePort (1,10000)
79 Delay (0,200,mSec)
80 VoltSe (LM (21),1,mV5000,1,1,0,250,0.1,0)
81 VoltSe (LM (22),1,mV5000,2,1,0,250,0.1,0)
82 VoltSe (LM (23),1,mV5000,3,1,0,250,0.1,0)
83 VoltSe (LM (24),1,mV5000,4,1,0,250,0.1,0)
84 PulsePort (1,10000)
85 Delay (0,200,mSec)
86 VoltSe (LM (25),1,mV5000,1,1,0,250,0.1,0)
87 VoltSe (LM (26),1,mV5000,2,1,0,250,0.1,0)
88 VoltSe (LM (27),1,mV5000,3,1,0,250,0.1,0)
89 VoltSe (LM (28),1,mV5000,4,1,0,250,0.1,0)
90 PulsePort (1,10000)
91 Delay (0,200,mSec)
92 VoltSe (LM (29),1,mV5000,1,1,0,250,0.1,0)
93 VoltSe (LM (30),1,mV5000,2,1,0,250,0.1,0)
94 VoltSe (LM (31),1,mV5000,3,1,0,250,0.1,0)
95 VoltSe (LM (32),1,mV5000,4,1,0,250,0.1,0)
96 PulsePort (1,10000)
97 Delay (0,200,mSec)
98 VoltSe (LM (33),1,mV5000,1,1,0,250,0.1,0)
99 VoltSe (LM (34),1,mV5000,2,1,0,250,0.1,0)
100 VoltSe (LM (35),1,mV5000,3,1,0,250,0.1,0)
101 VoltSe (LM (36),1,mV5000,4,1,0,250,0.1,0)
102 PulsePort (1,10000)
103 Delay (0,200,mSec)
104 VoltSe (LM (37),1,mV5000,1,1,0,250,0.1,0)
105 VoltSe (LM (38),1,mV5000,2,1,0,250,0.1,0)
106 VoltSe (LM (39),1,mV5000,3,1,0,250,0.1,0)
107 VoltSe (LM (40),1,mV5000,4,1,0,250,0.1,0)
108 PulsePort (1,10000)

109 Delay (0,200,mSec)
110 VoltSe (LM (41),1,mV5000,1,1,0,250,0.1,0)
111 VoltSe (LM (42),1,mV5000,2,1,0,250,0.1,0)
112 VoltSe (LM (43),1,mV5000,3,1,0,250,0.1,0)
113 VoltSe (LM (44),1,mV5000,4,1,0,250,0.1,0)
114 PulsePort (1,10000)
115 Delay (0,200,mSec)
116 VoltSe (LM (45),1,mV5000,1,1,0,250,0.1,0)
117 VoltSe (LM (46),1,mV5000,2,1,0,250,0.1,0)
118 VoltSe (LM (47),1,mV5000,3,1,0,250,0.1,0)
119 VoltSe (LM (48),1,mV5000,4,1,0,250,0.1,0)
120 PulsePort (1,10000)
121 Delay (0,200,mSec)
122 VoltSe (LM (49),1,mV5000,1,1,0,250,0.1,0)
123 VoltSe (LM (50),1,mV5000,2,1,0,250,0.1,0)
124 VoltSe (LM (51),1,mV5000,3,1,0,250,0.1,0)
125 VoltSe (LM (52),1,mV5000,4,1,0,250,0.1,0)
126 PulsePort (1,10000)
127 Delay (0,200,mSec)
128 VoltSe (LM (53),1,mV5000,1,1,0,250,0.1,0)
129
130 PortSet (2,0) 'Fermeture de la communication avec le multiplexeur
131
132
133 'Partie 2: Communication série CR1000-ArduinoMega
134
135 SerialOpen (Com4,9600,19,0,100) 'ouverture de la communication série
136 Delay (0,200,mSec)
137
138 OutString = "a" 'Caractère envoyé à l'Arduino stocké dans la
139 'variable Outstring
140
141 SerialOut (Com4,OutString,"",0,100) 'Envoie d'Outstring sur le port de communication n°4.
142
143 SerialIn (InString,Com4,100,CHR(13),100) 'Attend la réponse sur le port de communication,
144 'stocke les caractères envoyés par l'Arduino
145 'dans la variable Instring, CHR(13) correspond au
146 'caractère cloturant le caractère envoyé par l'Arduino.
147
148 SplitStr (Stock(),InString,"",11,0) 'Découpe la réponse contenue dans Instring en 11 chaînes
149 'de caractère correspondant :
150 'au numéro de groupe de 5 capteurs,

```

```

151 | ..... 'la température du capteur 1, l'humidité du capteur1, ... ,
152 | ..... 'la température du capteur 5, l'humidité du capteur5.
153 |
154 | 'Stockage des 11 chaines dans les variables correspondantes
155 | NumPatch(1)=Stock(1)
156 | Temp(1)=Stock(2)
157 | Hum(1)=Stock(3)
158 | Temp(2)=Stock(4)
159 | Hum(2)=Stock(5)
160 | Temp(3)=Stock(6)
161 | Hum(3)=Stock(7)
162 | Temp(4)=Stock(8)
163 | Hum(4)=Stock(9)
164 | Temp(5)=Stock(10)
165 | Hum(5)=Stock(11)
166 |
167 | SerialFlush(Com4)                                'Vide le port série
168 |
169 |
170 | 'Recommence la communication avec le second caractère pour interroger les 5 capteurs suivants de l'ArduinoMega.
171 |
172 | OutString = "b"
173 | SerialOut (Com4,OutString,"",0,100)
174 | SerialIn (InString,Com4,100,CHR(13),100)
175 | SplitStr(Stock(),InString,"",11,0)
176 |
177 | NumPatch(2)=Stock(1)
178 | Temp(6)=Stock(2)
179 | Hum(6)=Stock(3)
180 | Temp(7)=Stock(4)
181 | Hum(7)=Stock(5)
182 | Temp(8)=Stock(6)
183 | Hum(8)=Stock(7)
184 | Temp(9)=Stock(8)
185 | Hum(9)=Stock(9)
186 | Temp(10)=Stock(10)
187 | Hum(10)=Stock(11)
188 |
189 | SerialFlush(Com4)
190 |
191 |
192 | OutString = "c"
193 | SerialOut (Com4,OutString,"",0,100)
194 | SerialIn (InString,Com4,100,CHR(13),100)
195 | SplitStr(Stock(),InString,"",11,0)
196 |
197 | NumPatch(3)=Stock(1)
198 | Temp(11)=Stock(2)
199 | Hum(11)=Stock(3)
200 | Temp(12)=Stock(4)
201 | Hum(12)=Stock(5)
202 | Temp(13)=Stock(6)
203 | Hum(13)=Stock(7)
204 | Temp(14)=Stock(8)
205 | Hum(14)=Stock(9)
206 | Temp(15)=Stock(10)
207 | Hum(15)=Stock(11)
208 |
209 | SerialFlush(Com4)
210 |
211 | OutString = "d"
212 | SerialOut (Com4,OutString,"",0,100)
213 | SerialIn (InString,Com4,100,CHR(13),100)
214 | SplitStr(Stock(),InString,"",11,0)
215 |
216 | NumPatch(4)=Stock(1)
217 | Temp(16)=Stock(2)
218 | Hum(16)=Stock(3)
219 | Temp(17)=Stock(4)
220 | Hum(17)=Stock(5)
221 | Temp(18)=Stock(6)
222 | Hum(18)=Stock(7)
223 | Temp(19)=Stock(8)
224 | Hum(19)=Stock(9)
225 | Temp(20)=Stock(10)
226 | Hum(20)=Stock(11)
227 |
228 | SerialFlush(Com4)
229 |
230 | OutString = "e"
231 | SerialOut (Com4,OutString,"",0,100)

```

```

231 SerialIn (InString,Com4,100,CHR(13),100)
232 SplitStr(Stock(),InString,"",11,0)
233
234 NumPatch(5)=Stock(1)
235 Temp(21)=Stock(2)
236 Hum(21)=Stock(3)
237 Temp(22)=Stock(4)
238 Hum(22)=Stock(5)
239 Temp(23)=Stock(6)
240 Hum(23)=Stock(7)
241 Temp(24)=Stock(8)
242 Hum(24)=Stock(9)
243 Temp(25)=Stock(10)
244 Hum(25)=Stock(11)
245
246 SerialFlush(Com4)
247
248 OutString = "f"
249 SerialOut (Com4,OutString,"",0,100)
250 SerialIn (InString,Com4,100,CHR(13),100)
251 SplitStr(Stock(),InString,"",11,0)
252
253 NumPatch(6)=Stock(1)
254 Temp(26)=Stock(2)
255 Hum(26)=Stock(3)
256 Temp(27)=Stock(4)
257 Hum(27)=Stock(5)
258 Temp(28)=Stock(6)
259 Hum(28)=Stock(7)
260 Temp(29)=Stock(8)
261 Hum(29)=Stock(9)
262 Temp(30)=Stock(10)
263 Hum(30)=Stock(11)
264
265 SerialFlush(Com4)
266
267 OutString = "g"
268 SerialOut (Com4,OutString,"",0,100)
269 SerialIn (InString,Com4,100,CHR(13),100)
270 SplitStr(Stock(),InString,"",11,0)
271

```

```

272 NumPatch(7)=Stock(1)
273 Temp(31)=Stock(2)
274 Hum(31)=Stock(3)
275 Temp(32)=Stock(4)
276 Hum(32)=Stock(5)
277 Temp(33)=Stock(6)
278 Hum(33)=Stock(7)
279 Temp(34)=Stock(8)
280 Hum(34)=Stock(9)
281 Temp(35)=Stock(10)
282 Hum(35)=Stock(11)
283
284 SerialFlush(Com4)
285
286 OutString = "h"
287 SerialOut (Com4,OutString,"",0,100)
288 SerialIn (InString,Com4,100,CHR(13),100)
289 SplitStr(Stock(),InString,"",11,0)
290
291 NumPatch(8)=Stock(1)
292 Temp(36)=Stock(2)
293 Hum(36)=Stock(3)
294 Temp(37)=Stock(4)
295 Hum(37)=Stock(5)
296 Temp(38)=Stock(6)
297 Hum(38)=Stock(7)
298 Temp(39)=Stock(8)
299 Hum(39)=Stock(9)
300 Temp(40)=Stock(10)
301 Hum(40)=Stock(11)
302
303 SerialFlush(Com4)
304
305 OutString = "i"
306 SerialOut (Com4,OutString,"",0,100)
307 SerialIn (InString,Com4,100,CHR(13),100)
308 SplitStr(Stock(),InString,"",11,0)
309
310 NumPatch(9)=Stock(1)
311 Temp(41)=Stock(2)
312 Hum(41)=Stock(3)
313
314 Temp(42)=Stock(4)
315 Hum(42)=Stock(5)
316 Temp(43)=Stock(6)
317 Hum(43)=Stock(7)
318 Temp(44)=Stock(8)
319 Hum(44)=Stock(9)
320 Temp(45)=Stock(10)
321 Hum(45)=Stock(11)
322
323 SerialFlush(Com4)
324
325 CallTable Sondes 'Appel la table Sondes pour y stocker les variables.
326 NextScan 'Fin du scan et passage au suivant
327 EndProg 'Fin du programme

```

Annexe 3 : Code d'acquisition des capteurs de l'Arduino MEGA

```
// Version 2 du code de lecture des DHT22

//Initialisation des variables
char cmd; // Caractère de commande envoyé par la Campbell correspondant au groupe de 5 capteurs
float hum1, hum2, hum3, hum4, hum5; // Variables de stockage des valeurs d'humidité des 5 sondes DHT22
float temp1, temp2, temp3, temp4, temp5; // Variables de stockage des valeurs de température des 5 sondes DHT22
int DATA; // Valeur allant de 1 à 9 pour savoir à quel groupe de 5 sondes appartiennent les valeurs

// ajout de la librairie Adafruit https://github.com/adafruit/DHT-sensor-library
#include <DHT.h>

// Initialise les DHT, renseigne la broche de l'arduino où est branché le capteur et le type de capteur ici DHT22//

DHT dht1(2, DHT22);
DHT dht2(3, DHT22);
DHT dht3(4, DHT22);
DHT dht4(5, DHT22);
DHT dht5(6, DHT22);
DHT dht6(7, DHT22);
DHT dht7(8, DHT22);
DHT dht8(9, DHT22);
DHT dht9(10, DHT22);
DHT dht10(11, DHT22);
DHT dht11(12, DHT22);
DHT dht12(13, DHT22);
DHT dht13(14, DHT22);
DHT dht14(15, DHT22);
DHT dht15(16, DHT22);
DHT dht16(17, DHT22);
DHT dht17(20, DHT22);
DHT dht18(21, DHT22);
DHT dht19(22, DHT22);
DHT dht20(23, DHT22);
DHT dht21(24, DHT22);

DHT dht22(25, DHT22);
DHT dht23(26, DHT22);
DHT dht24(27, DHT22);
DHT dht25(28, DHT22);
DHT dht26(29, DHT22);
DHT dht27(30, DHT22);
DHT dht28(31, DHT22);
DHT dht29(32, DHT22);
DHT dht30(33, DHT22);
DHT dht31(34, DHT22);
DHT dht32(35, DHT22);
DHT dht33(36, DHT22);
DHT dht34(37, DHT22);
DHT dht35(38, DHT22);
DHT dht36(39, DHT22);
DHT dht37(40, DHT22);
DHT dht38(41, DHT22);
DHT dht39(42, DHT22);
DHT dht40(43, DHT22);
DHT dht41(44, DHT22);
DHT dht42(45, DHT22);
DHT dht43(46, DHT22);
DHT dht44(47, DHT22);
DHT dht45(48, DHT22);

void setup()
{
    // Ouvre la communication série avec la CR1000
    Serial1.begin(9600);

    // Ouvre la communication des 45 sondes DHT22
    dht1.begin();
}
```

```

dht2.begin();
dht3.begin();
dht4.begin();
dht5.begin();
dht6.begin();
dht7.begin();
dht8.begin();
dht9.begin();
dht10.begin();
dht11.begin();
dht12.begin();
dht13.begin();
dht14.begin();
dht15.begin();
dht16.begin();
dht17.begin();
dht18.begin();
dht19.begin();
dht20.begin();
dht21.begin();
dht22.begin();
dht23.begin();
dht24.begin();
dht25.begin();
dht26.begin();
dht27.begin();
dht28.begin();
dht29.begin();
dht30.begin();
dht31.begin();
dht32.begin();
dht33.begin();
dht34.begin();
dht35.begin();

dht36.begin();
dht37.begin();
dht38.begin();
dht39.begin();
dht40.begin();
dht41.begin();
dht42.begin();
dht43.begin();
dht44.begin();
dht45.begin();
}

void loop() {

// Lis les caractères arrivant sur le port série (COM1 de l'ArduinoMega)
while (Serial1.available() > 0) { // Lecture du port série pour recevoir le caractère de commande de la CR1000
cmd = Serial1.read();           // Stocke le caractère dans la variable cmd

switch (cmd) {
case 'a':           // Lettre de la commande correspondant aux 5 premiers capteurs
DATA = 1;          // Numéro du groupe de capteurs interrogés

// Stockage des valeurs d'humidité et de température
hum1 = dht1.readHumidity();
temp1 = dht1.readTemperature();
hum2 = dht2.readHumidity();
temp2 = dht2.readTemperature();
hum3 = dht3.readHumidity();
temp3 = dht3.readTemperature();
hum4 = dht4.readHumidity();
temp4 = dht4.readTemperature();
hum5 = dht5.readHumidity();
temp5 = dht5.readTemperature();
}
}
}

```

```

// Création de la chaîne de caractère contenant les données de température et d'humidité relative des capteurs
// et envoi sur le port série (vers la CR1000).
Serial1.print(DATA);
Serial1.print(";"); Serial1.print(temp1) ; Serial1.print(";"); Serial1.print(hum1);
Serial1.print(";"); Serial1.print(temp2) ; Serial1.print(";"); Serial1.print(hum2);
Serial1.print(";"); Serial1.print(temp3) ; Serial1.print(";"); Serial1.print(hum3);
Serial1.print(";"); Serial1.print(temp4) ; Serial1.print(";"); Serial1.print(hum4);
Serial1.print(";"); Serial1.print(temp5) ; Serial1.print(";"); Serial1.print(hum5);

break;
// Passage au groupe de 5 sondes suivant et ainsi de suite.

case 'b':
DATA = 2;

hum1 = dht6.readHumidity();
temp1 = dht6.readTemperature();
hum2 = dht7.readHumidity();
temp2 = dht7.readTemperature();
hum3 = dht8.readHumidity();
temp3 = dht8.readTemperature();
hum4 = dht9.readHumidity();
temp4 = dht9.readTemperature();
hum5 = dht10.readHumidity();
temp5 = dht10.readTemperature();

Serial1.print(DATA);
Serial1.print(";"); Serial1.print(temp1) ; Serial1.print(";"); Serial1.print(hum1);
Serial1.print(";"); Serial1.print(temp2) ; Serial1.print(";"); Serial1.print(hum2);
Serial1.print(";"); Serial1.print(temp3) ; Serial1.print(";"); Serial1.print(hum3);
Serial1.print(";"); Serial1.print(temp4) ; Serial1.print(";"); Serial1.print(hum4);
Serial1.print(";"); Serial1.print(temp5) ; Serial1.print(";"); Serial1.print(hum5);

break;

case 'c':
DATA = 3;

hum1 = dht11.readHumidity();
temp1 = dht11.readTemperature();
hum2 = dht12.readHumidity();
temp2 = dht12.readTemperature();
hum3 = dht13.readHumidity();
temp3 = dht13.readTemperature();
hum4 = dht14.readHumidity();
temp4 = dht14.readTemperature();
hum5 = dht15.readHumidity();
temp5 = dht15.readTemperature();

Serial1.print(DATA);
Serial1.print(";"); Serial1.print(temp1) ; Serial1.print(";"); Serial1.print(hum1);
Serial1.print(";"); Serial1.print(temp2) ; Serial1.print(";"); Serial1.print(hum2);
Serial1.print(";"); Serial1.print(temp3) ; Serial1.print(";"); Serial1.print(hum3);
Serial1.print(";"); Serial1.print(temp4) ; Serial1.print(";"); Serial1.print(hum4);
Serial1.print(";"); Serial1.print(temp5) ; Serial1.print(";"); Serial1.print(hum5);

break;

case 'd':
DATA = 4;

hum1 = dht16.readHumidity();
temp1 = dht16.readTemperature();
hum2 = dht17.readHumidity();
temp2 = dht17.readTemperature();
hum3 = dht18.readHumidity();
temp3 = dht18.readTemperature();
hum4 = dht19.readHumidity();

```

```

temp4 = dht19.readTemperature();
hum5 = dht20.readHumidity();
temp5 = dht20.readTemperature();

Serial1.print(DATA);
Serial1.print(";"); Serial1.print(temp1) ; Serial1.print(";"); Serial1.print(hum1);
Serial1.print(";"); Serial1.print(temp2) ; Serial1.print(";"); Serial1.print(hum2);
Serial1.print(";"); Serial1.print(temp3) ; Serial1.print(";"); Serial1.print(hum3);
Serial1.print(";"); Serial1.print(temp4) ; Serial1.print(";"); Serial1.print(hum4);
Serial1.print(";"); Serial1.print(temp5) ; Serial1.print(";"); Serial1.print(hum5);

break;
case 'e':
DATA = 5;

hum1 = dht21.readHumidity();
temp1 = dht21.readTemperature();
hum2 = dht22.readHumidity();
temp2 = dht22.readTemperature();
hum3 = dht23.readHumidity();
temp3 = dht23.readTemperature();
hum4 = dht24.readHumidity();
temp4 = dht24.readTemperature();
hum5 = dht25.readHumidity();
temp5 = dht25.readTemperature();

Serial1.print(DATA);
Serial1.print(";"); Serial1.print(temp1) ; Serial1.print(";"); Serial1.print(hum1);
Serial1.print(";"); Serial1.print(temp2) ; Serial1.print(";"); Serial1.print(hum2);
Serial1.print(";"); Serial1.print(temp3) ; Serial1.print(";"); Serial1.print(hum3);
Serial1.print(";"); Serial1.print(temp4) ; Serial1.print(";"); Serial1.print(hum4);
Serial1.print(";"); Serial1.print(temp5) ; Serial1.print(";"); Serial1.print(hum5);

break;
case 'f':
DATA = 6;

hum1 = dht26.readHumidity();
temp1 = dht26.readTemperature();
hum2 = dht27.readHumidity();
temp2 = dht27.readTemperature();
hum3 = dht28.readHumidity();
temp3 = dht28.readTemperature();
hum4 = dht29.readHumidity();
temp4 = dht29.readTemperature();
hum5 = dht30.readHumidity();
temp5 = dht30.readTemperature();

Serial1.print(DATA);
Serial1.print(";"); Serial1.print(temp1) ; Serial1.print(";"); Serial1.print(hum1);
Serial1.print(";"); Serial1.print(temp2) ; Serial1.print(";"); Serial1.print(hum2);
Serial1.print(";"); Serial1.print(temp3) ; Serial1.print(";"); Serial1.print(hum3);
Serial1.print(";"); Serial1.print(temp4) ; Serial1.print(";"); Serial1.print(hum4);
Serial1.print(";"); Serial1.print(temp5) ; Serial1.print(";"); Serial1.print(hum5);

break;
case 'g':
DATA = 7;

hum1 = dht31.readHumidity();
temp1 = dht31.readTemperature();
hum2 = dht32.readHumidity();
temp2 = dht32.readTemperature();
hum3 = dht33.readHumidity();
temp3 = dht33.readTemperature();
hum4 = dht34.readHumidity();

```

```

temp4 = dht34.readTemperature();
hum5 = dht35.readHumidity();
temp5 = dht35.readTemperature();

Serial1.print(DATA);
Serial1.print(";"); Serial1.print(temp1) ; Serial1.print(";"); Serial1.print(hum1);
Serial1.print(";"); Serial1.print(temp2) ; Serial1.print(";"); Serial1.print(hum2);
Serial1.print(";"); Serial1.print(temp3) ; Serial1.print(";"); Serial1.print(hum3);
Serial1.print(";"); Serial1.print(temp4) ; Serial1.print(";"); Serial1.print(hum4);
Serial1.print(";"); Serial1.print(temp5) ; Serial1.print(";"); Serial1.print(hum5);

break;
case 'h':
DATA = 8;

hum1 = dht36.readHumidity();
temp1 = dht36.readTemperature();
hum2 = dht37.readHumidity();
temp2 = dht37.readTemperature();
hum3 = dht38.readHumidity();
temp3 = dht38.readTemperature();
hum4 = dht39.readHumidity();
temp4 = dht39.readTemperature();
hum5 = dht40.readHumidity();
temp5 = dht40.readTemperature();

Serial1.print(DATA);
Serial1.print(";"); Serial1.print(temp1) ; Serial1.print(";"); Serial1.print(hum1);
Serial1.print(";"); Serial1.print(temp2) ; Serial1.print(";"); Serial1.print(hum2);
Serial1.print(";"); Serial1.print(temp3) ; Serial1.print(";"); Serial1.print(hum3);
Serial1.print(";"); Serial1.print(temp4) ; Serial1.print(";"); Serial1.print(hum4);
Serial1.print(";"); Serial1.print(temp5) ; Serial1.print(";"); Serial1.print(hum5);

break;
case 'i':
DATA = 9;

hum1 = dht41.readHumidity();
temp1 = dht41.readTemperature();
hum2 = dht42.readHumidity();
temp2 = dht42.readTemperature();
hum3 = dht43.readHumidity();
temp3 = dht43.readTemperature();
hum4 = dht44.readHumidity();
temp4 = dht44.readTemperature();
hum5 = dht45.readHumidity();
temp5 = dht45.readTemperature();

Serial1.print(DATA);
Serial1.print(";"); Serial1.print(temp1) ; Serial1.print(";"); Serial1.print(hum1);
Serial1.print(";"); Serial1.print(temp2) ; Serial1.print(";"); Serial1.print(hum2);
Serial1.print(";"); Serial1.print(temp3) ; Serial1.print(";"); Serial1.print(hum3);
Serial1.print(";"); Serial1.print(temp4) ; Serial1.print(";"); Serial1.print(hum4);
Serial1.print(";"); Serial1.print(temp5) ; Serial1.print(";"); Serial1.print(hum5);

break;
// message de debug
default:
Serial1.println("caractere non valide");
}
}
}

```

Annexe 4 : Statistiques du Poids des larves

ANOVA à un facteur contrôlé du poids des larves du 09/11

Méthode

Hypothèse nulle Toutes les moyennes sont égales
Hypothèse alternative Au moins une moyenne est différente
Seuil de signification $\alpha = 0,05$

Les variances ont été supposées égales pour l'analyse.

Informations sur les facteurs

Facteur Niveaux Valeurs
Facteur 3 brassage1; brassage2; témoin

Analyse de variance

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Facteur	2	0,000179	0,000090	2,42	0,170
Erreur	6	0,000223	0,000037		
Total	8	0,000402			

Récapitulatif du modèle

S	R carré	R carré (ajust)	R carré (prév)
0,0060944	44,60%	26,13%	0,00%

Moyennes

Facteur	N	Moyenne	EcTyp	IC à 95 %
brassage1	3	0,02300	0,00000	(0,01439; 0,03161)
brassage2	3	0,03264	0,01030	(0,02403; 0,04125)
témoin	3	0,02334	0,00231	(0,01473; 0,03195)

Ecart type regroupé = 0,00609436

ANOVA à un facteur contrôlé du poids des larves du 13/11

Méthode

Hypothèse nulle Toutes les moyennes sont égales
Hypothèse alternative Au moins une moyenne est différente
Seuil de signification $\alpha = 0,05$

Les variances ont été supposées égales pour l'analyse.

Informations sur les facteurs

Facteur Niveaux Valeurs
Facteur 3 brassage1; brassage2; témoin

Analyse de variance

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Facteur	2	0,000570	0,000285	4,49	0,064
Erreur	6	0,000380	0,000063		
Total	8	0,000950			

Récapitulatif du modèle

S	R carré	R carré (ajust)	R carré (prév)
0,0079628	59,96%	46,61%	9,90%

Moyennes

Facteur	N	Moyenne	EcTyp	IC à 95 %
brassage1	3	0,08345	0,00489	(0,07220; 0,09470)
brassage2	3	0,10170	0,01153	(0,09046; 0,11295)
témoin	3	0,08667	0,00577	(0,07542; 0,09792)

Ecart type regroupé = 0,00796280

ANOVA à un facteur contrôlé du poids des larves du 17/11

Méthode

Hypothèse nulle Toutes les moyennes sont égales
Hypothèse alternative Au moins une moyenne est différente
Seuil de signification $\alpha = 0,05$

Les variances ont été supposées égales pour l'analyse.

Informations sur les facteurs

Facteur Niveaux Valeurs
Facteur 3 brassage1; brassage2; témoin

Analyse de variance

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Facteur	2	0,000532	0,000266	9,13	0,015
Erreur	6	0,000175	0,000029		
Total	8	0,000706			

Récapitulatif du modèle

S	R carré	R carré (ajust)	R carré (prév)
0,0053953	75,27%	67,03%	44,36%

Moyennes

Facteur	N	Moyenne	EcTyp	IC à 95 %
brassage1	3	0,18525	0,00455	(0,17763; 0,19287)
brassage2	3	0,17333	0,00577	(0,16571; 0,18096)
témoin	3	0,16667	0,00577	(0,15904; 0,17429)

Ecart type regroupé = 0,00539528

Comparaisons deux à deux de Tukey

Informations de groupement avec la méthode de Tukey et un niveau de confiance de 95 %

Facteur	N	Moyenne	Groupement
brassage1	3	0,18525	A
brassage2	3	0,17333	A B
témoin	3	0,16667	B

Les moyennes ne partageant aucune lettre sont significativement différentes.

Annexe 5 : Statistiques du pH

pH du substrat

ANOVA à un facteur contrôlé du pH dans le substrat du 04/11

Méthode

Hypothèse nulle Toutes les moyennes sont égales
Hypothèse alternative Au moins une moyenne est différente
Seuil de signification $\alpha = 0,05$

Les variances ont été supposées égales pour l'analyse.

Informations sur les facteurs

Facteur Niveaux Valeurs
Facteur 3 brassage1; brassage2; témoin

Analyse de variance

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Facteur	2	0,01642	0,008211	2,09	0,205
Erreur	6	0,02360	0,003933		
Total	8	0,04002			

Récapitulatif du modèle

S	R carré	R carré (ajust)	R carré (prév)
0,0627163	41,03%	21,38%	0,00%

Moyennes

Facteur	N	Moyenne	EcTyp	IC à 95 %
brassage1	3	4,3433	0,0321	(4,2547; 4,4319)
brassage2	3	4,3667	0,0902	(4,2781; 4,4553)
témoin	3	4,4433	0,0513	(4,3547; 4,5319)

Ecart type regroupé = 0,0627163

ANOVA à un facteur contrôlé du pH dans le substrat du 05/11

Méthode

Hypothèse nulle Toutes les moyennes sont égales
Hypothèse alternative Au moins une moyenne est différente
Seuil de signification $\alpha = 0,05$

Les variances ont été supposées égales pour l'analyse.

Informations sur les facteurs

Facteur	Niveaux	Valeurs
Facteur	3	brassage1; brassage2; témoin

Analyse de variance

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Facteur	2	0,004289	0,002144	0,47	0,648
Erreur	6	0,027600	0,004600		
Total	8	0,031889			

Récapitulatif du modèle

S	R carré	R carré (ajust)	R carré (prév)
0,0678233	13,45%	0,00%	0,00%

Moyennes

Facteur	N	Moyenne	EcTyp	IC à 95 %
brassage1	3	4,3733	0,0208	(4,2775; 4,4691)
brassage2	3	4,3433	0,0723	(4,2475; 4,4391)
témoin	3	4,3967	0,0902	(4,3009; 4,4925)

Ecart type regroupé = 0,0678233

ANOVA à un facteur contrôlé du pH dans le substrat du 09/11

Méthode

Hypothèse nulle Toutes les moyennes sont égales
Hypothèse alternative Au moins une moyenne est différente
Seuil de signification $\alpha = 0,05$

Les variances ont été supposées égales pour l'analyse.

Informations sur les facteurs

Facteur Niveaux Valeurs
Facteur 3 brassage1; brassage2; témoin

Analyse de variance

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Facteur	2	0,002400	0,001200	0,31	0,744
Erreur	6	0,023200	0,003867		
Total	8	0,025600			

Récapitulatif du modèle

S	R carré	R carré (ajust)	R carré (prév)
0,0621825	9,38%	0,00%	0,00%

Moyennes

Facteur	N	Moyenne	EcTyp	IC à 95 %
brassage1	3	4,1733	0,0723	(4,0855; 4,2612)
brassage2	3	4,1933	0,0416	(4,1055; 4,2812)
témoin	3	4,2133	0,0681	(4,1255; 4,3012)

Ecart type regroupé = 0,0621825

ANOVA à un facteur contrôlé du pH dans le substrat du 13/11

Méthode

Hypothèse nulle Toutes les moyennes sont égales
Hypothèse alternative Au moins une moyenne est différente
Seuil de signification $\alpha = 0,05$

Les variances ont été supposées égales pour l'analyse.

Informations sur les facteurs

Facteur Niveaux Valeurs
Facteur 3 brassage1; brassage2; témoin

Analyse de variance

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Facteur	2	0,07642	0,03821	1,90	0,230
Erreur	6	0,12073	0,02012		
Total	8	0,19716			

Récapitulatif du modèle

S	R carré	R carré (ajust)	R carré (prév)

0,141853 38,76% 18,35% 0,00%

Moyennes

Facteur	N	Moyenne	EcTyp	IC à 95 %
brassage1	3	4,2033	0,1677	(4,0029; 4,4037)
brassage2	3	4,3433	0,0473	(4,1429; 4,5437)
témoin	3	4,120	0,173	(3,920; 4,320)

Ecart type regroupé = 0,141853

ANOVA à un facteur contrôlé du pH dans le substrat du 17/11

Méthode

Hypothèse nulle Toutes les moyennes sont égales
Hypothèse alternative Au moins une moyenne est différente
Seuil de signification $\alpha = 0,05$

Les variances ont été supposées égales pour l'analyse.

Informations sur les facteurs

Facteur	Niveaux	Valeurs
Facteur	3	brassage1; brassage2; témoin

Analyse de variance

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Facteur	2	2,6774	1,3387	11,35	0,009
Erreur	6	0,7078	0,1180		
Total	8	3,3852			

Récapitulatif du modèle

S	R carré	R carré (ajust)	R carré (prév)
0,343463	79,09%	72,12%	52,95%

Moyennes

Facteur	N	Moyenne	EcTyp	IC à 95 %
Brassage1	3	4,4967	0,0451	(4,0114; 4,9819)
Brassage2	3	5,563	0,523	(5,078; 6,049)
témoin	3	5,727	0,280	(5,241; 6,212)

Ecart type regroupé = 0,343463

Comparaisons deux à deux de Tukey sur les valeurs de pH du 17/11

Informations de groupement avec la méthode de Tukey et un niveau de confiance de 95 %

Facteur	N	Moyenne	Groupement
brassage1	3	4,4967	B
brassage2	3	5,563	A
témoin	3	5,727	A

Les moyennes ne partageant aucune lettre sont significativement différentes.

pH en surface du substrat

ANOVA à un facteur contrôlé du pH en surface du 17/11

Méthode

Hypothèse nulle Toutes les moyennes sont égales
Hypothèse alternative Au moins une moyenne est différente
Seuil de signification $\alpha = 0,05$

Les variances ont été supposées égales pour l'analyse.

Informations sur les facteurs

Facteur Niveaux Valeurs
Facteur 3 Brassage1; Brassage2; Témoin

Analyse de variance

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Facteur	2	3,369	1,6844	9,68	0,013
Erreur	6	1,044	0,1741		
Total	8	4,413			

Récapitulatif du modèle

S	R carré	R carré (ajust)	R carré (prév)
0,417213	76,34%	68,45%	46,75%

Moyennes

Facteur	N	Moyenne	EcTyp	IC à 95 %
Brassage1	3	5,807	0,615	(5,217; 6,396)
Brassage2	3	7,2733	0,1674	(6,6839; 7,8627)
Témoin	3	6,807	0,341	(6,217; 7,396)

Ecart type regroupé = 0,417213

Comparaisons deux à deux de Tukey

Informations de groupement avec la méthode de Tukey et un niveau de confiance de 95 %

Facteur	N	Moyenne	Groupement
Brassage1	3	5,807	B
Brassage2	3	7,2733	A
Témoin	3	6,807	A B

Les moyennes ne partageant aucune lettre sont significativement différentes.

Comparaison entre le pH du substrat et en surface du substrat

ANOVA à un facteur contrôlé de la comparaison du pH en surface et dans le substrat de la modalité B1

Méthode

Hypothèse nulle Toutes les moyennes sont égales
Hypothèse alternative Au moins une moyenne est différente
Seuil de signification $\alpha = 0,05$

Les variances ont été supposées égales pour l'analyse.

Informations sur les facteurs

Facteur Niveaux Valeurs
Facteur 2 pH_substrat_B1; pH_surface_B1

Analyse de variance

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Facteur	1	2,5741	2,5741	13,54	0,021
Erreur	4	0,7603	0,1901		
Total	5	3,3345			

Récapitulatif du modèle

S	R carré	R carré (ajust)	R carré (prév)
0,435985	77,20%	71,50%	48,70%

Moyennes

Facteur	N	Moyenne	EcTyp	IC à 95 %
pH_surface_B1	3	5,807	0,615	(5,108; 6,506)
pH_substrat_B1	3	4,4967	0,0451	(3,7978; 5,1955)

Ecart type regroupé = 0,435985

Comparaisons deux à deux de Tukey

Informations de groupement avec la méthode de Tukey et un niveau de confiance de 95 %

Facteur	N	Moyenne	Groupement
pH_surface_B1	3	5,807	A
pH_substrat_B1	3	4,4967	B

Les moyennes ne partageant aucune lettre sont significativement différentes.

ANOVA à un facteur contrôlé du pH en surface et dans le substrat de la modalité B2

Méthode

Hypothèse nulle Toutes les moyennes sont égales
Hypothèse alternative Au moins une moyenne est différente
Seuil de signification $\alpha = 0,05$

Les variances ont été supposées égales pour l'analyse.

Informations sur les facteurs

Facteur Niveaux Valeurs
Facteur 2 pH_substrat_B2; pH_surface_B2

Analyse de variance

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Facteur	1	4,3862	4,3862	29,12	0,006
Erreur	4	0,6025	0,1506		
Total	5	4,9887			

Récapitulatif du modèle

S	R carré	R carré (ajust)	R carré (prév)
0,388115	87,92%	84,90%	72,82%

Moyennes

Facteur	N	Moyenne	EcTyp	IC à 95 %
pH_surface_B2	3	7,2733	0,1674	(6,6512; 7,8955)
pH_substrat_B2	3	5,563	0,523	(4,941; 6,185)

Ecart type regroupé = 0,388115

Comparaisons deux à deux de Tukey

Informations de groupement avec la méthode de Tukey et un niveau de confiance de 95 %

Facteur	N	Moyenne	Groupement
pH_surface_B2	3	7,2733	A
pH_substrat_B2	3	5,563	B

Les moyennes ne partageant aucune lettre sont significativement différentes.

ANOVA à un facteur contrôlé du pH en surface et dans le substrat de la modalité T

Méthode

Hypothèse nulle Toutes les moyennes sont égales
Hypothèse alternative Au moins une moyenne est différente
Seuil de signification $\alpha = 0,05$

Les variances ont été supposées égales pour l'analyse.

Informations sur les facteurs

Facteur Niveaux Valeurs
Facteur 2 pH_substrat_T; pH_surface_T

Analyse de variance

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Facteur	1	1,7496	1,74960	17,98	0,013
Erreur	4	0,3893	0,09733		
Total	5	2,1389			

Récapitulatif du modèle

S	R carré	R carré (ajust)	R carré (prév)
0,311983	81,80%	77,25%	59,05%

Moyennes

Facteur	N	Moyenne	EcTyp	IC à 95 %
pH_surface_T	3	6,807	0,341	(6,307; 7,307)
pH_substrat_T	3	5,727	0,280	(5,227; 6,227)

Ecart type regroupé = 0,311983

Comparaisons deux à deux de Tukey

Informations de groupement avec la méthode de Tukey et un niveau de confiance de 95 %

Facteur	N	Moyenne	Groupement
pH_surface_T	3	6,807	A
pH_substrat_T	3	5,727	B

Les moyennes ne partageant aucune lettre sont significativement différentes.

Annexe 6 : Statistiques relatives à l'humidité du substrat et en surface du substrat

Humidité en surface du substrat

ANOVA à un facteur contrôlé de l'humidité en surface du 09/11

Méthode

Hypothèse nulle Toutes les moyennes sont égales
Hypothèse alternative Au moins une moyenne est différente
Seuil de signification $\alpha = 0,05$

Les variances ont été supposées égales pour l'analyse.

Informations sur les facteurs

Facteur Niveaux Valeurs
Facteur 3 brassage1; brassage2; témoin

Analyse de variance

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Facteur	2	11,030	5,515	4,56	0,062
Erreur	6	7,251	1,209		
Total	8	18,281			

Récapitulatif du modèle

S	R carré	R carré (ajust)	R carré (prév)
1,09933	60,33%	47,11%	10,75%

Moyennes

Facteur	N	Moyenne	EcTyp	IC à 95 %
brassage1	3	87,164	1,418	(85,611; 88,717)
brassage2	3	84,775	1,190	(83,222; 86,328)
témoin	3	87,081	0,443	(85,528; 88,634)

Ecart type regroupé = 1,09933

ANOVA à un facteur contrôlé de l'humidité en surface du 13/11

Méthode

Hypothèse nulle Toutes les moyennes sont égales
Hypothèse alternative Au moins une moyenne est différente
Seuil de signification $\alpha = 0,05$

Les variances ont été supposées égales pour l'analyse.

Informations sur les facteurs

Facteur Niveaux Valeurs
 Facteur 3 brassage1; brassage2; témoin

Analyse de variance

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Facteur	2	42,761	21,381	14,12	0,005
Erreur	6	9,083	1,514		
Total	8	51,845			

Récapitulatif du modèle

S	R carré	R carré (ajust)	R carré (prév)
1,23039	82,48%	76,64%	60,58%

Moyennes

Facteur	N	Moyenne	EcTyp	IC à 95 %
brassage1	3	84,574	0,937	(82,836; 86,312)
brassage2	3	88,977	0,259	(87,239; 90,715)
témoin	3	89,39	1,90	(87,65; 91,13)

Ecart type regroupé = 1,23039

Comparaisons deux à deux de Tukey

Informations de groupement avec la méthode de Tukey et un niveau de confiance de 95 %

Facteur	N	Moyenne	Groupement
brassage1	3	84,574	B
brassage2	3	88,977	A
témoin	3	89,39	A

Les moyennes ne partageant aucune lettre sont significativement différentes.

ANOVA à un facteur de l'humidité en surface du 17/11

Méthode

Hypothèse nulle Toutes les moyennes sont égales
 Hypothèse alternative Au moins une moyenne est différente
 Seuil de signification $\alpha = 0,05$

Les variances ont été supposées égales pour l'analyse.

Informations sur les facteurs

Facteur Niveaux Valeurs
 Facteur 3 brassage1; brassage2; témoin

Analyse de variance

SomCar	Valeur
--------	--------

Source	DL	ajust	CM ajust	Valeur F	de p
Facteur	2	34,660	17,330	15,02	0,005
Erreur	6	6,921	1,153		
Total	8	41,581			

Récapitulatif du modèle

S	R carré	R carré (ajust)	R carré (prév)
1,07399	83,36%	77,81%	62,55%

Moyennes

Facteur	N	Moyenne	EcTyp	IC à 95 %
brassage1	3	88,858	1,437	(87,341; 90,376)
brassage2	3	92,7217	0,1553	(91,2045; 94,2390)
témoin	3	93,267	1,171	(91,750; 94,785)

Ecart type regroupé = 1,07399

Comparaisons deux à deux de Tukey

Informations de groupement avec la méthode de Tukey et un niveau de confiance de 95 %

Facteur	N	Moyenne	Groupement
brassage1	3	88,858	B
brassage2	3	92,7217	A
témoin	3	93,267	A

Les moyennes ne partageant aucune lettre sont significativement différentes.

Humidité du substrat

ANOVA à un facteur contrôlé de l'humidité du substrat du 09/11

Méthode

Hypothèse nulle Toutes les moyennes sont égales
Hypothèse alternative Au moins une moyenne est différente
Seuil de signification $\alpha = 0,05$

Les variances ont été supposées égales pour l'analyse.

Informations sur les facteurs

Facteur	Niveaux	Valeurs
Facteur	3	brassage1; brassage2; témoin

Analyse de variance

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Facteur	2	2,585	1,2923	4,28	0,070
Erreur	6	1,810	0,3017		
Total	8	4,395			

Récapitulatif du modèle

	S	R carré	R carré (ajust)	R carré (prév)
	0,549273	58,81%	45,08%	7,32%

Moyennes

Facteur	N	Moyenne	EcTyp	IC à 95 %
brassage1	3	87,130	0,419	(86,354; 87,906)
brassage2	3	87,371	0,668	(86,595; 88,147)
témoin	3	88,368	0,532	(87,592; 89,144)

Ecart type regroupé = 0,549273

ANOVA à un facteur contrôlé de l'humidité du substrat du 13/11

Méthode

Hypothèse nulle Toutes les moyennes sont égales
Hypothèse alternative Au moins une moyenne est différente
Seuil de signification $\alpha = 0,05$

Les variances ont été supposées égales pour l'analyse.

Informations sur les facteurs

Facteur	Niveaux	Valeurs
Facteur	3	brassage1; brassage2; témoin

Analyse de variance

Source	DL	SomCar	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Facteur	2	7,614	3,8070	6,67	0,030
Erreur	6	3,427	0,5712		
Total	8	11,041			

Récapitulatif du modèle

	S	R carré	R carré (ajust)	R carré (prév)
	0,755766	68,96%	58,61%	30,16%

Moyennes

Facteur	N	Moyenne	EcTyp	IC à 95 %
brassage1	3	85,911	1,193	(84,843; 86,979)
brassage2	3	87,543	0,495	(86,475; 88,611)
témoin	3	88,072	0,215	(87,004; 89,140)

Ecart type regroupé = 0,755766

Comparaisons deux à deux de Tukey

Informations de groupement avec la méthode de Tukey et un niveau de confiance de 95 %

Facteur	N	Moyenne	Groupement
brassage1	3	85,911	B
brassage2	3	87,543	A B
témoin	3	88,072	A

Les moyennes ne partageant aucune lettre sont significativement différentes.

ANOVA à un facteur contrôlé de l'humidité du substrat du 17/11

Méthode

Hypothèse nulle Toutes les moyennes sont égales
Hypothèse alternative Au moins une moyenne est différente
Seuil de signification $\alpha = 0,05$

Les variances ont été supposées égales pour l'analyse.

Informations sur les facteurs

Facteur	Niveaux	Valeurs
Facteur	3	brassage1; brassage2; témoin

Analyse de variance

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Facteur	2	5,820	2,9100	6,22	0,034
Erreur	6	2,806	0,4677		
Total	8	8,626			

Récapitulatif du modèle

S	R carré	R carré (ajust)	R carré (prév)
0,683875	67,47%	56,63%	26,81%

Moyennes

Facteur	N	Moyenne	EcTyp	IC à 95 %
brassage1	3	87,535	1,092	(86,569; 88,502)
brassage2	3	89,134	0,371	(88,168; 90,100)
témoin	3	89,332	0,270	(88,365; 90,298)

Ecart type regroupé = 0,683875

Comparaisons deux à deux de Tukey

Informations de groupement avec la méthode de Tukey et un niveau de confiance de 95 %

Facteur	N	Moyenne	Groupement
brassage1	3	87,535	B
brassage2	3	89,134	A B
témoin	3	89,332	A

Les moyennes ne partageant aucune lettre sont significativement différentes.

Comparaison entre l'humidité du substrat et en surface

ANOVA à un facteur contrôlé de la comparaison entre l'humidité du substrat et en surface de la modalité B1 du 09/11

Méthode

Hypothèse nulle	Toutes les moyennes sont égales
Hypothèse alternative	Au moins une moyenne est différente
Seuil de signification	$\alpha = 0,05$

Les variances ont été supposées égales pour l'analyse.

Informations sur les facteurs

Facteur	Niveaux	Valeurs
Facteur	2	B1_substrat_09/11; B1_surface_09/11

Analyse de variance

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Facteur	1	0,00168	0,00168	0,00	0,971
Erreur	4	4,37541	1,09385		
Total	5	4,37709			

Récapitulatif du modèle

S	R carré	R carré (ajust)	R carré (prév)
1,04587	0,04%	0,00%	0,00%

Moyennes

Facteur	N	Moyenne	EcTyp	IC à 95 %
B1_substrat_09/11	3	87,130	0,419	(85,454; 88,807)
B1_surface_09/11	3	87,164	1,418	(85,487; 88,840)

Ecart type regroupé = 1,04587

ANOVA à un facteur contrôlé de la comparaison entre l'humidité du substrat et en surface de la modalité B2 du 09/11

Méthode

Hypothèse nulle Toutes les moyennes sont égales
Hypothèse alternative Au moins une moyenne est différente
Seuil de signification $\alpha = 0,05$

Les variances ont été supposées égales pour l'analyse.

Informations sur les facteurs

Facteur Niveaux Valeurs
Facteur 2 B2_substrat_09/11; B2_surface_09/11

Analyse de variance

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Facteur	1	10,106	10,1059	10,85	0,030
Erreur	4	3,726	0,9315		
Total	5	13,832			

Récapitulatif du modèle

S	R carré	R carré (ajust)	R carré (prév)
0,965166	73,06%	66,33%	39,39%

Moyennes

Facteur	N	Moyenne	EcTyp	IC à 95 %
B2_substrat_09/11	3	87,371	0,668	(85,823; 88,918)
B2_surface_09/11	3	84,775	1,190	(83,228; 86,322)

Ecart type regroupé = 0,965166

ANOVA à un facteur contrôlé de la comparaison entre l'humidité du substrat et en surface de la modalité T du 09/11

Méthode

Hypothèse nulle Toutes les moyennes sont égales
Hypothèse alternative Au moins une moyenne est différente
Seuil de signification $\alpha = 0,05$

Les variances ont été supposées égales pour l'analyse.

Informations sur les facteurs

Facteur Niveaux Valeurs
Facteur 2 T_substrat_09/11; T_surface_09/11

Analyse de variance

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Facteur	1	2,4847	2,4847	10,36	0,032
Erreur	4	0,9598	0,2399		
Total	5	3,4445			

Récapitulatif du modèle

S	R carré	R carré (ajust)	R carré (prév)
0,489845	72,14%	65,17%	37,30%

Moyennes

Facteur	N	Moyenne	EcTyp	IC à 95 %
T_substrat_09/11	3	88,368	0,532	(87,583; 89,153)
T_surface_09/11	3	87,081	0,443	(86,296; 87,866)

Ecart type regroupé = 0,489845

ANOVA à un facteur contrôlé de la comparaison entre l'humidité du substrat et en surface de la modalité B1 du 13/11

Méthode

Hypothèse nulle Toutes les moyennes sont égales
Hypothèse alternative Au moins une moyenne est différente
Seuil de signification $\alpha = 0,05$

Les variances ont été supposées égales pour l'analyse.

Informations sur les facteurs

Facteur Niveaux Valeurs
Facteur 2 B1_substrat_13/11; B1_surface_13/11

Analyse de variance

Source	DL	SomCar		Valeur F	Valeur de p
		ajust	CM ajust		
Facteur	1	2,681	2,681	2,33	0,202
Erreur	4	4,601	1,150		
Total	5	7,282			

Récapitulatif du modèle

S	R carré	R carré (ajust)	R carré (prév)
1,07248	36,82%	21,02%	0,00%

Moyennes

Facteur	N	Moyenne	EcTyp	IC à 95 %
B1_substrat_13/11	3	85,911	1,193	(84,192; 87,630)
B1_surface_13/11	3	84,574	0,937	(82,855; 86,293)

Ecart type regroupé = 1,07248

ANOVA à un facteur contrôlé de la comparaison entre l'humidité du substrat et en surface de la modalité B2 du 13/11

Méthode

Hypothèse nulle Toutes les moyennes sont égales
Hypothèse alternative Au moins une moyenne est différente
Seuil de signification $\alpha = 0,05$

Les variances ont été supposées égales pour l'analyse.

Informations sur les facteurs

Facteur Niveaux Valeurs
Facteur 2 B2_substrat_13/11; B2_surface_13/11

Analyse de variance

Source	DL	SomCar		Valeur F	Valeur de p
		ajust	CM ajust		
Facteur	1	3,0851	3,0851	19,74	0,011
Erreur	4	0,6251	0,1563		
Total	5	3,7102			

Récapitulatif du modèle

S	R carré	R carré (ajust)	R carré (prév)
0,395305	83,15%	78,94%	62,09%

Moyennes

Facteur	N	Moyenne	EcTyp	IC à 95 %
B2_substrat_13/11	3	87,543	0,495	(86,909; 88,177)
B2_surface_13/11	3	88,977	0,259	(88,343; 89,611)

Ecart type regroupé = 0,395305

ANOVA à un facteur contrôlé de la comparaison entre l'humidité du substrat et en surface de la modalité T du 13/11

Méthode

Hypothèse nulle Toutes les moyennes sont égales
Hypothèse alternative Au moins une moyenne est différente
Seuil de signification $\alpha = 0,05$

Les variances ont été supposées égales pour l'analyse.

Informations sur les facteurs

Facteur	Niveaux	Valeurs
Facteur	2	T_substrat_13/11; T_surface_13/11

Analyse de variance

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Facteur	1	2,610	2,610	1,43	0,297
Erreur	4	7,284	1,821		
Total	5	9,894			

Récapitulatif du modèle

S	R carré	R carré (ajust)	R carré (prév)
1,34947	26,38%	7,97%	0,00%

Moyennes

Facteur	N	Moyenne	EcTyp	IC à 95 %
T_substrat_13/11	3	88,072	0,215	(85,909; 90,235)
T_surface_13/11	3	89,39	1,90	(87,23; 91,55)

Ecart type regroupé = 1,34947

ANOVA à un facteur contrôlé de la comparaison entre l'humidité du substrat et en surface de la modalité B1 du 17/11

Méthode

Hypothèse nulle Toutes les moyennes sont égales
Hypothèse alternative Au moins une moyenne est différente
Seuil de signification $\alpha = 0,05$

Les variances ont été supposées égales pour l'analyse.

Informations sur les facteurs

Facteur Niveaux Valeurs
Facteur 2 B1_substrat_17/11; B1_surface_17/11

Analyse de variance

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Facteur	1	2,626	2,626	1,61	0,273
Erreur	4	6,514	1,628		
Total	5	9,140			

Récapitulatif du modèle

S	R carré	R carré (ajust)	R carré (prév)
1,27613	28,73%	10,91%	0,00%

Moyennes

Facteur	N	Moyenne	EcTyp	IC à 95 %
B1_substrat_17/11	3	87,535	1,092	(85,490; 89,581)
B1_surface_17/11	3	88,858	1,437	(86,813; 90,904)

Ecart type regroupé = 1,27613

ANOVA à un facteur contrôlé de la comparaison entre l'humidité du substrat et en surface de la modalité B2 du 17/11

Méthode

Hypothèse nulle Toutes les moyennes sont égales
Hypothèse alternative Au moins une moyenne est différente
Seuil de signification $\alpha = 0,05$

Les variances ont été supposées égales pour l'analyse.

Informations sur les facteurs

Facteur Niveaux Valeurs
Facteur 2 B2_substrat_17/11; B2_surface_17/11

Analyse de variance

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Facteur	1	19,3098	19,3098	238,79	0,000
Erreur	4	0,3235	0,0809		
Total	5	19,6333			

Récapitulatif du modèle

S	R carré	R carré (ajust)	R carré (prév)
0,284370	98,35%	97,94%	96,29%

Moyennes

Facteur	N	Moyenne	EcTyp	IC à 95 %
B2_substrat_17/11	3	89,134	0,371	(88,678; 89,590)
B2_surface_17/11	3	92,7217	0,1553	(92,2659; 93,1775)

Ecart type regroupé = 0,284370

ANOVA à un facteur contrôlé de la comparaison entre l'humidité du substrat et en surface de la modalité T du 17/11

Méthode

Hypothèse nulle Toutes les moyennes sont égales
Hypothèse alternative Au moins une moyenne est différente
Seuil de signification $\alpha = 0,05$

Les variances ont été supposées égales pour l'analyse.

Informations sur les facteurs

Facteur Niveaux Valeurs
Facteur 2 T_substrat_17/11; T_surface_17/11

Analyse de variance

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Facteur	1	23,236	23,2356	32,17	0,005
Erreur	4	2,889	0,7223		
Total	5	26,125			

Récapitulatif du modèle

S	R carré	R carré (ajust)	R carré (prév)
0,849906	88,94%	86,18%	75,12%

Moyennes

Facteur	N	Moyenne	EcTyp	IC à 95 %
T_substrat_17/11	3	89,332	0,270	(87,969; 90,694)
T_surface_17/11	3	93,267	1,171	(91,905; 94,630)

Ecart type regroupé = 0,849906