

## Carte de multiplexage 160 voies RS232 : Connection de 160 balances dans un dispositif de phénotypage

Stéphane Berthézène<sup>1</sup>, Jean-Marc Bonnefond<sup>2</sup>, Philippe Naudin<sup>1,3</sup>

**Résumé.** La demande croissante en phénotypage haut débit nécessite des acquisitions de mesures automatisées d'un grand nombre de périphériques. Une solution pour faire dialoguer un ordinateur et ces périphériques est la liaison port série-RS232, nécessitant l'extension du nombre de ports *via* une carte électronique de multiplexage. Un partenariat entre le LEPSE (Laboratoire Ecophysiologie des Plantes sous Stress Environnementaux INRA Montpellier), EGFV (Ecophysiologie et Génomique Fonctionnelle de la Vigne INRA Bordeaux) et ISPA (Interaction Sol Plante Atmosphère INRA Bordeaux) a permis de développer une carte de multiplexage 160 voies permettant de faire communiquer une machine informatique avec 160 balances d'une plateforme de phénotypage (Phénodyn). Après des tests concluants, elle est maintenant produite par l'entreprise IACA et utilisée dans différentes plateformes de phénotypage haut-débit (Montpellier, Bordeaux, Lancaster University).

**Mots clés :** multiplexeur, carte de multiplexage, périphériques, balances, port série RS232

### Introduction

Le port série est très largement utilisé pour faire communiquer un ordinateur et des périphériques (informatiques, matériels de mesures...). Cependant, le nombre de ports série est limité pour chaque ordinateur, et d'autant plus lorsqu'il s'agit de communiquer avec des centaines de périphériques (exemple : balances en serre ou chambre de culture). Une solution est le multiplexage qui permet l'extension du nombre de ports *via* une carte électronique de multiplexage. La carte de multiplexage est connectée au PC. Elle est composée d'un grand nombre de ports auxquels on connectera les équipements. On peut imaginer qu'une carte multiplexeur n'est autre qu'une multitude d'interrupteurs permettant la communication bidirectionnelle des données entre une machine informatique et les appareils connectés.

Il existe sur le marché des cartes permettant de rajouter des ports série à un ordinateur, mais difficilement au-delà de 10 ou 20 ports (exemple: Carte PCI Express RS-232 à 16 ports CP-116E-A).

Un partenariat entre le LEPSE (Laboratoire Ecophysiologie des Plantes sous Stress Environnementaux INRA Montpellier), EGFV (Ecophysiologie et Génomique Fonctionnelle de la Vigne INRA Bordeaux) et ISPA

---

<sup>1</sup> INRA UMR 759 LEPSE, 2 place Viala, F-34060 Montpellier, France ; [bertheze@supagro.inra.fr](mailto:bertheze@supagro.inra.fr)

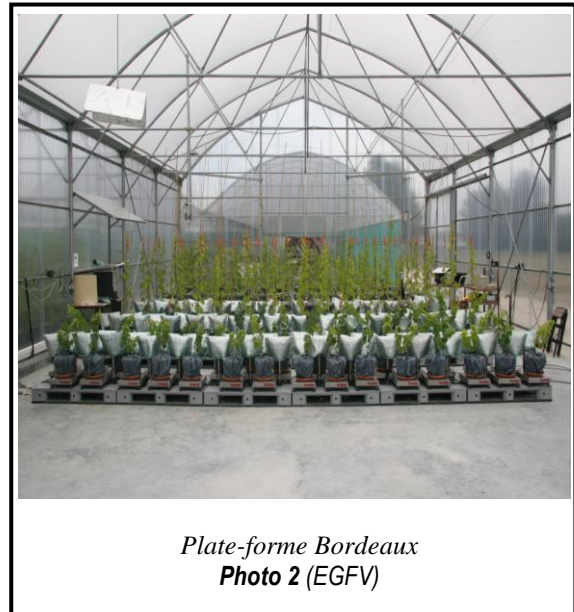
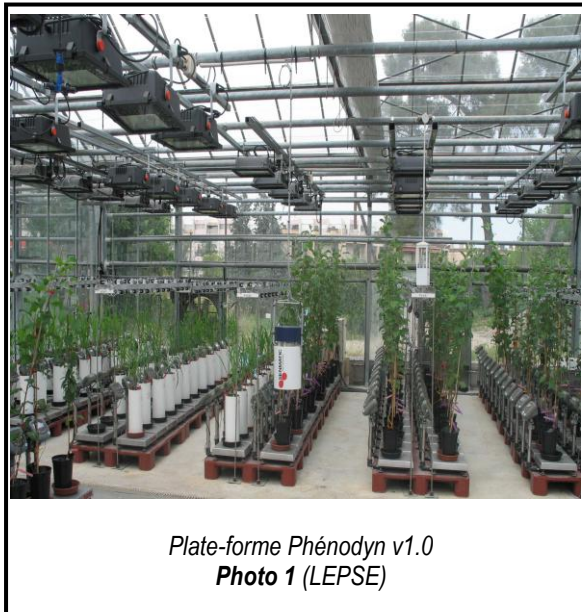
<sup>2</sup> INRA UMR 1391 ISPA, 71 avenue Edouard Bourlaux, F-33883 Villenave D'ormon, France

<sup>3</sup> INRA SDAR Equipe Informatique Collective, 2 place Viala, F-34060 Montpellier, France

## Stéphane Berthézène, Jean-Marc Bonnefond, Philippe Naudin

(Interaction Sol Plante Atmosphère INRA Bordeaux) a permis la conception d'un multiplexeur pouvant connecter 160 périphériques RS232. Le LEPSE a testé et utilisé plusieurs de ces cartes de multiplexage depuis plus de 6 ans. Elles sont depuis lors utilisées sur plusieurs plateformes de phénotypage à Montpellier (**Photo 1**), Bordeaux (**Photo 2**) et Lancaster (UK).

Dans cet article, nous décrivons le matériel, le principe de fonctionnement de la carte de multiplexage 160 voies, sa connectique, et quelques exemples d'utilisation.

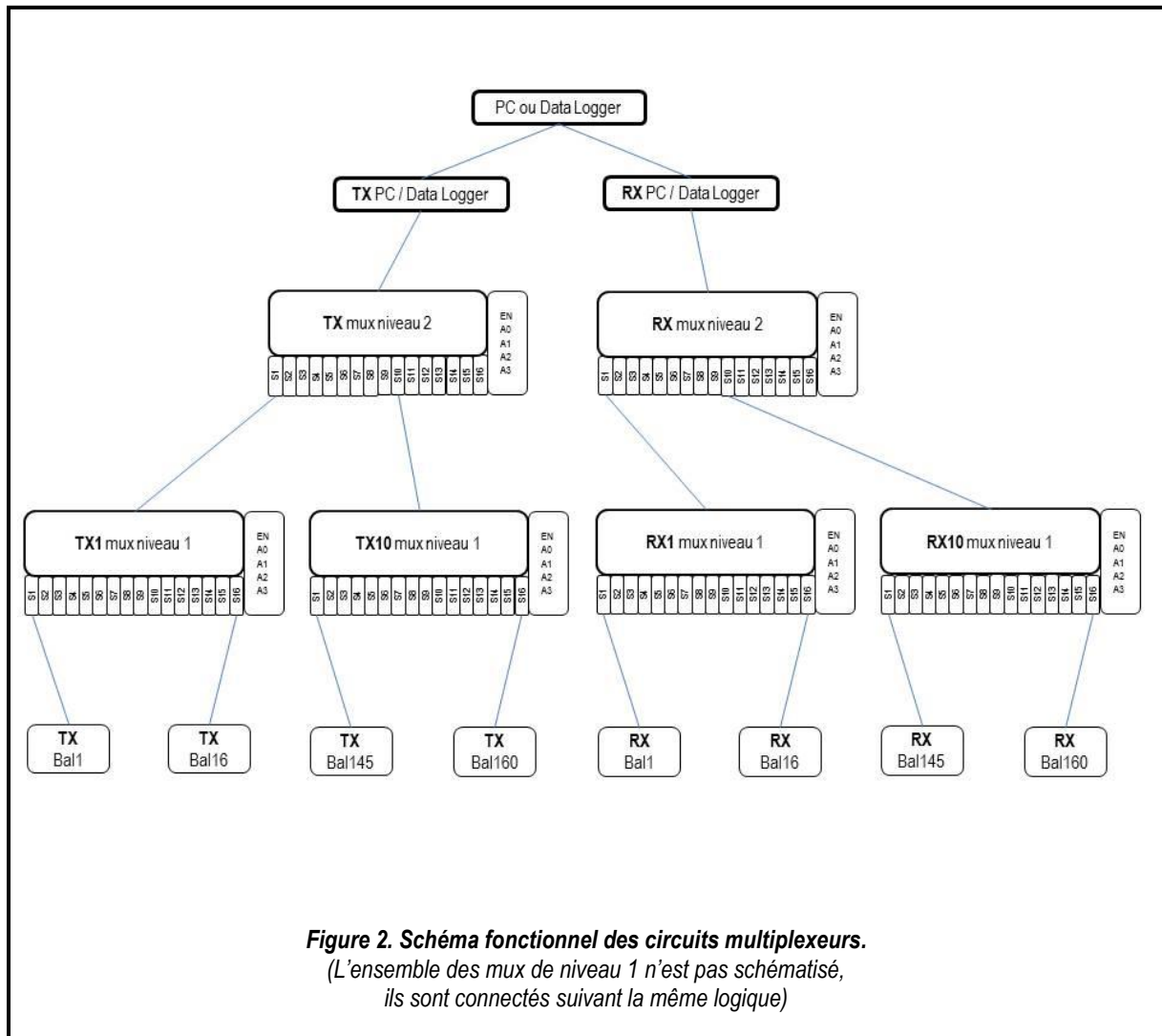


## Principe de fonctionnement de la carte de multiplexage 160 voies

### Connectique

Les balances de la plateforme de phénotypage Phenodyn sont équipées de ports série (RS232). La communication RS232 utilise généralement neuf broches. Dans notre cas, seules trois sont utiles, celle de transmission de données (TD), de réception de données (RD) et de masse. Historiquement, la carte de multiplexage se connectait au PC *via* le port série (pour la communication) et le port parallèle (pour l'adressage des périphériques). Cette carte comprend 160 ports série (convertis en prises RJ11 car seules trois broches sont nécessaires) permettant les liaisons en transmission de données (TD) et réception de données (RD) entre l'ordinateur et les balances connectées. L'acquisition des données s'effectue de façon adressée par un programme (langage TCL), développé au LEPSE par P. Naudin, pour les balances de la plateforme Phenodyn (Ohaus type CH15R11). L'adressage des périphériques nécessite dix ports de commandes numériques et peut donc être effectué à partir du port parallèle. Ainsi, aucun driver spécifique ni de carte additionnelle ne sont nécessaires, ce qui la rend compatible avec tous les systèmes d'exploitation et tous les ordinateurs (ou centrale d'acquisition) munis d'un port série et de dix ports de commandes numériques.





Les balances sont connectées dans l'ordre de numérotation sur les 16 voies (de S1 à S16) de chaque circuit multiplexeur de niveau 1. C'est à dire que la balance 1 est connectée sur les voies S1 des mux TX1 et RX1. La balance 17 est donc connectée sur les voies S1 des mux TX2 et RX2 et ainsi de suite jusqu'à la balance 160.

Les mux de niveau 1 sont adressés avec les 10 premières voies (de S1 à S10) des mux de niveau 2.

La communication entre le PC et une balance du dispositif est bidirectionnelle : le PC interroge la balance et celle-ci répond. Les mux dédiés à la transmission et à l'émission de données doivent donc être adressés de façon synchrone pour assurer cette communication bidirectionnelle.

On utilise deux voies numériques pour activer l'enable des mux (EN dans **Figure 3**), quatre pour adresser les mux de niveau 1 et quatre autres pour adresser les mux de niveau 2.

La table logique des circuits ADG406 (**Figure 3**) décrit les adresses à utiliser pour mettre en relation les voies des mux de niveau 1 et 2 permettant la communication avec au maximum 160 balances.

On détermine expérimentalement la durée nécessaire pour l'acquisition d'une donnée, le nombre de périphériques interrogeables sur le pas de temps de la minute étant limité par le délai d'acquisition de chacune des balances et leur nombre.

A3	A2	A1	A0	EN	ON SWITCH
X	X	X	X	0	NONE
0	0	0	0	1	1
0	0	0	1	1	2
0	0	1	0	1	3
0	0	1	1	1	4
0	1	0	0	1	5
0	1	0	1	1	6
0	1	1	0	1	7
0	1	1	1	1	8
1	0	0	0	1	9
1	0	0	1	1	10
1	0	1	0	1	11
1	0	1	1	1	12
1	1	0	0	1	13
1	1	0	1	1	14
1	1	1	0	1	15
1	1	1	1	1	16

**Figure 3.** Table logique des multiplexeurs ADG406.

### Exemple d'utilisation de la carte connectée à un PC avec port série et port parallèle

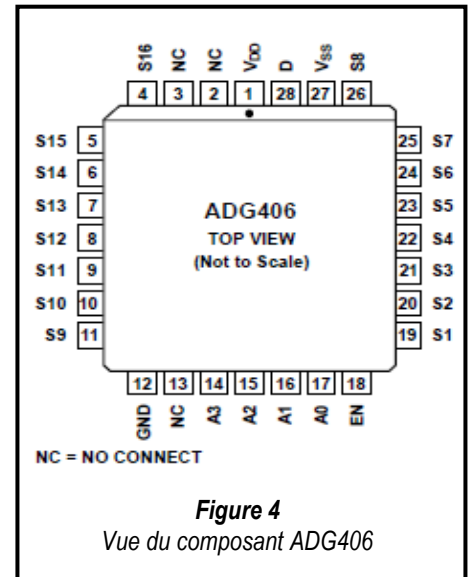
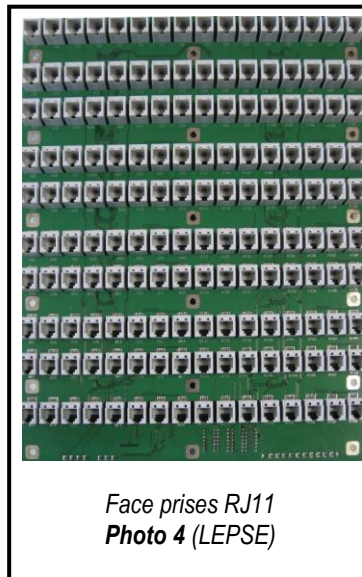
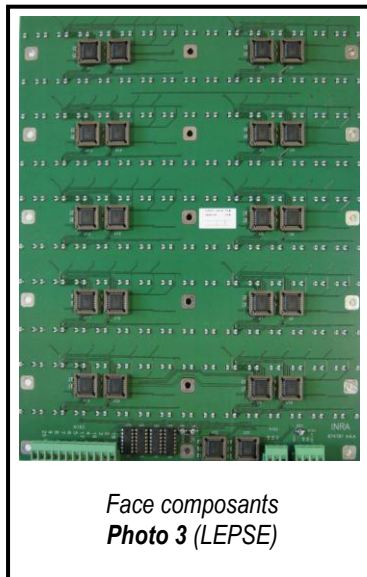
On utilise les broches 16 et 17 du port parallèle pour maintenir l'état 1 des voies *enable* (EN) de l'ensemble des mux de la carte. On utilise les broches 6, 7, 8,9 du port parallèle pour envoyer l'adresse 0000 (**Figure 3**) pour permuter les voies S1 des mux TX et RX niveau 2. On utilise les broches 2, 3, 4,5 du port parallèle pour envoyer l'adresse 0000 (**Figure 3**) pour permuter les voies S1 des mux TX (de 1 à 10) et RX (de 1 à 10) niveau 1. Cela permet de mettre en relation la balance n°1 avec le PC (**Figure 2**).

### Description du matériel

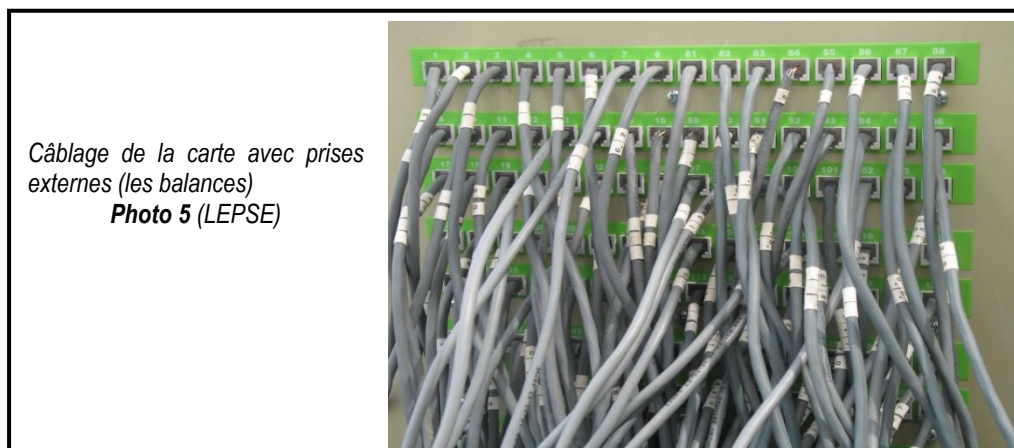
Le multiplexeur est une carte double face de 260 x 320 mm, constituée pour sa face composants (**Photo 3**) de 20 multiplexeurs (niveau 1) et 2 multiplexeurs (niveau 2) de type ADG406 CMOS compatible TTL en boîtiers PLCC 28 broches montés sur support CMS (**Figure 4**), 4 portes logiques en boîtier DIP montées sur supports, 1 régulateur 5V soudé sur la carte, des résistances de tirage, des condensateurs, 3 borniers enfichables à visser, 1 pour le port parallèle ou commande numérique, 1 pour le port série, et 1 pour l'alimentation externe +12V / -12V / 0V.

Les multiplexeurs et les portes logiques ont donc été montés sur supports afin de pouvoir les remplacer facilement en cas de problème et ainsi assurer la continuité des expérimentations.

Le repérage des composants ainsi que le câblage des borniers est sérigraphié sur la carte. Sur l'autre face, (Photo 4) 160 prises RJ11 6/4 sont clipées à la carte et soudées en surface.



La numérotation des prises est scindée en deux blocs de série de huit chiffres en ligne, le bloc 1 du n°1 au n° 80 et le bloc 2 du n°81 au n°160, les numéros sont sérigraphiés sur la carte (Photo 4). Un Lexan reprenant cette numérotation est collé sur le boîtier recevant le circuit, permettant une identification rapide et une finition d'obstruction à la poussière (Photo 5).



### Exemple d'application : multiplexage de balances

Le logiciel effectue la saisie des pesées toutes les minutes, uniquement des poids stables, il interroge chaque balance une deuxième fois si nécessaire avant de passer à la suivante, et génère un fichier de données (fichier balance) qui sont des moyennes par quart d'heure. En cas de valeurs manquantes, la moyenne des valeurs acquises est effectuée sur le nombre de valeurs mesurées (un nombre important de valeurs manquantes déclenche l'intervention du technicien sur la balance et/ou son environnement). Un fichier d'erreurs est également généré pour le suivi des balances et pour indiquer des indices de fiabilité. Les données moyennées sont envoyées toutes les heures dans une base de données. Un *email* contenant les données de la journée est aussi envoyé quotidiennement aux expérimentateurs qui le souhaitent. Le fichier d'erreurs est envoyé deux fois par jour, à destination du responsable de la plateforme. Tous ces paramètres de fonctionnalité sont ajustables dans le programme en TCL (**Figure 5**).

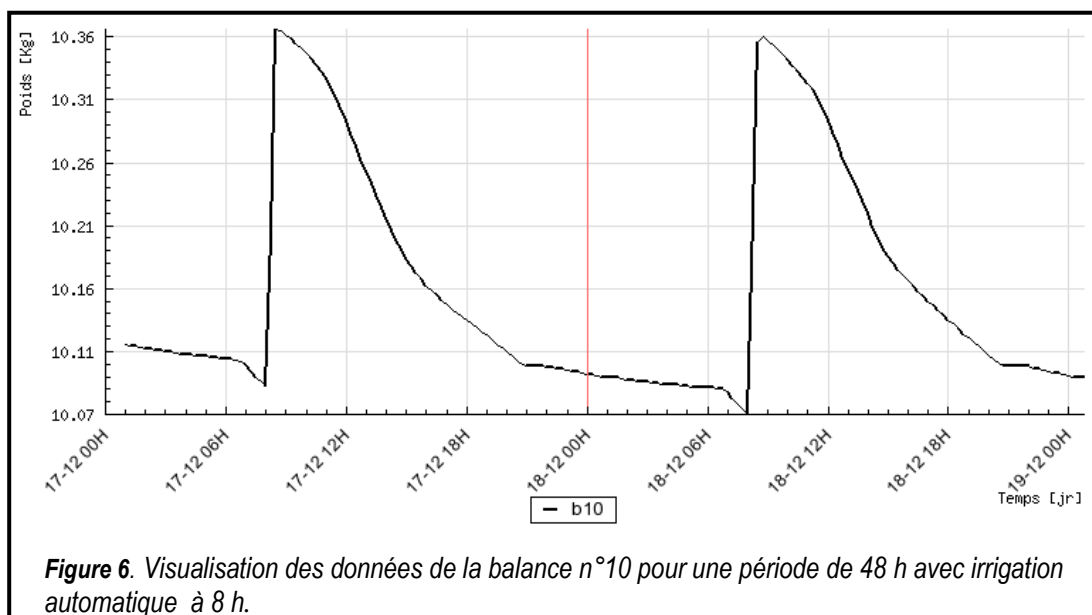
```

set param(lpt_adres) 0x378      ;# adresse du port lpt
set param(lpt_delai) 0         ;# millisecondes laissées au multiplexeur pour
                                ;# réagir, 50 pour multiplexeur 32 voies, 0 sinon

set param(tty_device) /dev/ttyS1 ;# port série utilisé (device)
set param(tty_delai) 180      ;# millisecondes laissées au périphérique pour réagir
set param(nb_balances) 140    ;# nombre de périphérique à lire
set param(fichier) "bal-ser.csv" ;# fichier où on enregistre les données
set param(minutes) 15        ;# intervalle entre deux enregistrements
set param(essais) 2          ;# nombre de tentatives de lecture avant de renoncer
set param(moyenne) 1         ;# 1 si on enregistre des moyennes, 0 sinon
    
```

**Figure 5.** Exemple de configuration des paramètres dans le programme TCL.

Les données sont alors directement utilisables par les expérimentateurs, et les systèmes d'automatismes, autant pour l'analyse de l'humidité du substrat que la détermination de la transpiration des plantes (exemple : **Figure 6**), ou encore la régulation de l'irrigation automatique.



**Figure 6.** Visualisation des données de la balance n°10 pour une période de 48 h avec irrigation automatique à 8 h.

## Conclusions et perspectives

Cette carte de multiplexage peut maintenant être commandée directement à l'entreprise IACA (Prades lez, FRANCE). Elle peut être utilisée pour des utilisations multiples, dès lors que les matériels à multiplexer disposent d'un port série (RS232). Actuellement cette carte est aussi utilisée avec une centrale d'acquisition disposant d'un port série et de 10 voies numériques commandables. C'est une alternative pour l'utilisation de la carte car les PC d'aujourd'hui n'ont souvent plus de port parallèle.

L'explosion des développements technologiques pour le phénotypage haut débit durant les dernières années (Berger et al., 2010) n'a pas permis l'explosion de nouvelles publications les utilisant. Le choix du LEPSE a été de privilégier des technologies fiables par leur longévité et leur simplicité. Cette carte étant testée depuis plusieurs années, il en ressort une forte fiabilité et aucune panne n'a été déplorée. Ce choix de multiplexage « série-RS232 » a été bénéfique pour de nombreux projets, expérimentations, et publications scientifiques (Parent et Tardieu, 2012 ; Chapuis et al., 2012 ; Dignat et al., 2013 ; Caldeira et al., 2014 ).

## Références bibliographiques

Berger B, Parent B, Tester M (2010) High-throughput shoot imaging to study drought responses. *J Experiment Botany* **61** : 3519-3528.

Caldeira CF, Bosio M, Parent B, Jeanguenin L, Chaumont F, Tardieu F (2014) A hydraulic model is compatible with rapid changes in leaf elongation under fluctuating evaporative demand and soil water status. *Plant Physiol* **164** : 1718-1730.

Dignat G, Welcker C, Sawkins M, Ribaut JM, Tardieu F (2013) The growths of leaves, shoots, roots and reproductive organs partly share their genetic control in maize plants. *Plant Cell Environ* **36** : 1105-1119.

Chapuis R, Delluc C, Debeuf R, Tardieu F, Welcker C (2012) Resiliences to water deficit in a phenotyping platform and in the field: How related are they in maize? *Eur J Agron* **42** : 59-67.

Parent B, Tardieu F (2012) Temperature responses of developmental processes have not been affected by breeding in different ecological areas for 17 crop species. *New Phytol* **194** : 760-774.

## Remerciements

Nous tenons à remercier les entreprises IACA (Prades lez) et SFEI (Prades lez) pour la réalisation du prototype et la production des cartes ; Boris Parent (INRA Montpellier) pour l'aide à la rédaction ; Nicolas Brichet (INRA Montpellier) pour l'aide à la rédaction et la prise en main du programme TCL ; l'équipe MAGE du LEPSE pour son soutien financier, technique et humain.