

Végéphy – 24^e CONFÉRENCE DU COLUMA
JOURNÉES INTERNATIONALES SUR LA LUTTE CONTRE LES MAUVAISES HERBES
ORLÉANS – 3, 4 et 5 DÉCEMBRE 2019
SUIVIS PHENOLOGIQUES POUR ADAPTER LES PRATIQUES AU DEVELOPPEMENT DES ADVENTICES

P. MARNOTTE¹, S. BAILLF², J.J. ESTHER² & D. MARION^{1,2}

¹ Cirad, Saint-Denis La Réunion et Cirad-Aïda, Montpellier

² eRcane, Saint-Denis La Réunion

RÉSUMÉ

La gamme réduite de produits herbicides disponibles en culture de canne à sucre et les restrictions d'usage en cours conduisent à promouvoir des pratiques alternatives. Le positionnement de ces opérations doit prendre en compte la dynamique des infestations de mauvaises herbes afin d'améliorer leur efficacité. Des suivis phénologiques ont été effectués à La Réunion en 2017 et 2018. Sur un site donné, chaque mois, le sol d'une nouvelle placette est travaillé pour faire démarrer les germinations à différentes époques de l'année. Deux fois par semaine, le stade phénologique (levée, apparition des feuilles, floraison, fructification) de plusieurs individus sont notés après leur levée. Pour 17 espèces, les traits de vie (époque de levée, délais de floraison et de fructification) ont pu être déterminés. Ces valeurs varient selon la saison et les espèces de saison chaude (*Trianthema portulacastrum*, *Boerhavia* sp) se différencient nettement de celles de saison froide (*Sonchus oleraceus*, *Argemone mexicana*). Connaître ces traits de vie fournit des informations pour caler les méthodes de lutte afin d'augmenter leur efficacité et éviter la production des graines de mauvaises herbes.

Mots-clés : adventice, phénologie, levée, floraison, canne à sucre

ABSTRACT

The limited range of herbicides available for weed control in sugarcane crop fields and current restrictions on their usage has fostered alternative crop management practices. Weed infestation dynamics must be taken into account when scheduling these practices to enhance their efficacy. Phenological surveys were carried out in Réunion in 2017 and 2018. On a given site, new field plots were tilled monthly to stagger germination times during the year. Twice weekly, the phenological stage (emergence, first leaf formation, flowering and fructification) of several plants was recorded post-emergence. For 17 species, life-cycle characteristics (emergence period, flowering and fructification times) were determined. These values varied according to the season and hot-season species (*Trianthema portulacastrum*, *Boerhavia* sp.) differed markedly from cold-season species (*Sonchus oleraceus*, *Argemone mexicana*). This life-cycle information helps increase the efficacy of control operations and avoid weed seed production.

Keywords: weed, phenology, emergence, flowering, sugarcane

INTRODUCTION

Sur les 23.000 ha cultivés en canne à sucre à La Réunion, la maîtrise des mauvaises herbes reste en encore largement basée sur l'emploi des herbicides. Cependant, au fil des réajustements réglementaires, la gamme des produits herbicides disponibles, qui est déjà restreinte, se rétrécit, notamment avec le retrait de l'asulame ou les menaces qui pèsent sur d'autres. Des alternatives à l'emploi des herbicides font appel à l'amélioration de pratiques bien connues comme les sarclages mécaniques ou la gestion des pailles ; d'autres sont en cours d'expérimentation comme l'emploi des plantes de services ou le désherbage à la vapeur.

La connaissance des traits de vie des mauvaises herbes en fonction des systèmes de culture est un élément du raisonnement de la gestion de l'enherbement (Debaeke, 1988). Notamment, la caractérisation de la phénologie des principales espèces selon les cycles culturaux devrait faciliter le positionnement des pratiques culturales en fonction de la dynamique des infestations des populations de mauvaises herbes : pour fixer les dates de plantation en évitant certaines espèces difficiles à maîtriser, pour déterminer des dates d'intervention de désherbage selon les époques de coupe en cas de lutte directe avec des herbicides, des moyens mécaniques ou des sarclages manuels, pour gérer l'installation de paillis ou encore pour caler des cycles des plantes de services (Norsworthy et Oliveira, 2007).

Un suivi du comportement d'une population d'espèces pouvant se comporter comme mauvaises herbes a été conduit sur deux années à La Réunion. Trois questions ont été abordées dans ce dispositif :

- est-ce que la levée des espèces dépend de la période de l'année ?
- quelle est la durée des phases de développement des espèces ?
- les phases de développement des espèces peuvent-elles varier selon les saisons ?

Ces questions ont pour corollaire :

- est-ce que les pratiques de désherbage doivent être modulées selon les saisons ? (détermination de la période de plantation, choix de la méthode de lutte, choix des herbicides selon la flore présente ou potentielle) ;
- quel est le délai d'intervention en postlevée ? (durée du stade plantule pour l'application des herbicides ou délai de formation des graines pour assurer la destruction des plantes avant la production de semences et la reconstitution du stock semencier de la parcelle).

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Le suivi phénologique a été effectué sur deux années, respectivement de janvier 2017 à janvier 2018, puis de janvier 2018 à janvier 2019 dans une parcelle de la station eRcane de L'Etang-Salé à La Réunion, située à 22 m d'altitude, 21°15'55'' de latitude Sud et 55°22'46'' de longitude Est.

Les données climatiques sont obtenues au niveau de la station météo de Pont-Maturin, installée à L'Etang-Salé. La pluviométrie moyenne de la zone est de 685 mm/an. La parcelle est irriguée par aspersion pour compenser le déficit pluviométrique à certaines périodes de l'année et stimuler les levées. Le sol est de type ferralitique et son pH de 7,3. En première année (2017), l'essai a été mis en place derrière un précédent cultural de canne à sucre.

Un seul facteur est étudié dans ce dispositif : la date de travail du sol, appelé ici retournement de la parcelle, qui était prévu chaque mois. Cette opération élimine la végétation existante sur la parcelle qui est mise à nu. Après le rabattage de la végétation, un retournement de la terre et un décompactage du sol sont réalisés ; la levée est initiée par le travail du sol. Chaque mois, une modalité est mise en place : elle correspond au suivi de l'installation et du développement de la végétation spontanée à la suite du travail du sol. Aucune culture n'a été implantée.

L'essai comporte 12 modalités réparties au hasard dans deux blocs. La géométrie des parcelles a été la même en 2018 qu'en 2017, mais la randomisation de 2018 est différente de celle de 2017. Chaque modalité comporte deux répétitions. L'essai comprend un total de 24 parcelles élémentaires de 13 m².

Deux types d'observations ont été effectués :

- les relevés floristiques mensuels par des notations de recouvrement des parcelles par les mauvaises herbes afin de suivre les levées des différentes espèces ; à chaque espèce est attribuée une note correspondant à son pourcentage de recouvrement du sol, selon une échelle de 0 à 9 (0 : absence ; 1 : 1 p.100 ; 2 : 7 p.100 ; 3 : 15 p.100 ; 4 : 30 p.100 ; 5 : 50 p.100 ; 6 : 70 p.100 ; 7 : 85 p.100 ; 8 : 93 p.100 ; 9 : 100 p.100) (Mathieu B. & Marnotte P., 2000) ;
- les notations des stades phénologiques d'un échantillon d'individus (Hess *et al.*, 1997 ; Meier, 2001) ; cette observation est effectuée en principe tous les trois ou quatre jours à partir de la levée des plantes (il est impossible de déterminer la date de germination, l'observation commence après la levée, en principe dès le stade cotylédonaire). La notation concerne les stades suivants : cotylédons, feuilles (comptage du nombre à partir du stade plantule), floraison (apparition des fleurs ou des boutons floraux), fructification (apparition des fruits), maturité des fruits et dissémination des graines, fin de cycle.

Les notes attribuées lors des relevés permettent de calculer le recouvrement moyen qui correspond à la moyenne des notes attribuées à une espèce exprimées en pourcentage de recouvrement du sol sur l'ensemble des relevés considérés. Dans cette étude, le seul facteur qui soit pris en compte est le mois de retournement de la parcelle. Les valeurs de ce facteur sont réparties en classes : ici, chaque saison pourra constituer une classe. L'analyse des relevés floristiques fournit les recouvrements moyens de chaque espèce pour chacune des classes considérées, afin d'estimer l'influence de ce facteur sur le comportement de l'espèce. Pour pouvoir comparer le comportement de différentes espèces, qui n'ont pas des recouvrements du même ordre, on calcule un recouvrement corrigé, qui correspond à au recouvrement moyen dans une classe divisé par celui sur l'ensemble des relevés considérés ; ce calcul est multiplié par 100 : plus l'écart à la valeur 100 est important, plus l'espèce est sensible au facteur étudié.

En ce qui concerne les stades phénologiques pour les espèces les plus représentées, trois valeurs peuvent être calculées :

- le délai de levée : nombre de jours entre le retournement de la parcelle et l'observation des plantes au stade cotylédonaire ;
- le délai de floraison : nombre de jours entre la levée et l'apparition des fleurs ;
- le délai de fructification : nombre de jours entre la floraison et l'apparition des fruits.

RÉSULTATS

La pluviométrie annuelle a été respectivement de 908 mm et 1542 mm en 2017 et en 2018, notamment à cause de fortes pluies en janvier 2018 qui ont apporté 557 mm, alors que le mois de janvier 2017 avait été particulièrement sec, avec seulement 27 mm.

A La Réunion, pour simplifier, deux saisons peuvent être définies au cours de l'année selon les variations de température : une saison chaude (S1) qui s'étend de novembre à avril et une saison froide (S2) de mai à octobre. Le tableau 1 indique la moyenne des températures minimales, maximales et moyennes pendant ces périodes. Les écarts de l'ordre de 4 à 5°C sont faibles.

Table 1 : Moyenne sur deux saisons des températures minimales, moyennes et maximales sur les deux années 2017 et 2018
Mean minimum, medium and maximum temperatures for two crop seasons in 2017 and 2018

saison	chaude / S1	froide / S2
mois	11-12-1-2-3-4	5-6-7-8-9-10
min	22.0°C	17.5°C
moy	26.3°C	22.2°C
Max	31.1°C	27.4°C

Pour l'ensemble des modalités observées, les relevés ont été regroupés selon ces deux saisons.

Répartition des espèces dans l'année

Table 2 : Profils corrigés du recouvrement moyen des espèces selon le facteur saison pour les trois premiers relevés de chaque série sur 2017 et 2018
Mean weed species cover profiles according to the seasonal factor for the first three surveys in each series over the 2017-2018 period

code	espèce	saison chaude S1	saison froide S2
espèces de saison chaude			
EPHHI	<i>Euphorbia hirta</i>	204	14
TRTPO	<i>Trianthema portulacastrum</i>	203	14
BOESS	<i>Boerhavia spp</i>	167	44
PANMA	<i>Panicum maximum</i>	165	46
CCHBI	<i>Cenchrus biflorus</i>	145	63
DEMVI	<i>Desmanthus virgatus</i>	143	64
POROL	<i>Portulaca oleracea</i>	134	72
espèces indifférentes			
MAVCO	<i>Malvastrum coromandelianum</i>	111	90
AMADU	<i>Amaranthus dubius</i>	111	91
EPHHL	<i>Euphorbia heterophylla</i>	110	92
MEOPY	<i>Melochia pyramidata</i>	103	97
SORVE	<i>Sorghum arundinaceum</i>	96	103
PTNHY	<i>Parthenium hysterophorus</i>	90	108
SYDNO	<i>Synedrella nodiflora</i>	90	108
espèces de saison froide			
CRIMI	<i>Cardiospermum microcarpum</i>	66	128
BIDPI	<i>Bidens pilosa</i>	59	134
MEUAL	<i>Melilotus albus</i>	29	159
ARGME	<i>Argemone mexicana</i>	0	183
APULE	<i>Cyclospermum leptophyllum</i>	0	183
SONOL	<i>Sonchus oleraceus</i>	0	183

Les profils corrigés du recouvrement moyen sur le facteur saison (cf. tableau 2) différencient bien les espèces de saison chaude de celles de saison froide ; les comportements suivants sont observés :

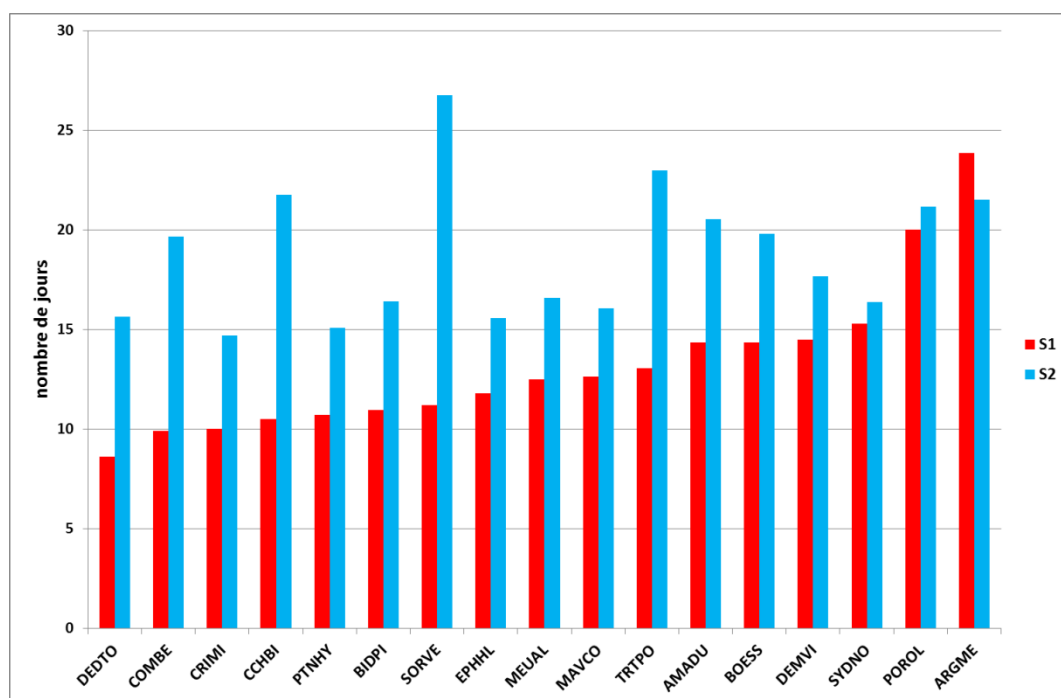
- *Cenchrus biflorus*, *Desmanthus virgatus*, *Boerhavia spp*, *Panicum maximum* ou *Portulaca oleracea* qui sont mieux développés en saison chaude, de même que *Trianthema portulacastrum* qui est quasiment absent en saison froide ;
- *Cardiospermum microcarpum*, *Bidens pilosa* qui ont tendance à être plus abondants en saison froide et *Sonchus oleraceus*, *Cyclosporum leptophyllum*, *Argemone mexicana* et *Melilotus albus* qui se concentrent sur la saison froide ;
- *Sorghum arundinaceum*, *Malvastrum coromandelianum*, *Euphorbia heterophylla* et *Melochia pyramidata* qui sont plutôt indifférents.

Délai de levée, de floraison et de fructification

Parmi les différents stades phénologiques observés, ne seront repris ici que la levée, la floraison et la fructification.

Le retournement détruit la végétation et induit la germination de nouvelles populations. Le délai d'apparition des nouvelles plantules est en moyenne de 16 jours (moyenne pour 17 espèces) : il varie de 13 jours en moyenne en saison chaude à 19 jours en saison froide, soit une variation de près d'une semaine. Ces délais de levée après retournement augmentent globalement pour la plupart des espèces considérées : cet écart peut être élevé par exemple pour *Sorghum arundinaceum* (SORVE), *Cenchrus biflorus* (CCHBI) ou *Trianthema portulacastrum* (TRTPO) (cf. figure 1).

Figure 1 : Délai de levée selon la saison pour 17 espèces
Emergence times of 17 weed species according to the season



La mise à fleur intervient une cinquantaine de jours après la levée (moyenne pour 17 espèces), mais cette valeur dépend beaucoup de la saison et surtout de l'espèce considérée (cf. figure 2). Alors que certaines espèces comme *Boerhavia spp* (BOESS) ou *Trianthema portulacastrum* (TRTPO) fleurissent en 20 jours, d'autres, comme *Sorghum arundinaceum* (SORVE) ou *Desmanthus virgatus* (DEMVI) demandent trois mois.

Ce délai de floraison est stable selon la période de l'année pour *Euphorbia heterophylla* (EPHHL) ou *Synedrella nodiflora* (SYDNO), mais des écarts peuvent s'observer entre la saison chaude et la saison froide, par exemple pour *Parthenium hysterophorus* (PTNHY) ou *Cenchrus biflorus* (CCHBI).

Figure 2 : Délai de floraison après la levée selon la saison pour 17 espèces
Post-emergence flowering times of 17 weed species according to the season

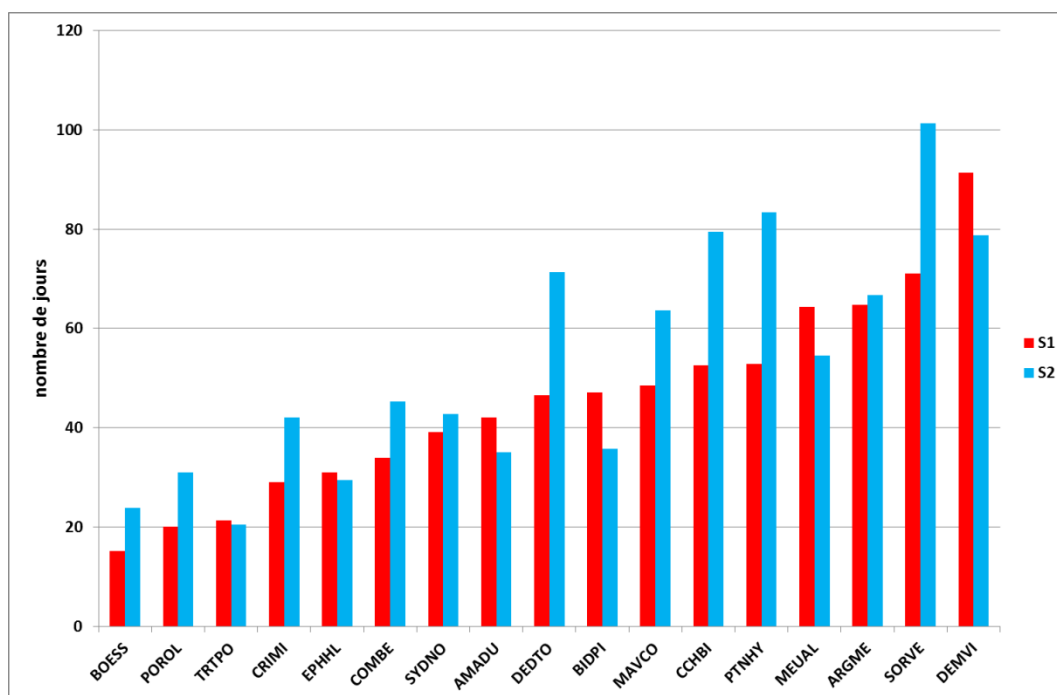
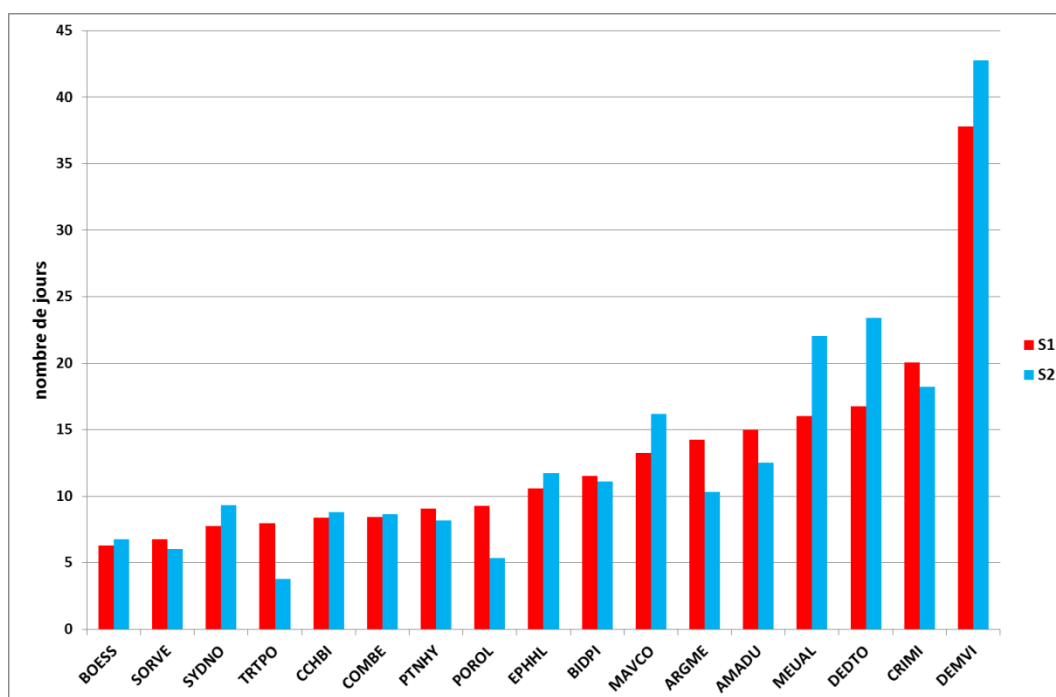


Figure 3 : Délai de fructification après la floraison selon la saison pour 17 espèces.
Post-flowering fructification times of 17 weed species according to the season



La fructification se produit rapidement en général après la floraison : 13 jours après (moyenne pour 17 espèces, cf. figure 3) avec peu de différence selon la saison. Cependant, des espèces comme *Desmanthus virgatus* (DEMVI) ou *Cardiospermum microcarpum* (CRIMI) ont des délais beaucoup plus importants.

DISCUSSION - CONCLUSION

Dans les conditions de l'Etang-Salé, les écarts de température entre saison chaude et saison froide sont faibles, de l'ordre de 4 à 5°C. Malgré tout, la levée des espèces dépend bien de la saison : *Euphorbia heterophylla* ou *Malvastrum coromandelianum* sont présents tout au long de l'année, alors que *Trianthema portulacastrum* ou *Cenchrus biflorus* sont des espèces de saison chaude et *Argemone mexicana*, *Cyclospermum leptophyllum* ou *Melilotus albus* n'apparaissent qu'en saison froide. Ce comportement des espèces est cohérent avec une étude faite antérieurement à La Réunion sur les adventices de la culture de canne à sucre (Marnotte *et al.*, 2009).

Les suivis phénologiques précisent la durée des phases de développement des espèces : la levée se produit rapidement sous une quinzaine de jours après le retournement de la parcelle et la fructification suit d'une dizaine de jours la floraison avec de faibles variations saisonnières. C'est l'apparition des fleurs qui présente la gamme la plus large avec à la fois de fortes différences entre les espèces et des sensibilités plus ou moins marquées à la saison : *Euphorbia heterophylla* fleurit environ à 30 jours après la levée tout au long de l'année, alors que pour *Cenchrus biflorus*, ce délai varie de 50 à 80 jours selon la période.

Les opérations de désherbage doivent être réalisées précocement afin de limiter la période de concurrence avec la canne à sucre (Marion & Marnotte, 1991), mais aussi avant la période de fructification des mauvaises herbes. Ces informations sur la durée des stades phénologiques aideront à raisonner les méthodes de lutte et leurs délais d'intervention pour éviter la production des graines de mauvaises herbes et la reconstitution du stock semencier de la parcelle, mais aussi réduire l'emploi de produits phytosanitaires (Ghersa & Holt, 1995). Décaler une date de plantation ou de récolte dans une zone infestée par une espèce difficile à maîtriser, à une période où cette espèce ne germe pas ou faiblement, est un conseil aux planteurs pouvant découler de cette étude.

En plus des différences spécifiques, la phénologie dépend des conditions du milieu (température, longueur du jour, type de sol, origine de la population) et des conditions de culture (Van der Weide, 1992 ; Ghersa & Holt, 1995 ; Kazakou, 2014). C'est pourquoi il est nécessaire de poursuivre ces investigations dans les conditions agroécologiques différentes ; cette variabilité est accessible à La Réunion à travers des systèmes de culture diversifiés (mécanisé / manuel, degré d'intensification, époque de coupe) et des gradients de température et de pluviométrie très larges en jouant sur l'altitude et la situation géographique. Par ailleurs, les espèces, dont le comportement est présenté ici, ne sont évidemment pas complètement représentatives de toute la flore des mauvaises herbes potentielles de la culture de canne à sucre à La Réunion : il manque, par exemple, parmi les petites dicotylédones, *Solanum americanum* (Solanaceae), ou bien des espèces lianescentes, comme *Ipomoea obscura* (Convolvulaceae) ou *Momordica charantia* (Cucurbitaceae), qui posent de graves problèmes de désherbage ; en faisant varier les sites d'observation, d'autres espèces seront disponibles, ce qui élargira le spectre des informations recueillies. C'est pourquoi, de nouveaux suivis ont été implantés récemment à Saint-Pierre (sud de l'île) et à Sainte-Marie (nord de l'île), zones à pluviométrie plus élevée et sur une nouvelle parcelle à la station d'eRcane de l'Etang-Salé. Ce suivi a été effectué sans qu'il y ait eu installation d'une culture : il n'y a donc pas eu de concurrence entre mauvaises herbes et cultures ; il faudra par la suite s'interroger sur le comportement des plantes soumises à l'ombrage de la canne à sucre, quand elles se développent à partir du troisième mois du cycle de la culture ce qui correspond au début de la fermeture du couvert.

Liste des espèces citées

Les plantes sont ordonnées par classe, famille, genre et espèces avec le code EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization (cf. <https://gd.eppo.int/>) et des noms locaux à La Réunion

Famille	Espèce	Code EPPO	Noms communs créoles
Monocotylédones			
Commelinaceae	<i>Commelina benghalensis</i> L.	COMBE	grosse herbe de l'eau
Poaceae	<i>Cenchrus biflorus</i> Roxb.	CCHBI	-
Poaceae	<i>Panicum maximum</i> Jacq.	PANMA	fataque
Poaceae	<i>Sorghum arundinaceum</i> (Desv.) Stapf	SORVE	maïs cafre
Dicotylédones			
Aizoaceae	<i>Trianthema portulacastrum</i> L.	TRTPO	pourpier courant, cacayanga
Amaranthaceae	<i>Amaranthus dubius</i> H.Martius ex Thell.	AMADU	brède malabar
Apiaceae	<i>Cyclospermum leptophyllum</i> (Pers.) Eichler	APULE	anis marron
Asteraceae	<i>Bidens pilosa</i> L.	BIDPI	piquant
Asteraceae	<i>Parthenium hysterophorus</i> L.	PTNHY	camomille
Asteraceae	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	SONOL	lastron tendre
Asteraceae	<i>Synedrella nodiflora</i> (L.) Gaertn.	SYDNO	petite marguerite
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	EPHHL	herbe de lait
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia hirta</i> L.	EPHHI	Jean Robert
Fabaceae	<i>Desmanthus virgatus</i> (L.) Willd.	DEMVI	ti cassi
Fabaceae	<i>Desmodium tortuosum</i> (Sw.) DC.	DEDTO	-
Fabaceae	<i>Melilotus albus</i> Medik.	MEUAL	mélilot
Malvaceae	<i>Malvastrum coromandelianum</i> (L.) Garcke	MAVCO	herbe dure
Malvaceae	<i>Melochia pyramidata</i> L.	MEOPY	herbe dure
Nyctaginaceae	<i>Boerhavia diffusa</i> L.	BOEDI	macatia vert
Nyctaginaceae	<i>Boerhavia erecta</i> L.	BOEER	-
Papaveraceae	<i>Argemone mexicana</i> L.	ARGME	chardon
Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i> L.	POROL	pourpier
Sapindaceae	<i>Cardiospermum microcarpum</i> Kunth	CRIMI	liane poc-poc

NB : A la suite d'une confusion entre *Boerhavia diffusa* et *Boerhavia erecta*, les deux espèces ont été regroupées en *Boerhavia* spp.

REMERCIEMENTS

Cette action est pilotée par le ministère de l'agriculture et de l'alimentation, avec l'appui financier de l'Agence française pour la biodiversité, sur les crédits issus de la redevance pour pollutions diffuses attribués au financement du plan Ecophyto. Par ailleurs, nous tenons à remercier eRcane, et en particulier, Gaël Morel, responsable de la station eRcane de L'Etang-Salé, où a été conduit ce suivi de populations de mauvaises herbes.

BIBLIOGRAPHIE

Debaeke P. 1988. Dynamique de quelques dicotylédones adventices en culture de céréale. II Survie, floraison et fructification. *Weed Research*. 1988, 28, 265-279.

Ghersa C.M., Holt J.S. 1995. Using phenology prediction in weed management: a review. *Weed Research*. 1995, 35, 461-470.

Hess M., Barralis G., Bleiholder H., Buhr L., Eggers T.H., Hack H., Stauss R. 1997. Use of the extended BBCH scale - general for the descriptions of the growth stages of mono- and dicotyledonous weed species. *Weed Research*. 1997, 37, 433-441.

Kazakou E., Violle C., Roumet C., Navas M.L., Vile D., Kattge J. & Garnier E. 2014. Are trait-based species rankings consistent across data sets and spatial scales? *Journal of Vegetation Science* 25 (2014) 235–247.

Marion D. & Marnotte P. 1991 - Nuisibilité de l'enherbement sur une culture de canne à sucre. Colloque AFCAS. 1ère rencontre Int. en langue française sur la canne à sucre. Montpellier (France). 10-15 juin 1991. 188-191.

Marnotte P., Lebreton G., Le Bourgeois T. 2009. Cycle phénologique de quelques adventices de la canne à sucre à la Réunion. XIIIe colloque international sur la biologie des mauvaises herbes, Dijon, France, 8-10 septembre 2009, AFPP : 86-95.

Mathieu B. & Marnotte P., 2000. L'enherbement des sols à muskuwaari au Nord-Cameroun. 11e Coll. Int. Biol. Mauvaises Herbes. Dijon. 6-8/09/2000. AFPP (Paris – France). 151-158.

Meier U., 2001. Stades phénologiques des mono-et dicotylédones cultivées. BBCH Monographie. 2. Édition, 2001. Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA).

Norsworthy J.K., Oliveira M.J. 2007. A Model for Predicting Common Cocklebur (*Xanthium strumarium*) Emergence in Soybean. *Weed Science* 2007, 55, 341-345

Van der Weide R.Y., 1992. Phenology of arable and hedgerow populations of *Galium aparine* L. in relation to climate and soil conditions. *Weed Research*. 1992, 32, 249-258.