



La plaine de Crau et le Criquet pansu, une des espèces d'Orthoptères recensées sur le site de l'ancien verger de Cossure désormais réhabilité en pelouses sèches - Clichés J.-F. Alignan, IMBE-Université et INRA d'Avignon

Par Jean-François Alignan, Jean-François Debras et Thierry Dutoit

En plaine de Crau, les insectes baromètres de la restauration écologique

La destruction des communautés végétales et animales et des équilibres biologiques qui caractérisent certains espaces peut-elle être réversible ? L'écologie de la restauration étudie les conditions et les résultats d'un retour à un stade antérieur à la perturbation. En plaine de Crau, d'importants moyens ont été mis en œuvre sur le site d'un ancien verger industriel. Le suivi en détail des Orthoptères et des Coléoptères révèle, sous une apparente réussite, une situation plus complexe.

détruit »¹). Il s'agit ainsi d'aider, grâce à l'application de connaissances scientifiques, un écosystème à se régénérer après une perturbation d'origine anthropique en le mettant sur la ou les trajectoires qui le mèneront à sa reconstruction.



Le Brachypode rameux et le thym vulgaire, deux plantes caractéristiques de la plaine de Crau - Clichés A. Wolff, CEN-PACA

La restauration écologique consiste à « réparer » un milieu naturel ou semi-naturel qui a été dégradé ou détruit en rétablissant l'ensemble des fonctions (production, consommation, décomposition, etc.) et des composantes (espèces animales et végétales, etc.) de l'écosystème. Elle est l'application directe de l'écologie de la restauration. C'est une science jeune de quelques décennies qui peut être définie comme « le processus scientifique visant à assister la récupération d'un écosystème qui a été dégradé, endommagé ou

■ LA RESTAURATION ÉCOLOGIQUE : UN CHANTIER PERPÉTUEL

Si le domaine de la restauration écologique est récent, la discipline de recherche qui l'accompagne avance cependant rapidement. En effet, lors des premiers projets de restauration écologique, les travaux de recherche s'effectuaient exclusivement au niveau expérimental pour des petites échelles d'espace et de temps. Aujourd'hui des projets « grandeur

1. Définition de la Society for Ecological Restoration (SER) qui regroupe au niveau international chercheurs et praticiens. Sur Internet à : www.ser.org



Un Ganga cata en vol - Cliché L. Tatin, CEN-PACA

nature » (plusieurs centaines, voire milliers, d'hectares suivis sur le long terme) sont menés. Au cours de ces opérations, un double objectif guide alors les chercheurs : obtenir le retour si possible de l'intégrité du milieu tel qu'il existait avant la perturbation ou obtenir seulement le retour de certains compartiments de la biodiversité ou des fonctions de l'écosystème qui préexistait (on parle alors de réhabilitation écologique). Cependant, il est bien évidemment utopique de croire que toute la biodiversité puisse être prise en compte dans les suivis qui accompagnent les opérations de restauration écologique. Aussi, les chercheurs se limitent hélas trop souvent à un seul ou quelques compartiments de la biodiversité facilement acces-



Au centre de la photo, un Bupreste de Crau
Cliché M. Gauvain, IMBE-Université d'Avignon

sibles dont la végétation est souvent le domaine de prédilection.

■ LES INSECTES, ÉTERNELS OUBLIÉS

Au mois de septembre 2012 s'est tenu le colloque international annuel de la SER en République Tchèque. Sur 245 communications (orales et affichées) plus de la moitié traitent de la végétation. La thématique « Faune » ne rassemble que 35 communications. Parmi celles-ci et les 13 communications sur la Biodiversité (prenant en compte plusieurs compartiments), seules 21 d'entre elles considèrent alors les insectes, soit sur le total des communications, un peu moins du dixième.

Ce manque d'investigations est sans commune mesure avec leur richesse spécifique (3 animaux sur 4 sont des insectes) et les rôles qu'ils jouent dans le fonctionnement des écosystèmes à l'échelle planétaire ! Il apparaît donc plus qu'urgent de faire porter à la connaissance des décideurs et chercheurs impliqués dans la restauration écologique la nécessaire prise en compte des insectes tant au niveau des objectifs de restauration que des études qui doivent accompagner ces projets notamment afin d'évaluer leur réel succès à une échelle globale.

C'est notamment ce qui a été mis en œuvre depuis 2008, dans la plaine de Crau (Bouches-du-Rhône), dans le cadre d'une opération de réhabilitation d'un ancien verger industriel, pour restaurer l'écosystème de type steppique qui préexistait.

Alouette calandre
Alouette calandrelle
Alouette des champs
Ganga cata
Oedicnème criard
Outarde canepetière
Pipit rousseline

Tableau 1 : Liste des espèces d'oiseaux steppiques observés sur le site de l'ancien verger de Cossure après sa réhabilitation en pelouses sèches depuis 2009 (données CEN-PACA)

■ RESTAURATION ÉCOLOGIQUE EN CRAU : UNE APPROCHE ÉCOSYSTÉMIQUE

La plaine de la Crau (Bouches-du-Rhône) comprend encore une pseudo-steppe unique en Europe. Elle est le résultat d'interactions plurimillénaires entre un climat chaud et venteux, une topographie extrêmement plate, un substrat sous-jacent imperméable et un pâturage ovin pluriséculaire. Cette vaste étendue steppique abrite des communautés végétales dominées par le Brachypode rameux (*Brachypodium retusum*) ou le Thym vulgaire (*Thymus vulgaris*). Outre le fait qu'elle abrite de nombreux oiseaux steppiques tels que l'Outarde canepetière (*Tetrax tetrax*) ou bien le Ganga cata (*Pterocles alchata*), elle abrite également un criquet endémique, le Criquet rhodanien (*Prionotropis hystrix rhodanica*) ainsi qu'un Coléoptère Buprestidé endémique de la Basse Provence : le Bupreste de Crau (*Acmaeoderella cyanipennis perroti*). Très tôt, la plaine de Crau a subi des activités anthropiques qui ont fragmenté et détruit son habitat steppique très original en Europe. Ainsi, pendant de nombreuses décennies, des activités militaires et industrielles s'y sont développées et ont conduit à une forte réduction de son étendue, de 60 000 ha à l'origine, à 11 500 ha aujourd'hui. Parmi ces activités le verger industriel de Cossure a été mis en place entre 1987 et 1992 et s'est étendu sur 380 ha. En 2006, l'exploitation du verger est arrêtée et deux ans plus tard, en 2008, une première étude est menée pour évaluer la biodiversité d'une zone de 357 ha



À gauche, l'ancien verger de Cossure abandonné jusqu'en 2008 (cliché © R. Jaunatre, IMBE-Université d'Avignon) puis lors de la phase de réhabilitation en 2009 du milieu steppique qui s'est notamment traduite par le retrait du réseau d'irrigation et par l'arrachage des arbres fruitiers (clichés © CDC biodiversité)

(excluant bâtiments et parkings). Dès cette époque, le choix de suivre différents compartiments de la biodiversité a été fait afin notamment de mesurer d'éventuelles dynamiques de « cicatrisation spontanée » différentes entre la végétation (plantes supérieures et fougères), les insectes (Coléoptères, Orthoptères), l'avifaune et certains paramètres physico-chimiques des sols.

L'information majeure qui se dégage de l'état initial observé en 2008 est que pour les quatre compartiments de la biodiversité considérés, les communautés caractéristiques de la steppe sont toutes absentes de l'ancien verger, même deux années après l'arrêt de son exploitation. Les opérateurs de ce projet se sont alors focalisés préférentiellement

sur le retour des oiseaux steppiques caractéristiques. En 2009, 200 000 arbres fruitiers et 100 000 peupliers brise-vent ont été arrachés ; 1 000 km de tuyaux pour l'arrosage goutte-à-goutte ont également été retirés. Enfin, le sol a été aplani grâce au retrait des boutons qui offraient un volume plus vaste au développement des racines des arbres fruitiers dans ce sol rouge méditerranéen très peu profond (40 cm au maximum). En 2010, deux troupeaux d'ovins de 800 têtes ont également été réintroduits pour gérer la végétation sur le long terme et notamment maintenir une couverture végétale herbacée la plus rase possible à l'image de la steppe de référence. Cette première phase des travaux constitue ainsi la phase de réhabilitation du site. Ces interven-

tions se sont avérées très vite pertinentes car dès les premiers mois qui ont suivi et en 2010, les espèces nicheuses étaient de retour sur la zone considérée (tableau 1). En 2009, des expérimentations de restauration écologique ont également été mises en place pour accélérer le retour des communautés végétales caractéristiques de la steppe. Il s'agit du transfert de sol (prélevé dans une carrière proche en phase d'extension), du transfert de foin (prélevé par aspiration de la végétation de la steppe en place non dégradée), du semis d'espèces herbacées dites « nurses » (pour favoriser la remise en place d'une structure de végétation de type steppique) et de l'étrépage de sol (retrait des premiers 20 cm de sol pour évacuer les reliquats d'engrais et le stock semencier d'espèces adventices) (Jaunatre *et al.*, 2012). Au bout de trois années de suivi (2010-2012), des résultats encourageants ont été obtenus en ce qui concerne la composition et la richesse spécifique de la végétation restaurée notamment par le transfert de sol, mais pas en termes de structuration et de dynamique de la communauté végétale. Il faudra vraisemblablement attendre plusieurs dizaines à centaines d'années pour qu'éventuellement l'intégrité de la végétation puisse un jour être restaurée...



Expérimentations de restauration écologique menées en 2009 pour restaurer la végétation de type steppique dans la plaine de Crau. De droite à gauche et de haut en bas : transfert de foin et transfert de sol (cliché © R. Jaunatre, IMBE-Université d'Avignon) ; semis d'espèces nurses (cliché © Coiffait-Gombault, IMBE-Université d'Avignon) ; étrépage du sol (cliché © R. Jaunatre, IMBE-Université d'Avignon).

■ **LES COLÉOPTÈRES ET LES ORTHOPTÈRES**
Compte tenu des moyens disponibles, seuls les Coléoptères et les Orthoptères, insectes jouant un rôle très important dans l'écosystème de Crau, ont été pris en compte. Ils constituent en effet la biomasse dis-

Nom scientifique	Nom commun	Famille
<i>Aiolopus pussanti</i>	Aïlope de Kénitra	Acrididés
<i>Aiolopus strepens</i>	Œdipode automnale, Criquet farouche	Acrididés
<i>Calliptamus barbarus</i>	Criquet de Barbarie	Acrididés
<i>Calliptamus italicus</i>	Criquet italien	Acrididés
<i>Calliptamus wattenwylanus</i>	Caloptène occitan	Acrididés
<i>Chorthippus brunneus</i>	Criquet duettiste	Acrididés
<i>Decticus albifrons</i>	Dectique à front blanc	Tettigoniidés
<i>Dociostaurus genei</i>	Criquet des chaumes	Acrididés
<i>Dociostaurus jagoi</i>	Criquet de Jago	Acrididés
<i>Dociostaurus maroccanus</i>	Criquet marocain	Acrididés
<i>Euchorthippus chopardi</i>	Criquet du Bragalou, Criquet de l'aphyllanthe	Acrididés
<i>Euchorthippus elegantulus</i>	Criquet blafard, Criquet glauque	Acrididés
<i>Locusta migratoria</i>	Criquet migrateur	Acrididés
<i>Oedaleus decorus</i>	Œdipode soufré	Acrididés
<i>Oedipoda caeruleascens</i>	Œdipode turquoise, Criquet à ailes bleues	Acrididés
<i>Oedipoda charpentieri</i>	Œdipode occitane	Acrididés
<i>Omocestus petraeus</i>	Criquet des friches	Acrididés
<i>Omocestus raymondi</i>	Criquet des garrigues	Acrididés
<i>Omocestus rufipes</i>	Criquet noir ébène	Acrididés
<i>Pezotettix giornae</i>	Criquet pansu	Acrididés
<i>Platycleis affinis</i>	Decticelle côtière	Tettigoniidés
<i>Platycleis albopunctata</i>	Decticelle grisâtre, Decticelle chagrinée	Tettigoniidés
<i>Platycleis falx</i>	Decticelle à serpe	Tettigoniidés
<i>Platycleis tessellata</i>	Decticelle carroyée	Tettigoniidés
<i>Stenobothrus festivus</i>	Sténobothre occitan	Acrididés
<i>Tettigonia viridissima</i>	Grande Sauterelle verte	Tettigoniidés

Tableau 2 : Liste des 26 espèces d'Orthoptères recensées en Crau lors des 5 années de suivi entre 2008 et 2012 (données IMBE-INRA-Université d'Avignon)

ponible majeure des invertébrés à la base des chaînes alimentaires et offrent une ressource alimentaire vitale pour les prédateurs (araignées) et super-prédateurs (reptiles + oiseaux) rencontrés en Crau. À ti-

tre d'exemple, une étude menée en 2010 par la Réserve naturelle des Coussous² de Crau a montré que les Coléoptères et les Orthoptères constituaient à eux deux la moitié du régime alimentaire total du Lé-



Œdipode soufré - Cliché J.-F. Alignan



Grande Sauterelle verte - Cliché J.-F. Alignan

zard ocellé (*Timon lepidus*) (Tatin *et al.*, 2013, sous presse), espèce protégée dont la population en Crau est une des mieux connues et parmi les plus importantes en France malgré une probable chute des effectifs au milieu des années 90. Par ailleurs, ces insectes entretiennent un lien étroit avec la végétation et sont dépendants de la structure végétale. Les Coléoptères sont également fortement liés à la composition végétale, de nombreuses espèces étant dépendantes de plantes hôtes spécifiques. Au-delà de la relation *bottom-up*³ entre les communautés végétales et les insectes, la relation *top-down*⁴ a également son importance puisque les insectes, et notamment les Orthoptères peuvent avoir une incidence forte sur les communautés végétales (O'Neill *et al.*, 2003 ; Picaud & Petit, 2007).

■ RÉSILIENCE DES ORTHOPTÈRES

La résilience peut être définie comme la capacité de retour à l'état initial d'un système avant sa perturbation. Pour étudier cette capacité chez les Orthoptères de la Crau après la réhabilitation du verger abandonné, un suivi annuel a été effectué entre 2008 et 2012. Au cours

2. Coussous : ou Coussoul, désigne la pelouse à asphodèle et stipe (*Asphodelum fistulosi*). C'est une des associations végétales méditerranéennes les plus riches en espèces de Provence et trouvée uniquement dans la plaine de Crau
3. « *Bottom-up control* » : théorie selon laquelle ce sont les ressources disponibles qui jouent le rôle principal dans la régulation des populations.
4. « *Top-down control* » : théorie selon laquelle la régulation des populations est l'œuvre des super-prédateurs qui réduisent les effectifs de leurs proies situées à des niveaux trophiques inférieurs.

Les acteurs du projet Cossure

Le projet Cossure est financé par la Caisse des dépôts et consignations, filiale Biodiversité et porté par Michel Oberlinkels, chef de projet Sud-Est. Les partenaires de ce projet sont la Chambre d'Agriculture et la Réserve naturelle des Coussouls de Crau qui effectue notamment les suivis de l'avifaune sur le site de Cossure. Les recherches en écologie de la restauration sont portées par différentes structures de recherche : l'UMR CNRS-IRD IMBE (Thierry Dutoit et Elise Buisson) et l'INRA d'Avignon, unité PSH (Jean-François Debras). La Région PACA a soutenu l'étude via le financement de thèses de doctorat : Renaud Jaunatre (suivis « végétation ») ; Jean-François Alignan (suivis « Orthoptères » et « Coléoptères ») ; Adeline Bulot (expérimentations d'ingénierie écologique via l'utilisation de fourmis « ingénieurs d'écosystèmes »), tous trois étudiants à l'université d'Avignon et des Pays du Vaucluse.

de ces cinq années, 26 espèces ont pu être recensées et identifiées (tableau 2). Il est à noter ici que nous n'avons jamais recensé les deux espèces protégées et signalées comme présentes dans la steppe de Crau : le Criquet rhodanien et la Magicienne dentelée (*Saga pedo*). Cette absence de contacts peut s'expliquer pour le Criquet rhodanien par la dynamique de l'espèce qui boucle son cycle de vie avant notre période d'échantillonnage et par sa répartition en noyaux agrégatifs dont aucun n'a été récemment recensé aux abords de l'ancien verger de Cossure. Pour la Magicienne dentelée, son absence dans nos données peut s'expliquer par le fait que cette sauterelle évolue préférentiellement sur des massifs arbustifs comme les ronciers. Ceux-ci sont cependant présents çà et là sur le site de Cossure. La présence ou non de cette sauterelle resterait alors à vérifier au cours des années futures.

La résilience des Orthoptères est évaluée en tenant compte de la richesse, de l'abondance et de la composition spécifique. Après 5 années de suivi, nous avons pu constater que des différences significatives demeurent au niveau de la richesse spécifique et de l'abondance, entre la zone réhabilitée et la zone de steppe de référence. En ce qui concerne la composition, les mêmes espèces d'Orthoptères ont été recensées dans la zone de référence et dans la zone réhabilitée. Les 26 espèces ont toutes été recensées au minimum une fois au cours des 5 ans de suivi sur la zone des 357 ha. L'abondance en revanche

demeure à l'heure actuelle encore nettement inférieure dans la zone de l'ancien verger par rapport à la zone de référence. Outre dans les deux zones précédemment citées, un suivi a été également effectué sur les zones où des expérimentations de restauration écologique ont été testées. Ces traitements de restauration écologique n'ont cependant pas favorisé une augmentation significative de la richesse ou de l'abondance en Orthoptères.

■ RÉSILIENCE DES COLÉOPTÈRES

Le suivi des Coléoptères a repris en 2011, après la mise en place de la réhabilitation du verger pour les oiseaux et les tests expérimentaux de restauration de la végétation steppique. Cette année-là, 149 espèces et 3 900 individus ont été recensés toutes zones confondues (référence, réhabilitée, restaurée). Le résultat met en évidence une richesse spécifique significativement



Le Criquet rhodanien (en haut, cliché J.-F. Alignan) et la Magicienne dentelée (cliché L. Berville, IMBE-Université d'Avignon), deux espèces rares de la plaine de Crau.

plus faible dans la zone de référence par rapport aux zones restaurées et réhabilitées. Cette situation avait déjà été rencontrée lors des travaux précédents qui portaient sur l'organisation des communautés de Coléoptères dans les zones de friches post-culturelles en plaine de Crau (Fadda, 2007). Ce résultat



Endomia tenuicollis (Anthicidé) à gauche et *Calathus fuscipes* (Carabidé) à droite, espèces communément rencontrées dans l'ancien verger, trois années après sa réhabilitation
Clichés J.-F. Alignan et M. Maalouly, INRA d'Avignon



Asida sericea (Ténébrionidé) en haut (cliché S. Fadda – Linnéenne de Provence et P. Ponel – IMBE) et *Poecilus sericeus* (Carabidé) en bas, deux espèces de Coléoptères typiques de la steppe de Crau (Cliché J.-F. Alignan)

s'oppose ainsi nettement à celui obtenu sur les Orthoptères. Pourquoi alors chercher à restaurer des zones où la richesse spécifique est si rapidement plus élevée par rapport à l'écosystème de référence ? En réalité, la composition des communautés nouvellement établies est totalement différente de la communauté typique de l'habitat steppique de Crau. Les espèces qui caractérisent aujourd'hui les zones de l'ancien verger sont des espèces très communes, qui peuvent donc se rencontrer fréquemment dans les champs et les friches (*Harpalus distinguendus* et *Calathus fuscipes*, Carabidés ; *Endomia tenuicollis*, Anthicidé). En

revanche, la communauté typique de la Crau est notamment caractérisée par l'abondance majeure de deux espèces : *Asida sericea* (Ténébrionidé) et *Poecilus sericeus* (Carabidé).

Si l'on recherche la présence de ces deux espèces dans les zones restaurées et réhabilitées, nous constatons que seuls quelques individus y sont recensés. La résilience des Coléoptères apparaît donc comme beaucoup plus faible que celle des Orthoptères puisqu'à l'heure actuelle, les espèces caractéristiques de la Crau ne sont pas présentes sur l'ancien verger ou bien alors en très faible quantité.

■ EN CONCLUSION : UNE APPROCHE ÉCOSYSTÉMIQUE INDISPENSABLE

Les quatre compartiments de biodiversité considérés (végétation, avifaune, Orthoptères, Coléoptères) dans le projet de restauration écologique de l'ancien verger de Cossure ont montré quatre réponses différentes au fil des années de suivi. Si seuls les oiseaux steppiques avaient été pris en compte, la conclusion aurait pu être que le milieu était redevenu accueillant pour la biodiversité environnante. Il n'en est cependant rien ! L'étude sur la végétation a ainsi mis en évidence que le milieu n'était pas revenu à l'état d'avant la perturbation ou seulement très partiellement en terme de composition et pas du tout en terme de structuration. L'étude sur les insectes témoigne d'une réponse complémentaire avec l'avifaune et la flore puisque les Coléoptères et les Orthoptères répondent également de manière différente au fil des années. Les Orthoptères sont déjà présents sur le site mais les abondances et la probabilité de capture de toutes les espèces restent faibles. Les Coléoptères, quant à eux, présentent des nouvelles espèces très communes sur l'ancien verger quand les espèces caractéristiques peinent, au bout de quelques années d'abandon, à recoloniser le site. Nous constatons donc bien qu'il y a un déphasage de

la temporalité de la résilience d'un compartiment de biodiversité à l'autre. Ce déphasage témoigne de l'importance de considérer, autant que faire se peut, un maximum de groupes faunistiques et floristique afin d'avoir la meilleure réponse globale possible à court terme pour évaluer la réussite d'une opération de restauration écologique sur le court terme, en attendant d'avoir le résultat des suivis sur le moyen terme et le long terme... ■

Bibliographie

Bellmann H. & Luquet G., 1995 – *Guide des sauterelles, grillons et criquets d'Europe occidentale* – Delachaux et Niestlé, Lausanne.

Fadda S., 2007 – *Organisation des communautés de Coléoptères terricoles en écosystème multi-perturbé : le cas des écosystèmes de pelouses sèches* – Thèse.

Jaunatre R., Buisson E. & Dutoit T., 2012 – First-year results of a multi-treatment steppe restoration experiment in La Crau (Provence, France) – *Plant, Ecology and Evolution*, 1-11.

Picaud F. & Petit D.P., 2007 – Primary succession of Acrididae (Orthoptera): Differences in displacement capacities in early and late colonizers of new habitats. *Acta Oecologica*, 32:59-66.

Tatin L., Chapelin-Viscardi J.D., Renet J., Becker E. & Ponel P., 2013 – Patron et variations du régime alimentaire du Léopard ocellé *Timon lepidus* en milieu steppique méditerranéen semi-aride (plaine de Crau, France). *Rev. Écol. (Terre Vie)* sous presse.

Les auteurs

- **Jean-François Alignan** est doctorant à l'université d'Avignon et des Pays du Vaucluse – UMR CNRS-IRD IMBE en partenariat avec l'INRA d'Avignon, unité Plantes et systèmes de cultures horticoles où il étudie la résilience des Coléoptères et des Orthoptères dans le cadre d'opérations de restauration écologique en plaine de Crau.
Courriel : jeanfrancois.alignan@gmail.com
- **Jean-François Debras** est ingénieur assistant en agronomie à l'INRA d'Avignon, unité Plantes et systèmes de cultures horticoles, où il étudie le rôle des auxiliaires dans les haies de verger ainsi que les insectes dans le contexte de restauration écologique.
Courriel : debras@avignon.inra.fr
- **Thierry Dutoit** est directeur de recherches à l'UMR CNRS-IRD IMBE où il étudie particulièrement les théories d'assemblages des communautés d'espèces végétales, appliquées notamment à la restauration écologique en plaine de Crau.
Courriel : thierry.dutoit@imbe.fr