



Structure d'accueil :
Association Gard Nature
Mas du Boschet Neuf
30300 BEAUCAIRE



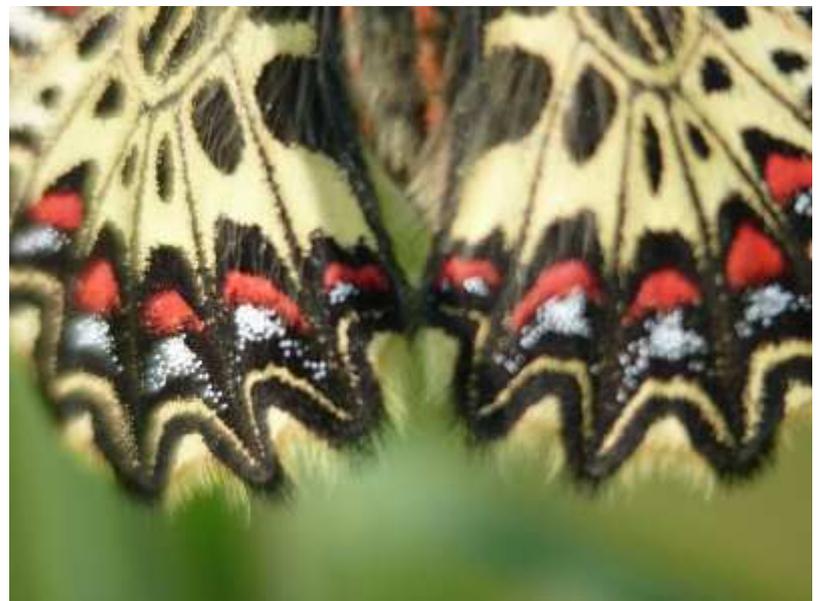
**Rapport de stage de Master 1 en
*Ingénierie en Ecologie et en Gestion de la Biodiversité***

**La Diane *Zerynthia polyxena* Denis &
Schifferrmüller, 1775 [Lepidoptera, Papilionidae]
et son habitat dans la plaine de Pompignan
(France, Gard) :**

- Définition d'un protocole d'étude standardisé -



PUISSAUVE Renaud



Rapport de stage
du 1er mars au 31 juillet 2009

Maître de stage :

BERNIER Christophe

Administrateur,
Gard Nature

Tutrice universitaire :

CHARPENTIER Anne

Maître de Conférences,
Université Montpellier II



[...]

Encore tout récemment, j'ai rencontré des personnes effectuant de véritables razzias sur les sites de papillons rares, tuant des dizaines d'exemplaires de la même espèce au même endroit. De tels prélèvements, souvent à but commercial, sont totalement injustifiés et ne contribuent en rien à mieux connaître les papillons. Il est bien plus intéressant de les observer vivants, de noter les fleurs butinées, d'observer le comportement territorial ou la parade nuptiale, de suivre une femelle pour voir où elle va pondre ou s'armer de patience pour rechercher œufs, chenilles et chrysalides. L'évolution de notre société vis-à-vis de l'environnement a conduit progressivement à la mise en place de mesures de gestion conservatoire des habitats hébergeant des espèces rares ou fragiles (ou considérées comme telles). Dans bien des cas, nos connaissances sur la biologie et l'écologie de ces insectes sont insuffisantes pour proposer des mesures efficaces. Il paraît donc urgent de troquer filet à papillons contre une paire de jumelles et le flacon à cyanure contre un carnet de notes ou un appareil photo.

[...]

Extrait de « Un vœu », dans *Papillons d'Europe*, Tristan LAFRANCHIS (2007)



Index des figures

Illustration 1 : Fiche de description de *Zerynthia polyxena* édité par Biotope et le MEDAD

Illustration 2 : Quelques photographies de la plaine et des stations de Diane

Illustration 3 : Cartographie de la répartition des stations de *Zerynthia polyxena* connues de la plaine de Pompignan

Tableau 1 : Distances et temps de parcours des différents transects et de leurs portions

Illustration 4 : Cartographie des transects mis en place sur chacune des stations de *Zerynthia polyxena*

Illustration 5 : Cage d'élevage in situ des chenilles de *Zerynthia polyxena* sur la station des Pradinaux

Tableau 2 : Description des différentes couches de SIG créées

Tableau 3 : Code Corine, nom et présence des habitats retenus pour la cartographie sur chaque station de *Zerynthia polyxena* échantillonnée

Tableau 4 : Comparatif des protocoles et des résultats de capture-marquage entre 2008 et 2009

Figure 1 : Illustration de la phénologie des différents stades de développement de *Zerynthia polyxena* à Pompignan d'après les données d'observation de 2008 et 2009

Figure 2 : Représentation schématique de la distribution des observations de *Zerynthia polyxena* au fil des semaines pour l'année 2009

Figure 3 : Diagramme des observations de *Zerynthia polyxena* fraîchement émergés et de la courbe des précipitations journalières

Figure 4 : Nombre d'observation d'œufs de *Zerynthia polyxena* sur les différentes parties de la plante-hôte, *Aristolochia rotunda*

Figure 5 : Diagramme des observations au fil du temps des œufs et des différentes classes de taille de chenille *Zerynthia polyxena*

Figure 6 : Progression du nombre total d'œufs et chenilles de *Zerynthia polyxena* entre les temps de contrôles

Illustration 6 : Cartographie des habitats, des patches d'*Aristolochia rotunda*, des pontes et observations de *Zerynthia polyxena* pour la station du ruisseau d'Artigues

Illustration 7 : Cartographie des habitats, des patches d'*Aristolochia rotunda*, des pontes et observations de *Zerynthia polyxena* pour la station de Mirabel

Illustration 8 : Cartographie des habitats, des patches d'*Aristolochia rotunda*, des pontes et observations de *Zerynthia polyxena* pour la station de la bergerie de Monnier

Illustration 9 : Cartographie des habitats, des patches d'*Aristolochia rotunda*, des pontes et observations de *Zerynthia polyxena* pour la station des Pradinaux

TABLE DES MATIÈRES

- Introduction -	1
- Matériel et méthodes -	6
1-Matériel biologique et sites d'étude.....	6
Espèce étudiée.....	6
La plaine de Pompignan et les stations de Diane.....	6
2-Protocoles d'études et d'échantillonnage.....	8
Parcours d'échantillonnage et données récoltées.....	8
Capture-marquage-re-capture.....	8
Transects.....	9
Étude de la phénologie et de l'écologie des stades larvaires.....	9
Prospections complémentaires et données sur la ponte.....	10
3-Système d'Information Géographique et cartographie des habitats.....	10
Mise en place d'un SIG.....	10
Identification des habitats cartographiés.....	11
- Résultats -	12
1-Résultats de CMR et de transects et comparaison des méthodes.....	12
2-Biologie / écologie de la Diane dans la plaine de Pompignan.....	13
Phénologie des émergences.....	13
Phénologie et comportement des stades larvaires.....	14
3-Cartographie des stations de Diane.....	15
Cartographie des habitats et des stations de plante hôte.....	15
Utilisation de l'espace et des ressources par la Diane.....	16
- Discussion & Conclusion -	16
1-Résultats dans le contexte et perspectives.....	17
2-Limites et perspectives.....	19
- Bibliographie -	22
- Annexes -	25
1 – Échelle de Beaufort	
2 – Autorisation de Capture Marquage	
3 – Protocole de marquage	
4 – Description des habitats	
5 – Résultats de transect 2009	





- INTRODUCTION -

Les Rhopalocères¹ constituent l'un des groupes d'invertébrés les plus étudiés en biologie de la conservation. De nombreuses études ont été menées pour développer des projets de suivi des populations à l'échelle nationale : par exemple, le British Butterfly Monitoring Scheme, commencé en 1976 (Pollard & Yates, 1993) et le Suivi Temporel des Rhopalocères de France en 2005 (STERF). Cet engouement de la part des scientifiques et des naturalistes s'explique d'une part par l'intérêt des lépidoptères en tant que groupe emblématique, mais surtout par le caractère bio-indicateur d'un certain nombre d'espèces. Elles sont alors étudiées afin de mesurer l'incidence des changements du paysage ou des changements climatiques sur leurs aires de répartition et/ou leurs mouvements migratoires (Wilson *et al.*, 2007). Van Swaay & Warren (1999) ont mené une étude afin de définir les statuts et les tendances pour les 576 espèces européennes. Leurs résultats ont mis en évidence un mauvais état de conservation généralisé dans presque tout les pays d'Europe et 71 espèces ont été classées « menacées » selon les critères de l'UICN (UICN, 1994). Une étude complémentaire sur les habitats utilisés par les papillons en Europe (Swaay *et al.*, 2006) a mis en évidence que de nombreuses espèces européennes sont directement inféodées à des habitats générés par des activités humaines, comme les prairies sèches et les parcours de pâturages extensifs, maintenus par des activités agricoles traditionnelles.

Parmi les espèces et sous-espèces menacées et inscrites dans différentes listes de protection nationales ou européennes, certaines ont été très étudiées : le genre *Parnassius* dont les mouvements et les besoins en termes de ressources ont été convenablement considérés (*cf.* Descimon, 1995 ; Auckland *et al.*, 2004 ; Fred *et al.*, 2006) ; ou encore ceux du genre *Maculinea* dont les structures des métapopulations et le développement des chenilles myrmécophiles ont été abondamment décrits en Europe (*cf.* Griebeler & Seitz, 2002 ; Mouquet *et al.*, 2005). Cependant, beaucoup d'autres espèces ne sont pas assez connues ni suffisamment étudiées pour pouvoir assurer efficacement la gestion et la conservation des populations, que ce soit à l'échelle locale ou à l'échelle de leur aire globale de répartition.

La Diane (*Zerynthia polyxena*), lépidoptère de la famille des Papilionidae, fait partie de ces espèces peu étudiées et pour lesquelles les gestionnaires d'espaces naturels ne disposent pas d'informations pratiques suffisantes (écologie, biologie, habitats). Cette espèce, dont l'aire de répartition méditerranéo-asiatique, s'étend dans le sud de l'Europe depuis la France (Languedoc) vers l'est (Asie Mineure) (Tolman & Lewington, 1991 ; Lafranchis, 2000 ; 2007)

1 Taxon basé sur des observations morphologiques regroupant les papillons de jour



Famille des Papilionidae

Zerynthia polyxena

(Deur & Schrenkeller, 1775)

La Diane

Annexe IV de la Directive Habitats

Identification



Papillon en taille réelle, longueur de l'aile antérieure : 20 à 26 millimètres.

Éléments caractérisant l'adulte.

- Ailes jaunes et noires.
- taches blanches et rouges sur les ailes postérieures.
- Ailes antérieures sans taches rouges.
- *Zerynthia polyxena* diffère de *Zerynthia rumix* par l'absence de taches rouges sur les ailes antérieures. Les deux espèces peuvent se trouver sur les mêmes biotopes.

Femelle.

Légèrement plus grande que le mâle.



Œuf.

Les œufs sont sphériques et blanc laiteux.

Aristolochie à feuilles rondes (*Aristolochia rotunda*).
Plante hôte dont les chenilles se nourrissent.



Chenille.

La chenille mesure jusqu'à 35 millimètres. Son corps est de couleur grisâtre à noire avec 4 rangées longitudinales de protubérances ramifiées roses à rougeâtres et aux extrémités noires.

Chrysalide.

La chrysalide est tordue à son support et blanchâtre.

Papillon adulte - échelle : x 1,4

Habitats et écologie de l'adulte

La Diane se trouve préférentiellement dans les prairies fraîches et humides de basse altitude, mais se rencontre également dans les zones plus sèches (clairières de bois secs, zones rocailleuses, pelouses, landes...) plus en altitude. Elle vole uniquement en région méditerranéenne entre 0 et 1600 mètres d'altitude (Alpes-de-Haute-Provence).



Prairie haute méditerranéenne.

ÉLÉMENTS DE COMPORTEMENT

Zerynthia polyxena est un papillon qui se dirige à son biotope et s'aventure rarement au-delà. Il vole autour mai, souvent gêné par le vent qui l'empêche de se stabiliser et le pousse parfois dans des broussailles où il s'abîme. Il passe beaucoup de temps à se chauffer au soleil et il vole par beau et mauvais temps. Les larves sont souvent parasitées par des hyménoptères et infectées par des granulovirus.



Pyrrolis de Narcisse à Jouques (Mortoux Salet) fréquentée par les adultes.

Il y a une seule génération par an, de mi-mars à début mai.

CYCLE GÉNÉRAL DU PAPILLON

Ce cycle présente les périodes habituelles d'observation des différents stades de développement. Les périodes peuvent varier sensiblement en fonction de l'altitude, de la latitude ou des conditions climatiques de l'année.

Mois	jan.	fév.	mar.	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.
Œufs												
Larves et chenilles												
Chrysalides												

Habitats et écologie de la chenille

La chenille vit et se nourrit principalement de l'Aristolochie à feuilles rondes (*Aristolochia rotunda*). Elle a parfois été observée sur d'autres aristoloches, comme l'Aristolochie pistilloche (*Aristolochia pistillocha*).

Son biotope est identique à celui de l'adulte qui se déplace peu.

L'incubation de l'œuf est rapide, une à deux semaines. Le développement larvaire s'étale sur quatre à cinq semaines. La chrysalide hivernale suspendue à une tige, à une œcorce ou à une pierre.

Il est possible d'en trouver des centaines sur une petite surface.



Prairie haute dans un garrigue. Des aristoloches pistilloches (*Aristolochia pistillocha*) sont visibles au premier plan.



Aristolochie à feuilles rondes (*Aristolochia rotunda*), la plante hôte.



Jeune chenille sur une Aristolochie à feuilles rondes (*Aristolochia rotunda*).

COMMENT RECHERCHER L'ESPÈCE

Lorsqu'il n'y a pas d'adultes volants!

Les œufs sont pondus individuellement ou en petits groupes au verso des feuilles d'*Aristolochia rotunda*. Les chenilles se développent principalement sur *Aristolochia rotunda*.

1. Identification des œufs, des chenilles et des chrysalides en suivant les conseils de terrain. Document d'un spécialiste.

Répartition connue



Épave observée après 1980



Mesures de gestion

La surface des habitats de la Diane a énormément diminué depuis une cinquantaine d'années suite au développement de l'urbanisation et à la conversion des prairies en parcelles de culture ou de vignes. L'abondance des aristoloches en région méditerranéenne permet toutefois à la Diane de se maintenir et même d'être commune localement.

Pour la préservation de l'espèce, il est important de conserver ses habitats que sont les prairies humides méditerranéennes. Pour cela, il faut encourager le maintien de pratiques agricoles extensives : prairies de fauche, pâturages.

Dans les zones menacées de fermeture par l'abandon de l'élevage, une gestion conservatoire doit être envisagée en pratiquant soit un débroussaillage sélectif à l'automne, soit un pâturage très extensif. C'est le cas, en

particulier, pour les populations isolées en clairières forestières.

Pour la conservation de l'espèce, il est également important de prendre en compte les zones en jachère, les haies broussaillées et les bords de route où se développe *Aristolochia rotunda*. Ces habitats permettant en effet de garder une continuité entre les populations de la Diane. Pour l'entretien de ces milieux, il faut favoriser la fauche à l'automne et éviter le gyrobroyage et les brûlis printaniers encore fréquemment pratiqués pour le débroussaillage des fossés et des bordures de parcelles (lutte contre le développement de la Canne de Provence).

L'arrêt de ces brûlis permettrait de réduire les incendies qui ont, ces dernières années, entraîné pour de nombreuses populations de Diane.

Quelques références bibliographiques

- CONEX DE LESBROS (1990). Background information on inventories of the Habitat Directive and the Bern Convention. Part 1 - Crustacea, Coleoptera and Lepidoptera. Nature and environment, n° 79, pp.213-217
- LARRANCHES T. (2000). Les Papillons de jour de France, Belgique et Luxembourg et leurs chenilles. Collection Papillons, Biotop Ed. p.136
- TOLMAN T. & LINGINGTON T. (1999). Guide des papillons d'Europe et d'Afrique du Nord. Delachaux et Niestlé Ed. p.76
- CARTER D.J. & HARGREAVES B. (2001). Guide des chenilles d'Europe. Delachaux et Niestlé Ed. p.112

Illustration de B. LÉVESQUE, en collaboration avec le Conservatoire d'histoire naturelle. Édition de l'annexe IV de la Directive 92/43/CEE dite « Directive Habitats ».

Illustration 1 : Fiche de description de *Zerynthia polyxena* édité par Biotope et le MEDAD

source : <http://www.ecologie.gouv.fr/Papillons-decouvrir-19-especes-de.html>

figure pourtant à l'annexe 4 de la directive européenne 92/43/EEC (directive Habitats) ce qui en fait une « espèce d'intérêt communautaire qui nécessite une protection stricte ». Le peu d'information disponible sur cette espèce provient principalement des guides naturalistes spécialisés qui nous renseignent sur sa répartition et sa distribution, sa période de vol ainsi que quelques éléments sur son écologie. Ces informations ont été synthétisées dans une fiche (cf. **illustration 1**) qui a été éditée par le Ministère de l'Écologie, du Développement et de l'Aménagement durable (MEDAD, 2007). Dans la littérature scientifique, peu de publications traitent de cette espèce ou des autres du genre *Zerynthia* : des études ont été menées sur les mécanismes permettant à la chenille de stocker les produits toxiques contenus dans sa plante hôte (genre *Aristolochia*) (Rothschild *et al.*, 1972) ou plus récemment sur les choix de ponte par les femelles (Batory *et al.*, 2008). Enfin, au moins deux études françaises ont été menées sur la répartition de l'espèce dans les Alpes Maritimes (Boireau & Braconnot, 1995) et en Aveyron (Baliteau & Denise, 2006).

C'est dans ce contexte que l'ONEM² a mis en place, en 2006, une enquête nationale interactive via un site internet <http://diane.onem-france.org> afin de préciser la répartition de la Diane ainsi que celle de l'autre espèce du même genre en France, la Proserpine (*Z. rumina*) et de leurs plantes hôtes, les Aristoloches (cf. Bernier & Hentz, 2006). L'association Gard Nature, relais du réseau ONEM, a été créée en 2003 et a pour domaine de compétence la connaissance du patrimoine naturel gardois, la découverte, la sensibilisation, les actions de porter à connaissance, l'expertise, les conseils et formations. La découverte en 2006 de la première population de Diane à Pompignan a initié la mise en place d'une étude par l'association. La plaine de Pompignan est un vaste territoire de garrigues ouvertes et de terres agricoles, situé à l'Ouest du Gard, en limite du département de l'Hérault. En 2007, des inventaires ont été menés sur les 4 communes de la plaine et, en 2008, l'étude des 4 stations connues de la commune de Pompignan a été lancée, puis poursuivie et approfondie en 2009. La contribution à la connaissance de cette espèce doit tenir compte des lacunes quant à sa biologie et son écologie. Mais, étant donné le caractère patrimonial de cette espèce, il nous est apparu nécessaire de hiérarchiser les orientations de recherche en 2009 en fonction des enjeux pour la conservation de l'espèce. En effet, l'association Gard Nature souhaitait pouvoir définir des modes opérationnels de gestion conservatoire des habitats de la Diane, à destination des collectivités territoriales et des propriétaires terriens concernés par cette espèce.

Parmi les nombreuses études sur la biologie de la conservation des Rhopalocères, les plus récentes insistent sur l'importance d'étudier la disponibilité des ressources utilisées par les

2 Observatoire Naturaliste des Écosystèmes Méditerranéens : <http://www.onem-france.org>





différents stades de développement (Thomas *et al.*, 2001 ; Fred *et al.*, 2006 ; Hardy *et al.*, 2007). Ainsi, la notion d'habitat d'une espèce est redéfinie comme étant liée à ces différentes ressources et non plus seulement comme synonyme d'une catégorie de végétation ou de biotope (Dennis *et al.*, 2003 ; 2007). Enfin, pour mener à bien des actions de gestion de population, il est important de posséder un maximum d'informations sur le statut et la dynamique de la population à l'échelle locale (Hellmann *et al.*, 2003). Parmi les méthodes permettant d'accéder à ces informations, l'échantillonnage par Capture-Marquage-Re-capture (CMR) est une des plus répandues et s'avère applicable à de nombreuses populations et groupes taxonomiques (Lebreton *et al.*, 1992, Pollock & Alpizar-Jara, 2005). Du fait de son succès, de nombreux mathématiciens et statisticiens de par le monde travaillent sur des modèles permettant l'exploitation des résultats tout en minimisant les biais liés aux méthodes d'échantillonnage, aux caractéristiques de la population étudiée... Un des programmes couramment utilisé pour le traitement des données de CMR s'appelle Mark³ (White & Burnham, 1999). Il permet de calculer des paramètres démographiques clefs en biologie de la conservation ou pour la gestion, comme le taux de survie, et facilite les comparaisons entre les sexes ou les populations. Parmi les nombreux modèles utilisés pour l'étude de population ouvertes, le modèle Cormack-Jolly-Seber (CJS) (Cormack, 1964 ; Jolly, 1965 ; Seber, 1965) et ses extensions, permettent l'estimation de la taille des populations. Ils sont directement implémentés dans le programme, ce qui facilite le traitement efficace des données de CMR. L'autre type d'étude très répandue consiste à calculer un indice d'abondance par unité de temps ou de distance, à partir des observations le long d'un transect défini au préalable (Pollard & Yates, 1993). Collier *et al.* (2008) a montré que ces abondances relatives étaient corrélées avec les estimations de taille de population mais que les fluctuations de cet indice ne reflétaient pas les changements de taille des populations. Dans leur étude, Harker & Shreeve (2008) n'ont pas trouvé de corrélation correcte entre les résultats des deux méthodes, et Haddad *et al.* (2008) conclut que la méthode optimale serait un hybride des deux méthodes. En résumé, les études par CMR sont appropriées pour estimer les tailles absolues des populations ainsi que les paramètres démographiques importants. Les abondances relatives peuvent être estimées à partir de différentes méthodes de suivi (Mattoni *et al.*, 2001) et sont souvent utilisées dans le but de comparer des tailles de populations ou des fluctuations d'abondances.

Concernant la Diane dans la plaine de Pompignan, il apparaît donc important de :

-1. préciser l'état des populations en cernant leur importance, leur dynamique, et le cas échéant, les menaces qui pèsent sur les habitats utilisés ;

3 <http://welcome.warnercnr.colostate.edu/~gwhite/mark/mark.htm>





-2. définir ces habitats en terme de ressources utilisées pour le développement et la reproduction.

En 2008, l'étude avait pour but une estimation des populations par une approche la plus exhaustive possible à travers la capture et le marquage d'un maximum d'individus sur les 4 stations connues sur la commune de Pompignan. Le marquage a en outre permis de vérifier la possibilité d'échanges d'individus entre les différentes populations. Pour les 4 stations connues localement, des « atouts » et « contraintes » relatifs aux différents milieux ont été énoncés.

Une des quatre stations étudiées - Les Pradinaux - fait l'objet d'une convention de gestion entre C. Bernier, le propriétaire, et l'association Gard Nature, visant à favoriser la présence de la plante hôte et des habitats de la Diane. Cette gestion consiste principalement à rouvrir progressivement la parcelle en mettant en place des débroussailllements hivernaux : prairies (hiver 2007-2008), fossés et bords de chemins (hiver 2008-2009). Il serait donc intéressant de pouvoir évaluer l'impact de ces mesures. Les protocoles les plus adaptés à ce type d'évaluation sont appelés BACI⁴ et requièrent la répétition des échantillonnages sur plusieurs sites témoins et plusieurs sites « gérés » (Smith, 2002). De plus, pour réduire les risques de biais, les caractéristiques de ces sites doivent être le plus proche possible. Concernant le suivi de la Diane par l'association Gard Nature dans la plaine de Pompignan, la mise en place d'un tel protocole n'est pas possible pour plusieurs raisons qui sont principalement le manque de répliques et le manque de moyens humains. L'impact des mesures peut toutefois être apprécié en mesurant la colonisation des Aristoloches à feuilles rondes (*Aristolochia rotunda*) et des Diane sur les zones rouvertes, au moyen d'une cartographie dynamique de ces 2 espèces.

D'autres connaissances nous manquent actuellement quant aux besoins des imagos en termes de ressources nourricières et quant à l'utilisation de différentes espèces d'Aristoloches par les chenilles. En effet, la Diane fréquente des milieux assez variés : lieux broussailleux chauds et secs, escarpements rocheux, pelouses, ourlets, prairies subissant des inondations temporaires, ... (Tolman & Lewington, 1991 ; Lafranchis, 2000 ; 2007 ; Dupont, 2001) et c'est dans ces milieux que les plantes-hôtes sont susceptibles de se développer. Les différentes plantes hôtes citées dans la littérature sont *Aristolochia rotunda*, *A. clematidis*, *A. pistolochia* et *A. pallida*. Toutefois, il n'a pas été montré que toutes les populations de Diane soient capables de se développer sur chacune de ces plantes, et il est possible que le choix des plantes-hôtes soit lié à la localité. Par exemple, Batary *et al.*, (2008) définit *Z. polyxena*

4 Before-After Control-Impact





comme une espèce monophage qui ne pond que sur *A. clematitis* en Hongrie alors qu'en France, les chenilles sont observées sur *A. rotunda* préférentiellement en Languedoc-Roussillon (Bernier & Hentz comm. pers.), sur *A. pistolochia* préférentiellement en Provence Alpes Côte d'Azur (Bence & Maurel comm. pers.) et ne semblent pas mener leur cycle à terme sur *A. clematitis* (Hentz *et al.*, 2006). Il serait donc intéressant de préciser dans quels contextes et dans quelles régions *Z. polyxena* est associée à telle ou telle autre espèce d'Aristoloches. Concernant la période de vol des imagos, elle s'étend de début mars à fin mai, en une seule génération étalée (Tolman & Lewington, 1991 ; Lafranchis, 2000 ; 2007), mais encore une fois, d'importantes variations annuelles et géographiques peuvent être observées. Il est donc utile d'acquérir des informations sur ces variations, afin d'étudier les interactions possibles avec les conditions météorologiques ou de phénologie des plantes-hôtes. De plus, d'autres aspects du cycle de vie de la Diane sont méconnus, par exemple le nombre exact de stades larvaires, la durée de ces stades *in natura*, ou les lieux de nymphose (supports, disposition, préférences).

L'acquisition de ces données sur plusieurs années devrait permettre de préciser (1) quelles mesures de gestion sont les plus appropriées pour la préservation du papillon et (2) quels sont les facteurs vitaux à prendre en compte à chaque stade de vie du papillon.

Les objectifs à terme de l'étude concernant les connaissances à apporter au sujet de la Diane et de sa situation dans la plaine de Pompignan peuvent être hiérarchisés ainsi :

1. Réaliser un suivi complet du cycle de la Diane à Pompignan, pour apporter des connaissances approfondies sur toutes les phases du cycle de l'espèce.
2. Réaliser un suivi comparatif de 4 stations différentes, tant sur le plan dynamique des populations (exploitation des résultats de CMR et de transect) que sur les facteurs limitants de l'espèce (utilisation des ressources pour les adultes et les larves).
3. Exploiter, analyser les résultats et les faire connaître largement. Cet objectif sera réalisé par la diffusion du présent rapport par l'association Gard Nature et via le site de l'enquête Diane, Proserpine et Aristoloches de l'ONEM.

Ce rapport synthétise les résultats de l'étude Diane à Pompignan en 2009, en les comparant à ceux de 2008. Il a également pour vocation de présenter les protocoles permettant de contribuer à répondre aux différentes problématiques soulevées. Ces protocoles sont adaptés aux facteurs limitants de l'étude (moyens humains et financiers).



1 : Plaine de Pompignan vue depuis le causse de l'Hortus



2 : Paysage autour de la bergerie de Monnier



3 : Prairie sèche inondable au bord du ruisseau d'Artiques



4 : Paysage des Pradinaux



5 : Paysage viticole de Mirabel



6 : Lit à sec du Rieumassel



Illustration 2 : Quelques photographies de la plaine et des stations de Diane

source : Puissauve Renaud

1- Matériel biologique et sites d'étude

Espèce étudiée

La Diane (*Zerynthia polyxena* Denis & Schiffermüller, 1775) est un lépidoptère protégé par la loi française (arrêté du 22 juillet 1993 fixant la liste des insectes protégés sur le territoire national), par la convention de Berne (Annexe II : espèces strictement protégées), ainsi que par la « Directive Habitat » du 21 mai 1992 (Annexe IV : Espèces d'intérêt communautaire qui nécessitent une protection stricte). Au sein de la plaine de Pompignan, il est présent en petites populations restreintes, volant de fin mars à début mai. Pour ces populations languedociennes, il semblerait que les femelles ne pondent que sur *Aristolochia rotunda*, bien que certaines chenilles en fin de développement puissent être observé sur *A. pistolochia* ou *A. clematidis*, lorsque ces espèces sont présentes à proximité des stations d'*A. rotunda* (obs. pers.). Les jeunes chenilles se développent en se nourrissant des fleurs, et plus tard des feuilles et des fruits de la plante hôte. Après plusieurs mues, les chenilles se nymphosent et passent la fin d'été, l'automne et l'hiver sous la forme d'une chrysalide.

La plaine de Pompignan et les stations de Diane

Les 4 zones d'études sont situées dans la plaine de Pompignan, territoire d'environ 10 000 hectares dans l'Ouest du département du Gard à la limite de celui de l'Hérault (Languedoc-Roussillon). Ce territoire est défini comme une dépression marno-calcaire à la jonction entre le Causse de l'Hortus et les Cévennes schisteuses. Elle est délimitée au Nord par les premiers reliefs cévenols, par le Causse de l'Hortus au Sud, et par les massifs du bois de Monnier et du Coutach fermant la cuvette, respectivement à l'Ouest et à l'Est. La plaine est répartie sur 4 communes : Saint-Hippolyte-du-Fort, Conqueyrac et Sauve au Nord, Pompignan pour la partie Sud. Les cinq stations de Diane situées sur la commune de Pompignan (*cf. illustration 2.1*) se trouvent à proximité de ruisseaux inclus dans le bassin versant du Rieu Massel, principal cours d'eau de la commune (*cf. illustration 2.6* et *illustration 3*). Parmi ces stations pompignanaises, se trouvent les 4 sites d'étude de 2008 plus la station « Bergerie de Lascan » (*cf. illustration 3*), confirmée cette année par la présence d'imagos, d'Aristoloches à feuilles rondes et de chenilles. La Diane est également connue sur les communes voisines de Conqueyrac et de Sauve.

Les zones d'études, définies en 2008, englobent chacune une station de Diane. Chaque



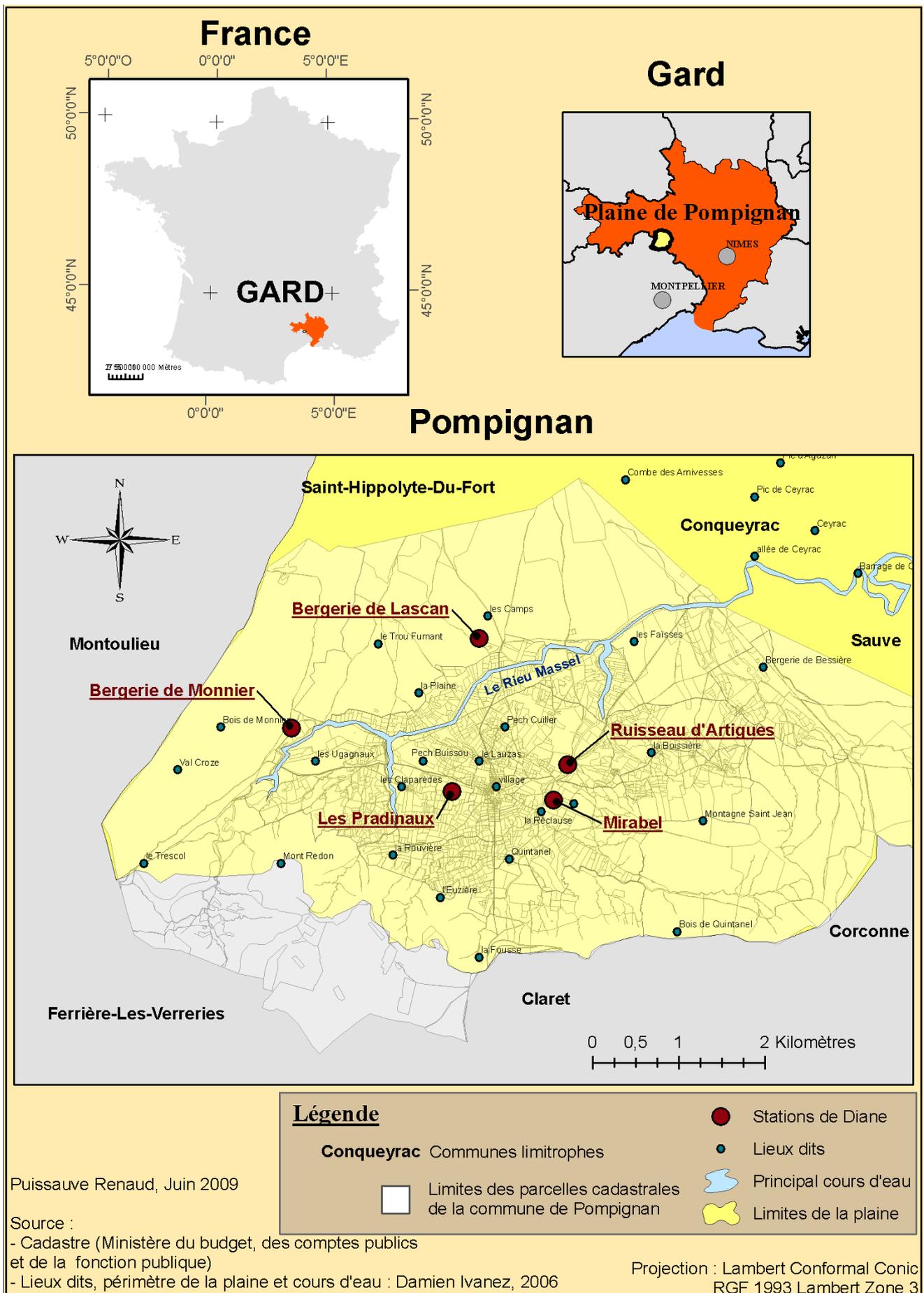


Illustration 3 : Cartographie de la répartition des stations de *Zerynthia polyxena* connues de la plaine de Pompignan

station correspond à un ensemble de petites parcelles (moins d'un hectare) où le papillon et sa plante hôte, l'Aristolochie à feuilles rondes, ont pu être observés simultanément :

- La bergerie de Monnier [code – MON ; coordonnées – UTM 31T X:0566500, Y:4861260]

Station située au pied du massif forestier du Bois de Monnier (*cf. illustration 2.2*), elle se trouve à l'interface géologique entre les calcaires du Jurassique et du Crétacé. Les habitats rencontrés sont la Chênaie verte, des espaces de garrigues à Romarin, de vignes ou de friches post-culturelles et des milieux plus humides en bordure de chemins du fait d'un sol marneux et d'une couverture végétale arbustive. Elle est limitée à l'Est par l'oued du Rieu Massel, un cours d'eau intermittent au régime torrentiel.

- Les Pradinaux [code – PRA ; coordonnées – UTM 31T X:0568340, Y:4860460]

Il s'agit d'un territoire d'une centaine d'hectares de terres agricoles, à l'Ouest du village de Pompignan. La station présente aujourd'hui une mosaïque de parcelles en friches, en prairies méditerranéennes à hautes herbes, en cultures annuelles (céréales) et en vignes. Les sols sont composés de colluvions argilo-calcaires et présentent un caractère hydromorphe marqué : la nappe d'eau affleure en surface en hiver, elle s'enfonce à plusieurs mètres de profondeur en été avec possibilité de fluctuations importantes et rapides du niveau (orages). La parcelle principale, sous convention de gestion conservatoire entre l'association Gard Nature et le propriétaire, est le seul terrain enherbé qui n'a pas été retourné depuis plus de trente ans sur ce territoire. La parcelle est située à la confluence de 3 fossés qui constituent les « sources » du ruisseau temporaire du Valadas (*cf. illustration 2.4*).

- Mirabel [code – MIR ; coordonnées – UTM 31T X:0569610, Y:4860810]

Cette petite station se répartit le long des fossés drainant un espace où prédominent les parcelles viticoles (*cf. illustration 2.5*). Les sols sont composés de colluvions marno-calcaires. Cette station est située à l'Est du village de Pompignan, à proximité du château de Mirabe. Elle est limitée à l'ouest par la Récluse, vasque en eau tout l'année, située à la confluence de 3 ruisseaux temporaires et donnant naissance au ruisseau d'Artigues en aval.

- Le ruisseau d'Artigues [code – ART ; coordonnées – UTM 31T X:0566500, Y:4861270]

Station située à 400 m plus au nord de « Mirabel », elle est constituée d'une prairie sèche (inondable en cas de fortes pluies l'hiver ; *cf. illustration 2.3*) et d'une friche post-culturelle, séparées par un fossé où se développe une haie arborée. Elle est délimitée à l'Ouest par une chênaie et à l'Est par la ripisylve de Frênes à feuilles étroites du ruisseau d'Artigues et plus loin par la route départementale D181.



Tableau 1 : Distances et temps de parcours des différents transects avec le détail pour chaque portion

STATIONS			A		B		C		D		E	
	Distance totale (m)	Durée totale (min)	Distance (m)	Durée (min)								
PRA	1002	33' 23"	156	5' 12"	370	12' 20"	108	3' 36"	156	5' 12"	212	7' 3"
MON	1284	42' 47"	224	7' 28"	416	13' 52"	181	6' 1"	248	8' 16"	215	7' 10"
ART	570	19' 0"	142	4' 44"	141	4' 42"	120	4' 0"	167	5' 34"	-	-
MIR	829	27' 38"	188	6' 16"	308	10' 16"	133	4' 26"	200	6' 40"	-	-

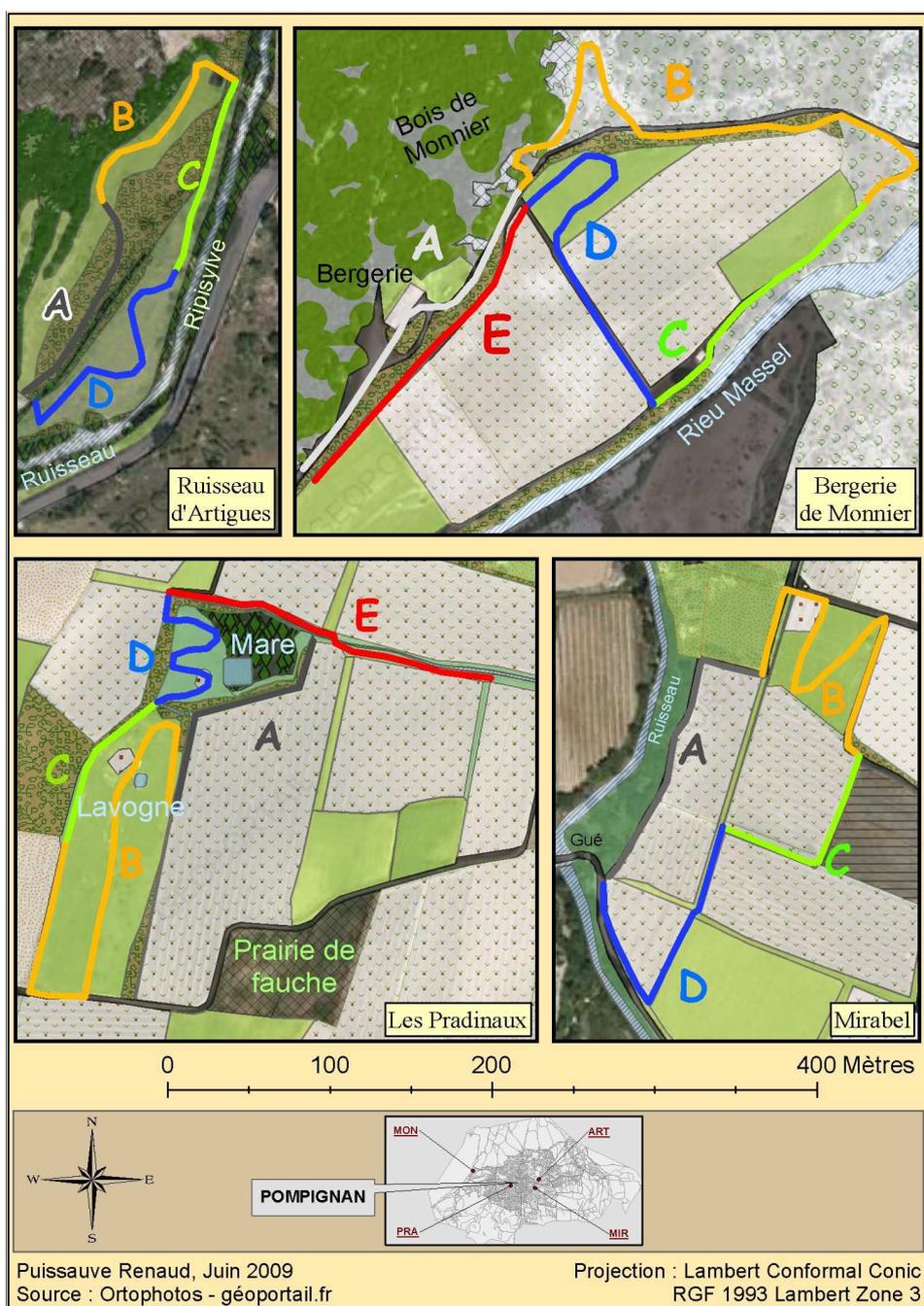


Illustration 4 : Cartographie des transects mis en place sur chacune des stations étudiées de *Zerynthia polyxena*

2- Protocoles d'études et d'échantillonnage

Parcours d'échantillonnage et données récoltées

Pour chaque site, un transect a été défini *a priori*, avant l'émergence des Dianes et avant la sortie des Aristoloches en mars 2009. Ces parcours prennent en compte les informations récoltées en 2008 sur la répartition de la Diane et sa plante-hôte, mais également des zones à prospecter pour compléter ces données. Les longueurs des transects sont comprises entre 570 m (ART) et 1284 m (MON) avec des temps de parcours de 19 à 43 minutes (*cf. tableau 1*). Chaque parcours est partagé en 4 ou 5 portions de 100 à 400 mètres correspondant à des entités relativement homogènes en terme d'habitats (*cf. illustration 4*).

Pour chaque observation d'imago de Diane (CMR, transects, ou hors protocole), un maximum d'informations est relevé :

- . date et heure ;
- . force du vent : selon l'échelle de Beaufort (**annexe 1**) ;
- . individu, sexe et état : « individu » correspond au numéro de marquage, le sexe peut être déterminé en observant des caractères morphologiques de l'abdomen, et l'état est estimé de 1 à 4, et peut être considéré comme un indicateur de l'âge des papillons (Watt *et al.*, 1977) (1 [frais du jour] tout frais éclos du jour avec les ailes presque molles ; 2 [frais] couleurs vives, pas de rayures ou d'écailles manquantes ; 3 [abîmés] couleurs passées, écailles manquantes, rayures ; 4 [très abîmés] papillons très frottés, très passés, à peine reconnaissables) ;
- . station et coordonnées : les coordonnées GPS sont notées dans le système UTM⁵-WGS34 (Zone 31T). Pour les relevés, l'appareil utilisé est un Garmin®etrex qui donne une précision maximale de 3 mètres ;
- . comportement de l'individu lors de la capture : R [repos], V [vol], N [nourrissage] en précisant la plante utilisée, A [accouplement], P [ponte].

Capture-marquage-re-capture

Comme son nom l'indique, cette méthode permet l'identification individuelle et le suivi des imagos à chaque échantillonnage.

Comme le requiert la législation française de juillet 1993 sur les espèces protégées, une demande d'autorisation de capture-marquage de la Diane a été effectuée auprès de la préfec-

5 En français : Transverse Universelle de Mercator qui est un système de coordonnées en projection





Illustration 5 : Cage d'élevage *in situ* des chenilles de *Zerynthia polyxena* sur la station des Pradinaux

source : Puissauve Renaud

ture du Gard. Cette autorisation a été accordée pour une durée de 3 ans (*cf. annexe 2*), sachant que l'étude a démarré au printemps 2008. Le programme de CMR a été mis en place sur les 4 stations présentées précédemment. Le protocole mis en place consistait à capturer tous les individus rencontrés au cours de la prospection sur chaque station, le but étant d'obtenir un comptage exhaustif des individus et de vérifier la possibilité d'échanges entre les stations. Le même protocole de marquage a été repris en 2009 pour la partie technique, mais des changements substantiels ont été apportés pour la partie prospection.

Pour la capture des imagos, des filets à papillons à toile en tulle sont utilisés. Après immobilisation temporaire dans un filet à maille larges, les papillons capturés sont marqués à l'aide d'un feutre à pointe moyenne de type Stabilo OH pen universal. Le marquage se fait sur le dessus des ailes antérieures selon un code permettant une identification individuelle des spécimens marqués (*cf. annexe 3*). Afin d'observer d'éventuels échanges entre les stations les plus proches, deux couleurs sont utilisées (rouge et noir). L'impact des taches de couleurs sur les papillons est jugé négligeable puisqu'elles ne modifient que très peu les motifs des ailes et les couleurs choisies sont déjà présentes sur les ailes. Les transects sont parcourus à une vitesse moyenne de 0,5m/sec et toutes les Dianes vues à une distance permettant leur capture sont capturées et marquées ou bien contrôlées. Les conditions d'échantillonnage ont été définies à partir de celles utilisées pour le British Butterfly Monitoring Scheme (Pollard & Yates, 1993) : absence de pluie, température supérieure à 19°C ou au moins à 17°C si l'ensoleillement est maximal, vitesse du vent inférieure à 20 km/h. Ces conditions météorologiques relativement homogènes correspondent aux conditions de vol optimal de la plupart des espèces de Rhopalocères.

Transects

Cette méthode consiste à comptabiliser toutes les observations de Rhopalocères le long d'un linéaire afin d'en estimer l'abondance.

En plus des sessions de CMR, pour chaque journée d'échantillonnage, un comptage par transect est effectué sur la station, suivant le même parcours. Chaque transect est parcouru à une vitesse de 0,5 m/sec et tous les Rhopalocères vus dans un cube de 5 m de côté devant l'observateur sont dénombrés. Comme pour les sessions de CMR, les conditions d'échantillonnage sont restreintes aux conditions de vol des papillons.

Étude de la phénologie et de l'écologie des stades larvaires

Un suivi des chenilles a été mis en place sur 3 placettes d'un mètre carré afin de suivre leur développement. Ces placettes ont été choisies sur la station de la bergerie de Monnier,



Tableau 2 : Nom et description des différentes couches de SIG créées

Nom de couche	contenu	Type	Champs associés		Description
Diane_2009	fichier de forme	points	date	date de l'observation	
			semaine	semaine d'observation	
			sexe	sexe de l'individu (na , M [mâle], F [femelle])	
			etat	1 [frais du jour] ; 2 [frais] ; 3 [abîmé] ; 4 [très abîmés]	
			marque	numéro de marquage	
			station	MON [bergerie de Monnier] ; PRA [Les Pradinaux] ; MIR [Mirabel] ; ART [Ruisseau d'Artigues]	
			compt	V [vol] ; R [repos] ; N [nourrissage] ; P [ponte] ; A [accouplement]	
A.rotunda	fichier de forme	points	surface	surface du patch (en m ²)	
			nb_oeufs	nombre d'œufs sur la patch	
			densité	nombre de tige par patch / surface du patch	
			oeufs	présence (1) ou absence (0) d'œufs	
Prosp_Aristo	fichier de forme	lignes	station	MON ; PRA ; MIR ; ART	
			annee	annee correspondant aux limites de la prospection	
Transects	fichier de forme	lignes	station	MON ; PRA ; MIR ; ART	
			portion	portion du transect (A ; B ; C ; D ; E)	
			longueur	longueur de la portion (en mètres)	
			annee	année de mise en place du transect	
CorBiotopes	fichier de forme	polygones	corine10	Deux premiers chiffres du code Corine	
			corine0.1	Deuxième partie du code Corine (décimales)	
			station	MON ; PRA ; MIR ; ART	
			nom	nom associé à l'entité (ex : <i>Rieu Massel</i>)	
			nomHab	Nom correspondant au code Corine de l'entité (Corine10 et Corine11)	
Cadastre	fichiers de forme	lignes, points, polygones	fichiers de formes créés à partir des fichiers cadastraux de Pompignan		
Orthophotos	fichier images	raster	"Pradinaux.png" ; "Monnier.png" ; "MIR-ART.png"		

pour le nombre relativement important d'œufs, pour leur homogénéité (taille, végétation, ...) et pour la facilité d'observation des chenilles. Sur ces 3 répliques, cinq contrôles ont été effectués entre le 9 avril et le 12 mai 2009, au cours desquels les œufs non éclos ont été dénombrés et les chenilles mesurées et comptées. Pour analyser les données, 4 classes de taille ont été définies : 1, 2, 3, 4. Celles-ci correspondent en partie aux stades de développement larvaire (d'après l'aspect des chenilles, obs. pers.), mais le nombre exact de mues en conditions naturelles n'est pas connu pour le cycle larvaire de la Diane. La médiane du nombre d'observations par réplique a été déterminée pour chaque stade et chaque date de contrôle, afin de suivre l'évolution de chaque stade larvaire au fil du temps.

Afin de recueillir des informations sur les modalités de la nymphose, une cage d'élevage *in situ* a été mise en place sur la station des Pradinaux. La cage est constituée d'une armature en bois et de parois en toiles de fibre de verre à mailles fines (cf. **illustration 5**). Ses dimensions sont de 2,30 x 1 x 1,50 m [Long. x larg. x H]. Elle a été disposée sur une station d'Aristoloches à feuilles rondes où deux chenilles étaient déjà présentes. Quatre autres chenilles, trouvées sur la même parcelle, ont été placées dans la cage. Divers supports potentiels de nymphose ont été ajoutés : pierres, écorces, branches, structure en bois, ... Une journée entière a été consacrée au suivi comportemental des chenilles avec observation des comportements et des déplacements. Les contrôles ont été effectués toutes les demi-heures de 10h à 19h30, puis à 23h30, et enfin de 7h à 10h le lendemain.

Prospections complémentaires et données sur la ponte

Des prospections ont été menées afin de connaître la répartition des plantes-hôte et des sites de ponte pour chaque station (une après-midi de prospection a également été mise en place avec les adhérents de Gard Nature, afin de préciser la situation de la station présumée à proximité de la bergerie de Lascan). Pour chaque station d'*A. rotunda*, la surface, le nombre de tiges fleuries et les coordonnées GPS ont été relevés. La présence, le nombre d'œufs et la position sur la plante ont également été précisés.

3- Système d'Information Géographique et cartographie des habitats

Mise en place d'un SIG

Un SIG est un outil informatique permettant d'organiser et de présenter des données alphanumériques spatialement référencées, ainsi que de produire des plans et des cartes.

Afin de faciliter le suivi des populations de Diane de la plaine de Pompignan, un Système d'Information Géographique a été mis en place. Celui-ci permet entre autres de



Tableau 3 : Code Corine, nom et présence des habitats retenus pour la cartographie sur chaque station de *Zerynthia polyxena* échantillonnée

Code	Nom Corine biotopes	ART	MIR	MON	PRA
22.0	Eaux douces stagnantes				X
24.16	Cours d'eau intermittents	X	X	X	X
31.81	Fourrés médio-européens sur sol fertile	X		X	X
32.42	Garrigues à Romarin	X		X	
34.33	Prairies calcaires subatlantiques très sèches	X			
37.4	Prairies humides méditerranéennes hautes				X
41.7	Chênaies thermophiles et supra-méditerranéennes	X			
44.0	Forêts riveraines		X		
44.63	Bois de Frênes riverains et méditerranéens	X			X
45.31	Forêts de Chênes verts			X	
62.3	Dalles rocheuses			X	
82.0	Cultures	X	X		X
83.18	Vergers à hautes tiges		X		X
83.21	Vignobles	X	X	X	X
83.32	Plantations d'arbres feuillus		X		
85.11	Parcelles boisées de parcs		X		
85.31	Jardins ornementaux	X	X		X
85.32	Potagers de subsistance		X		X
86.2	Villages, habitations	X	X	X	X
86.41	Anciennes carrières	X			
87.1	Terrains en friche	X	X	X	X
87.12	Jachères		X		
87.2	Zones rudérales	X	X	X	X

regrouper des informations sur la Diane, les Aristoloches, l'occupation des sols dans la plaine de Pompignan, mais aussi d'éditer des cartes pour présenter ces résultats et de les comparer au fil de années.

Les données récoltées au cours des différents échantillonnages décrits précédemment ont pu être intégrées dans différentes « couches géographiques », appelées couches vectorielles, à l'aide de la suite logicielle SIG ArcGis de ESRI. Chacune de ces couches est associée à une table attributaire, où chaque objet correspond à une entité géographique associée à des champs d'information. Les couches construites et les informations qu'elles contiennent sont présentées dans le **tableau 2**.

Identification des habitats cartographiés

La classification des habitats, utilisée pour définir les entités de la couche *CorBiotope* est basée sur la typologie Corine Biotopes⁶ mise en place par la communauté européenne. Cette typologie hiérarchisée permet de définir les biotopes à différents niveaux de précision selon les besoins et les possibilités. La liste des 23 habitats retenus et les codes Corine correspondant sont donnés dans le **tableau 3**. Pour certains habitats, notamment pour les plus anthropiques (classe 8 de la typologie Corine Biotopes - Terre agricoles et paysages artificiels), la typologie a été adaptée et la description détaillée de ces habitats est donnée en **annexe 4**.

La délimitation des entités a été définie par photo-interprétation des photographies aériennes du site Internet Geoportail.fr⁷, mais également à partir du cadastre digitalisé de la commune de Pompignan. Cette délimitation a ensuite été vérifiée sur le terrain afin de créer des entités homogènes. La détermination des habitats naturels ou semi-naturels a été réalisée à l'aide des inventaires naturalistes de l'association Gard Nature effectués au cours de « sorties botaniques » et impliquant 2 à 3 personnes (les 25/04 MON, 7/05 PRA et 12/06 ART). Le protocole utilisé est une prospection aléatoire au sein de chaque parcelle échantillonnée. Pour les parcelles agricoles et les zones rudérales, la détermination s'est opérée à partir de la photo-interprétation et de la vérification sur le terrain.

6 Consultable en ligne à <http://in2000.kaliop.net/biotope/ibase.asp>

7 Site de service public donnant accès à des informations géographiques



Tableau 4 : Comparatif des protocoles et des résultats de capture-marquage entre 2008 et 2009

Nombre de journées de prospection	~30	?	?	?	?	24	6	5	5	7
Temps moyen de prospection effective par journée (heures)	~4					2 (de 30 min à 3h30)	(CMR + transect)			
Conditions météorologiques	aucunes					conditions de vol des Rhopalocères				
Méthode de prospection	« aléatoire »					le long d'un transect				
Nombre d'individus marqués	86	19	19	14	34	36	5	8	6	17
Nombre d'individus recapturés	19	7	1	3	8	6	2	0	2	2
Nombre de recaptures total	24	10	1	2	11	6	2	0	2	2

1- Résultats de CMR et de transects et comparaison des méthodes

En 2008, 86 Dianes ont été marquées au cours de la période d'échantillonnage parmi lesquelles 19 ont été contrôlées au moins une fois par la suite. Les contrôles se sont fait entre 2 et 17 jours après le marquage (moyenne de 7,28 jours). Toutefois, le protocole non standardisé mis en place ne permet pas d'analyser ces données en termes de paramètres démographiques et d'estimation de taille de population, car les résultats risqueraient d'être fortement biaisés. Le protocole de CMR standardisé mis en place au printemps 2009 a permis de capturer 36 Dianes parmi lesquelles 6 ont été contrôlées entre 5 et 10 jours après (pour une moyenne de 6,33 jours). En raison du faible taux de re-capture, les modèles et formules mathématiques statistiques adaptés à ce type d'étude ne peuvent être appliqués.

Le **tableau 4** permet de comparer les 2 protocoles et les résultats obtenus. Ainsi, le temps de prospection pour la capture et le marquage a été divisé par 2 avec une cinquantaine d'heures sur le terrain en 2009 contre presque 120 en 2008. Le nombre de captures et de contrôles est 2 fois moindre qu'en 2008 mais ces résultats peuvent difficilement être comparés du fait de méthodologies différentes. La répartition du nombre de captures entre les 4 stations est assez similaire pour les deux années, avec plus de 40% des captures pour la station des Pradi-naux et environ 20% pour chacune des 3 autres stations. Aucun échange d'individus entre les populations n'a pu être mis en évidence au cours de ces deux années d'étude. Cette année cependant une Diane a pu être observée au niveau de la route D181 qui sépare les stations de Mirabel et du ruisseau d'Artigues, et deux autres individus solitaires ont été observés se déplaçant dans la direction opposée à la station d'appartenance (PRA et MIR), ce qui pourrait laisser supposer que certains individus auraient tendance à se disperser (*cf. illustrations 7 et 9* : femelles au Sud-Ouest des cartes d'observations de *Z. polyxena*). Malgré tout, aucun comportement erratique n'a été observé localement au cours de ces deux premières années de suivi des populations de Diane.

Les transects mis en place en 2009 n'ont permis que 6 observations de Diane (MIR : 3, PRA : 2 et MON : 1). Le faible nombre apparent d'individus au sein de chaque population ne permet pas un suivi efficace des populations en termes d'abondance par la méthode du comptage à vue. En revanche, ces transects ont permis la récolte de 428 données de Rhopalocères sur les 4 stations. Au total, ce sont 56 espèces qui ont pu être observées entre le 26 mars et le



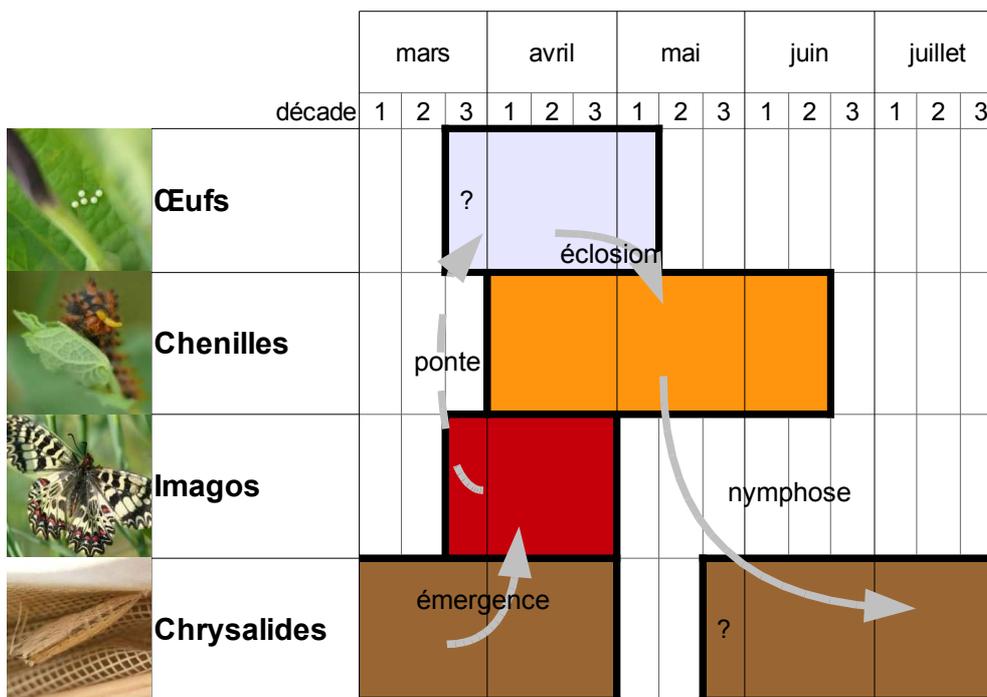


Figure 1 : Illustration de la phénologie des différents stades de développement de *Zerynthia polyxena* à Pompignan d'après les données d'observation de 2008 et 2009.

Les flèches représentent le passage d'un stade à l'autre avec le nom de cette étape.
 ? : présence supposée du stade à cette période.

source : Puissauve Renaud

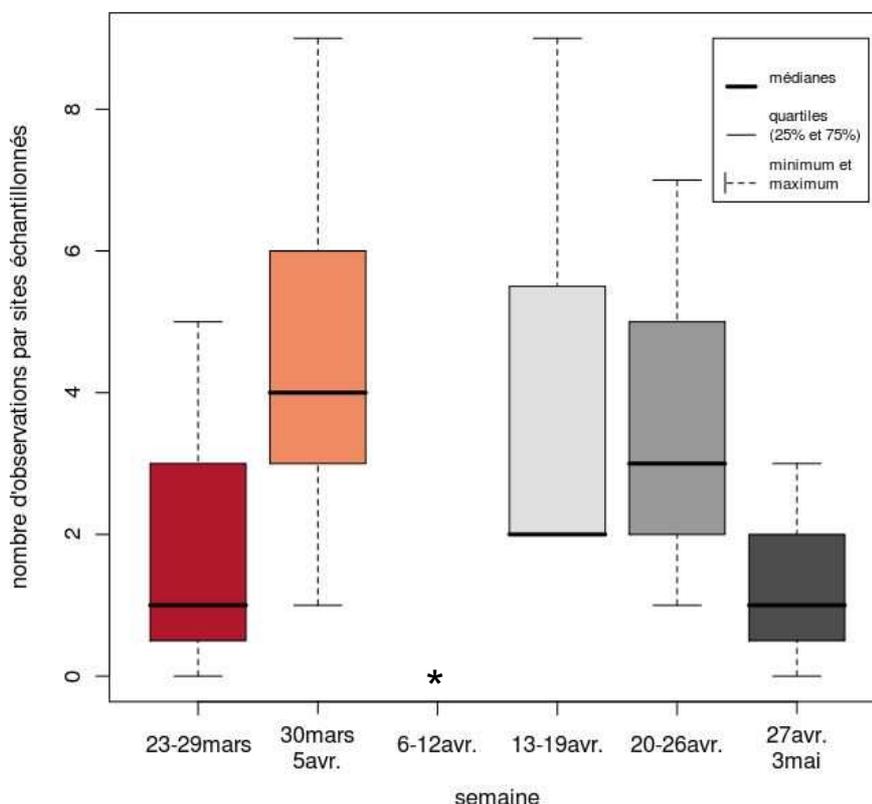


Figure 2 : Représentation schématique de la distribution des observations de *Zerynthia polyxena* au fil des semaines pour l'année 2009

* : semaine du 6 au 12 avril non échantillonnée à cause des conditions climatiques défavorables

11 juin 2009 (correspond à la période de vols des *Zerynthia* de la plaine de Pompignan). D'importantes différences peuvent être notées entre les sites, notamment en termes de diversité spécifique puisque, parmi les 56 espèces observées, 87,5% sont présentes à la bergerie de Monnier, 75% au ruisseau d'Artigues, 67,9% au Pradinaux et seulement 53,6% à Mirabel. De plus, les informations sur les espèces présentes peuvent nous renseigner sur les types d'habitats que l'on peut rencontrer sur chaque station. La liste des espèces, leur présence sur chaque station ainsi que les plantes-hôtes des chenilles sont données en **annexe 5**. Les données récoltées donnent beaucoup d'informations sur la phénologie et l'abondance relative de chacune des espèces. Ces informations ne sont pas traitées dans ce rapport.

2- Biologie / écologie de la Diane dans la plaine de Pompignan

Phénologie des émergences

La **figure 1** présente la phénologie et les périodes de chevauchement des différents stades du cycle de la Diane, d'après les observations faites dans la plaine de Pompignan en 2008 et 2009. Pour 2008, la première observation d'adulte volant date du 29/03 (PRA) et la dernière observation est datée du 3/05 (PRA). En 2009, les observations sont réparties entre 26/03 (MON) et le 30/04 (PRA). La période de vol peut alors être estimée à un peu plus d'un mois (30 jours) entre fin mars et début avril.

La répartition des observations d'imagos au fil des semaines, illustrée par la **figure 2**, nous montre globalement une augmentation régulière du nombre de papillons observés au début de l'émergence, puis une diminution au cours des deux dernières semaines de période de vol. Ces observations doivent être mises en relation avec la **figure 3** qui illustre la répartition des observations de papillons fraîchement émergés. Ainsi, de nouvelles émergences ont lieu tout au long de la période de vol de la Diane, et non pas seulement au début. Une autre observation intéressante peut être déduite en comparant la répartition de ces émergences au fil des jours avec la répartition journalière des pluies : chaque épisode pluvieux est suivi d'une nouvelle émergence. La **figure 2** nous montre également une variation relativement importante du nombre d'observations hebdomadaires entre les sites. Toutefois ces observations ne sont pas assez significatives, car les différents relevés n'ont pas été effectués au cours de la même journée et certains sites n'ont pas pu être échantillonnés certaines semaines en raison de conditions météorologiques défavorables. Par exemple, la semaine du 6 au 12 avril, aucun site n'a été échantillonné, ce qui ne signifie pas qu'aucun papillon n'était présent.



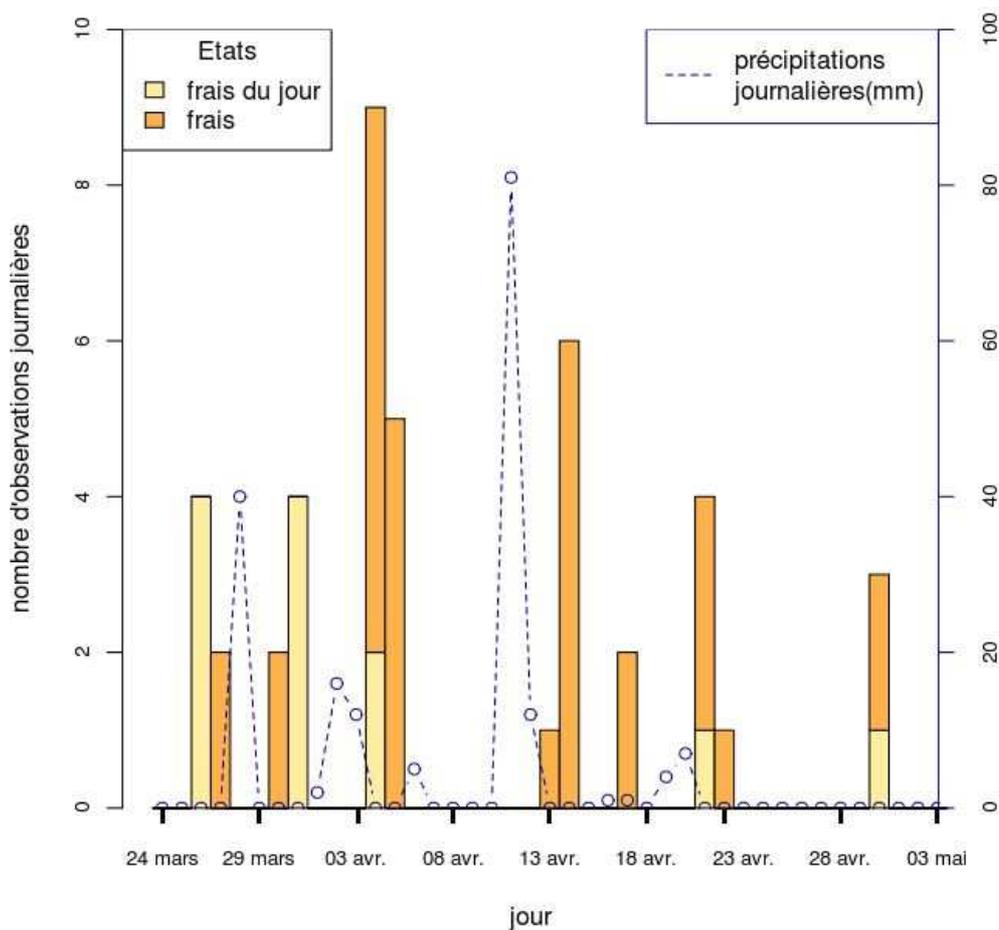


Figure 3 : Diagramme des observations de *Zerynthia polyxena* fraîchement émergés et de la courbe des précipitations journalières

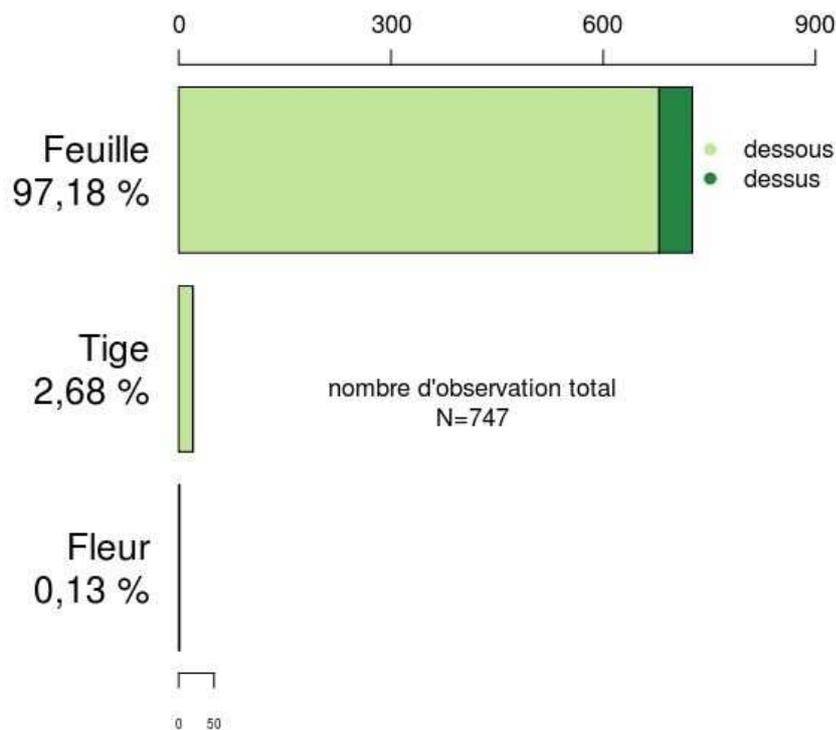


Figure 4 : Nombre d'observation d'œufs de *Zerynthia polyxena* sur les différentes parties de la plante-hôte, *Aristolochia rotunda*

Phénologie et comportement des stades larvaires

En 2009, les premiers œufs ont été observés à partir du 09/04, soit 14 jours après le début des émergences. Cependant, la même date, de jeunes chenilles ont également pu être observées, ce qui laisse supposer que les pontes avaient commencé dès les premiers jours suivant les premières émergences. Les pontes se sont poursuivies jusqu'à la dernière semaine de vol des adultes, et les dernières éclosions observées ont eu lieu au cours de la dernière semaine de mai. La durée d'incubation des œufs varie donc probablement entre une et deux semaines. L'analyse des données de pontes montre une nette préférence des femelles pour le dessous des feuilles d'Aristoloches qui totalisent 91,03% des œufs observés (cf. **figure 4**). Les autres œufs ont été trouvés sur le dessus des feuilles, sur les tiges et exceptionnellement sur les fleurs de l'Aristoloches à feuilles rondes. Bien que les recherches d'œufs aient principalement visé l'Aristoloches à feuilles rondes, aucune ponte n'a été observée sur les deux autres espèces présentes sur les stations (*A. clematitis* [toutes les stations] et *A. pistolochia* [MON]). En revanche, des chenilles en fin de développement (>20mm) ont été observées se nourrissant sur des pieds de ces deux espèces quand celles-ci étaient présentes à proximité d'*A. rotunda* (1 observation sur *A. pistolochia* [MON] ainsi que 2 observations sur *A. clematitis* [PRA]).

Les dernières chenilles observées en 2009 sont celles qui se trouvaient dans la cage d'élevage *in situ* : elles se sont chrysalidées autour du 20/06. Le suivi du développement des chenilles sur les répliques de la bergerie de Monnier (cf. **figure 5**) couplé au suivi de la nymphose *in situ* permet de situer le début de la nymphose vers la fin du mois de mai, peut être même plus tôt pour les toutes premières chenilles. Le suivi des chenilles a mis en évidence une diminution de leur nombre au fil du temps (cf. **figure 6**), semble-t-il, bien avant que les nymphoses ne commencent. Du fait de la toxicité des chenilles et de leur comportement d'effarouchement en cas de danger, il nous semble possible d'écarter la mortalité plus grande des chenilles en fin de cycle. La disparition des chenilles en fin de cycle est probablement due à une dispersion des chenilles et à des phases d'inactivité à l'abri de la végétation. En effet, le suivi comportemental des chenilles *in situ* montre que les chenilles, en fin de développement, peuvent passer inaperçues pendant plusieurs heures avant de réapparaître par la suite. Au cours du dernier stade larvaire « chenille », elles passent la majorité du temps au repos sur les tiges de diverses plantes. Puis, lorsqu'elles se déplacent, c'est à une allure relativement lente (de 10 à 50 centimètres en 30 min).

Concernant la nymphose, 4 chrysalides ont pu être observées sur les 6 chenilles initialement présentes dans la cage d'observation. Toutes les chrysalides sont placées au fond de la



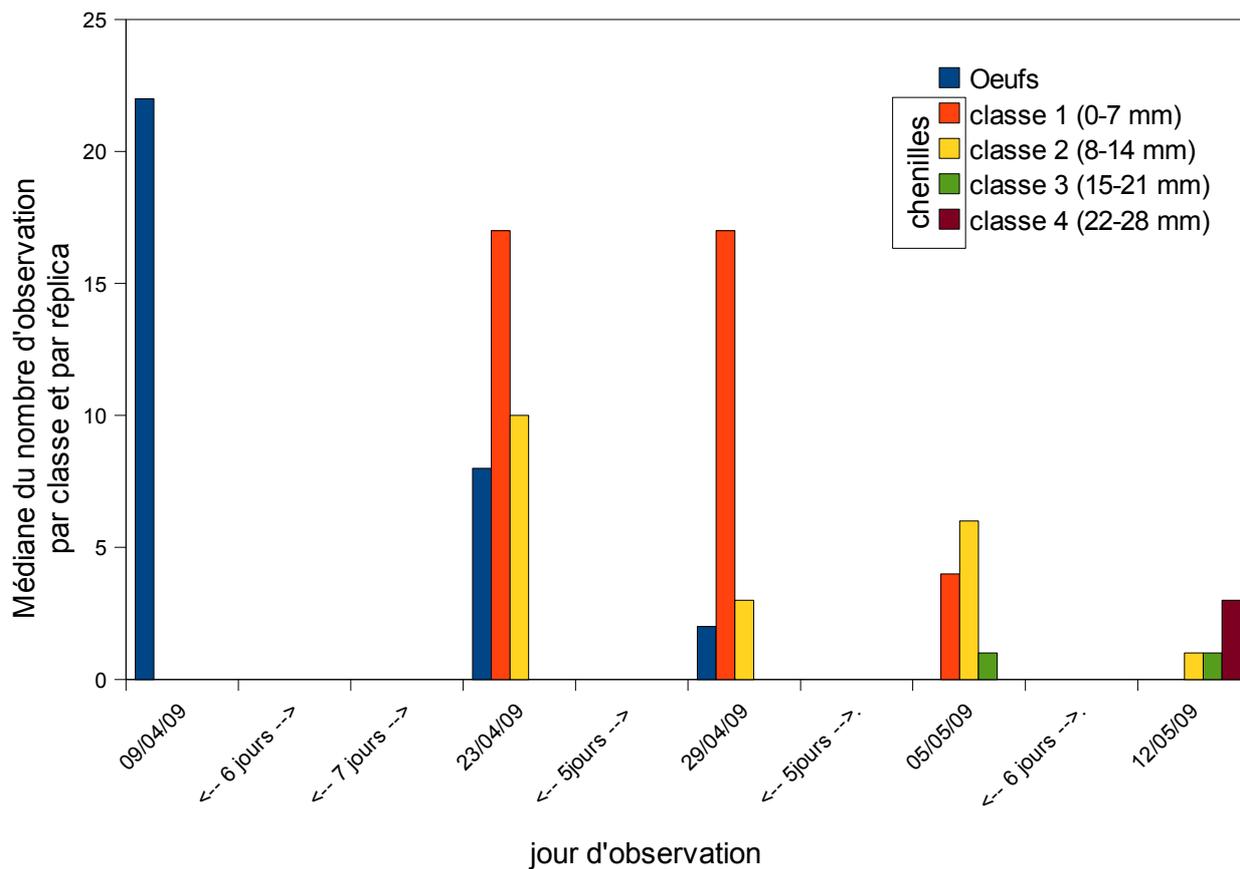


Figure 5 : Diagramme des observations au fil du temps des œufs et des différentes classes de taille de chenille *Zerynthia polyxena*

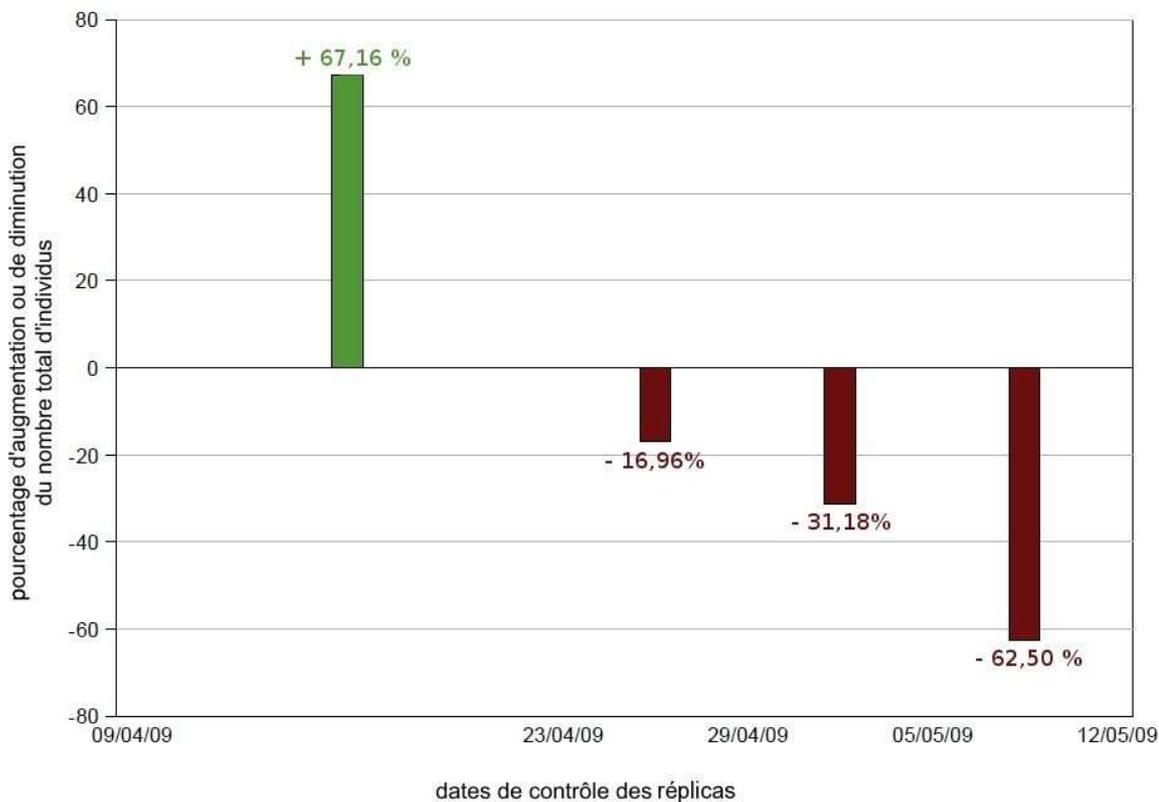


Figure 6 : Progression du nombre total d'œufs et chenilles de *Zerynthia polyxena* entre les temps de contrôles

cage, sur le coin supérieur, à quelques centimètres du plafond. Notons que 2 chenilles ont réussi à s'extirper de la cage par une minuscule ouverture du coin supérieur, pour aller se chrysalider exactement au même niveau que leurs consœurs, mais à l'extérieur de la cage. Il est donc possible que les 2 chenilles manquantes aient réussi à s'échapper de la cage. Le fait que les chenilles aient choisi le support verticale le plus élevé dans la cage indique très probablement que les chenilles cherchent des supports élevés dans la nature pour se chrysalider. Le fait que les chenilles aient choisi le support vertical le plus élevé dans la cage indique très probablement que les chenilles cherchent des supports élevés dans la nature pour se chrysalider. Si le support choisi est la toile de la cage, il ne faut pas négliger que l'emplacement choisi touche des baguettes en bois, ni que l'emplacement choisi par les quatre chrysalides est orienté sur le côté sud sud-est de la cage. Des investigations hivernales sur les jeunes arbres de la Frênaie seront réalisées durant l'hiver 2009-2010 par les adhérents de Gard Nature pour tenter de trouver des chrysalides de Diane sur le site des Pradinaux

3- Cartographie des stations de Diane

Cartographie des habitats et des stations de plante hôte

L'analyse des cartographies (*cf. illustrations 6, 7, 8 et 9*) permet de mettre en évidence des points communs et des particularités pour chaque station étudiée. On notera tout d'abord la présence systématique de cours d'eau temporaires à proximité immédiate des stations. Pour les deux stations dans lesquelles les activités agricoles sont bien présentes et pour lesquelles les sols présentent un caractère hydromorphe prononcé (PRA et MIR), les eaux de surface sont canalisées par un réseau de fossés. On remarquera alors la présence d'*A. rotunda* majoritairement le long de ces linéaires (*cf. illustrations 7 et 9*). Pour les deux stations plus sèches (MON et ART), où les habitats ouverts présentent un caractère calcicole prononcé (pelouses, garrigues, friches thermophiles et chênaies vertes), la plante-hôte de la Diane se développe aux endroits les plus frais et les plus humides : lisières et clairières de chênaies, sous-bois de ripisylves (ART), fourrés en bord de chemins ou encore dans les fissures des dalles rocheuses calcaires (MON). Mis à part pour la petite station du ruisseau d'Artigues, les zones à Diane de la commune de Pompignan sont incluses dans une matrice de mosaïque viticoles. On notera la forte présence de friches post-culturelles d'âge varié et dont le nombre augmentera probablement au cours des prochaines années du fait de l'arrachage massif du vignobles localement et à plus grande échelle en Région Languedoc-Roussillon.



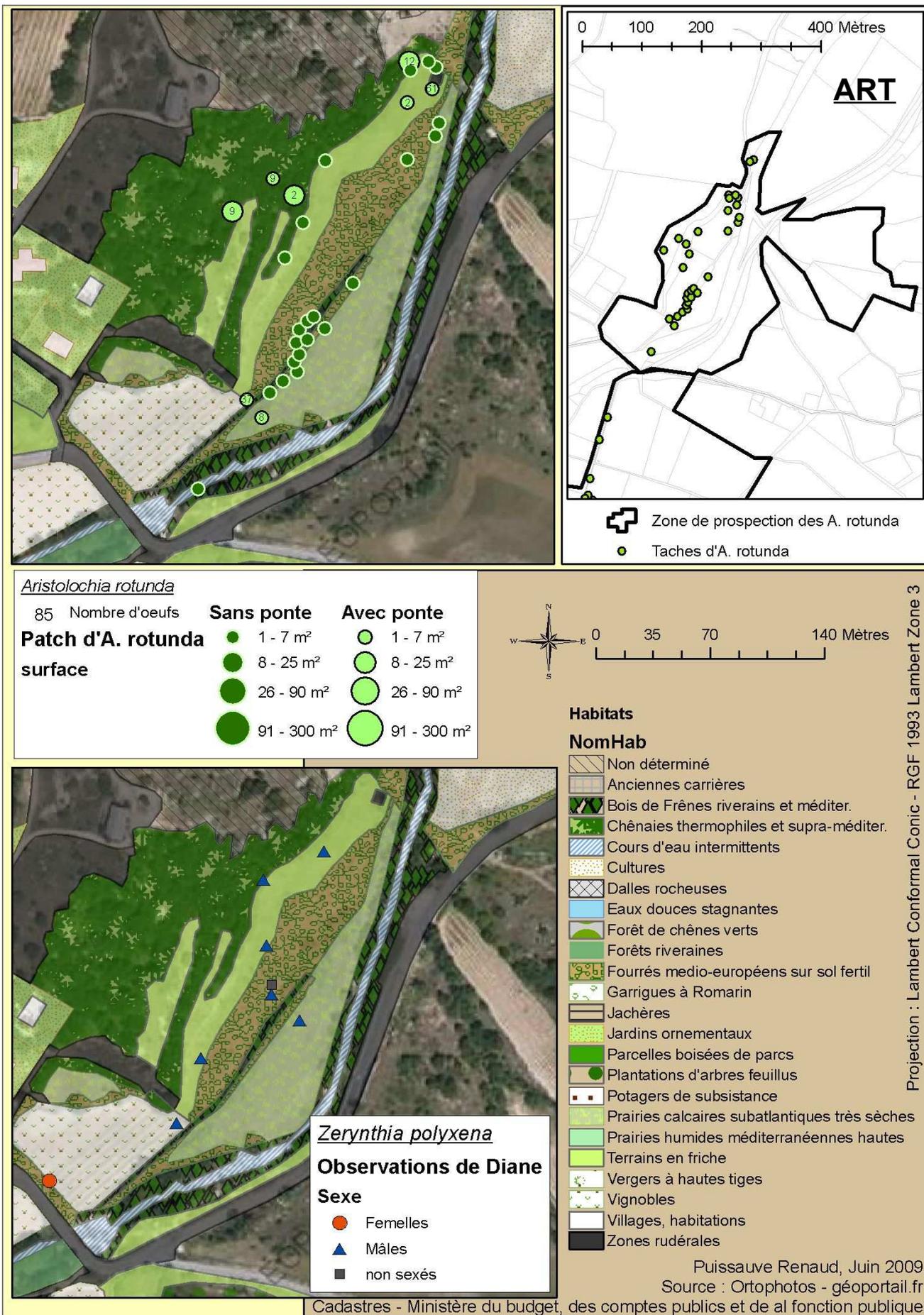


Illustration 6 : Cartographie des habitats, des patches d'*Aristolochia rotunda*, des pontes et observations de *Zerynthia polyxena* pour la station du ruisseau d'Artigues

Utilisation de l'espace et des ressources par la Diane

La distribution des observations de Diane sur les stations est relativement proche de celle des Aristoloches à feuilles rondes (cf. **illustrations 6, 7, 8 et 9**). Ainsi, 68,75% des individus ont été observés en vol, généralement dans des milieux relativement ouverts (bordures de chemins, friches herbeuses et prairies (PRA)). Cependant, la présence d'œufs dans les secteurs boisés ou très embroussaillés (malgré une faible accessibilité de ces habitats), démontre que les femelles de Diane utilisent ces milieux tant que les Aristoloches à feuilles rondes s'y développent. Il est même probable que le sex-ratio biaisé en faveur des mâles (1,72 en 2009 et 1,39 en 2008) résulte principalement du fait qu'un nombre non négligeable de femelles n'est pas visible en raison de leur présence sur des stations d'Aristoloches à feuilles rondes qui se trouvent sous un couvert végétal arbustif dense.

Concernant l'alimentation des imagos, 9 observations (dont une sur la commune d'Al-lègres-les-Fumades, Gard) ont permis d'identifier 6 plantes différentes : *Crepis sancta* (4 observations), *Muscari neglectum* (3 observations), *Salvia verbenaca* (1 observation) et *Diplotaxis eurucoides* (1 observation). Toutes ces plantes sont très abondantes dans le midi méditerranéen dans les friches, dans les champs cultivés (en particulier dans les vignes) et sur toutes les bordures de chemin présentant des talus secs, même régulièrement désherbées.

- DISCUSSION & CONCLUSION -

La majorité des résultats de cette étude constitue des observations qualitatives, et ce du fait des limites techniques et du manque de connaissances préalables sur les populations de Diane. En outre, ces résultats devraient permettre de faciliter l'étude de ces populations par la suite, notamment en précisant les pistes de recherches et les protocoles d'étude.

Après deux années d'étude sur des populations de Diane *Zerynthia polyxena* dans la commune gardoise de Pompignan, des informations inédites sur la phénologie, sur la biologie et l'écologie du papillon ont été récoltées.

L'évaluation de la dynamique des populations et leur comparaison entre les différentes stations étudiées n'a pas encore abouti à ce stade de l'étude, mais des éléments importants concernant l'occupation de l'espace par la Diane, la caractérisation phytosociologique des habitats et la localisation plus fine des stations de plante-hôte utilisées par la Diane ont pu être affermi et permettront un suivi dynamique pour les années suivantes.

L'analyse des données récoltées sur la Diane, sa plante-hôte et les conditions station-



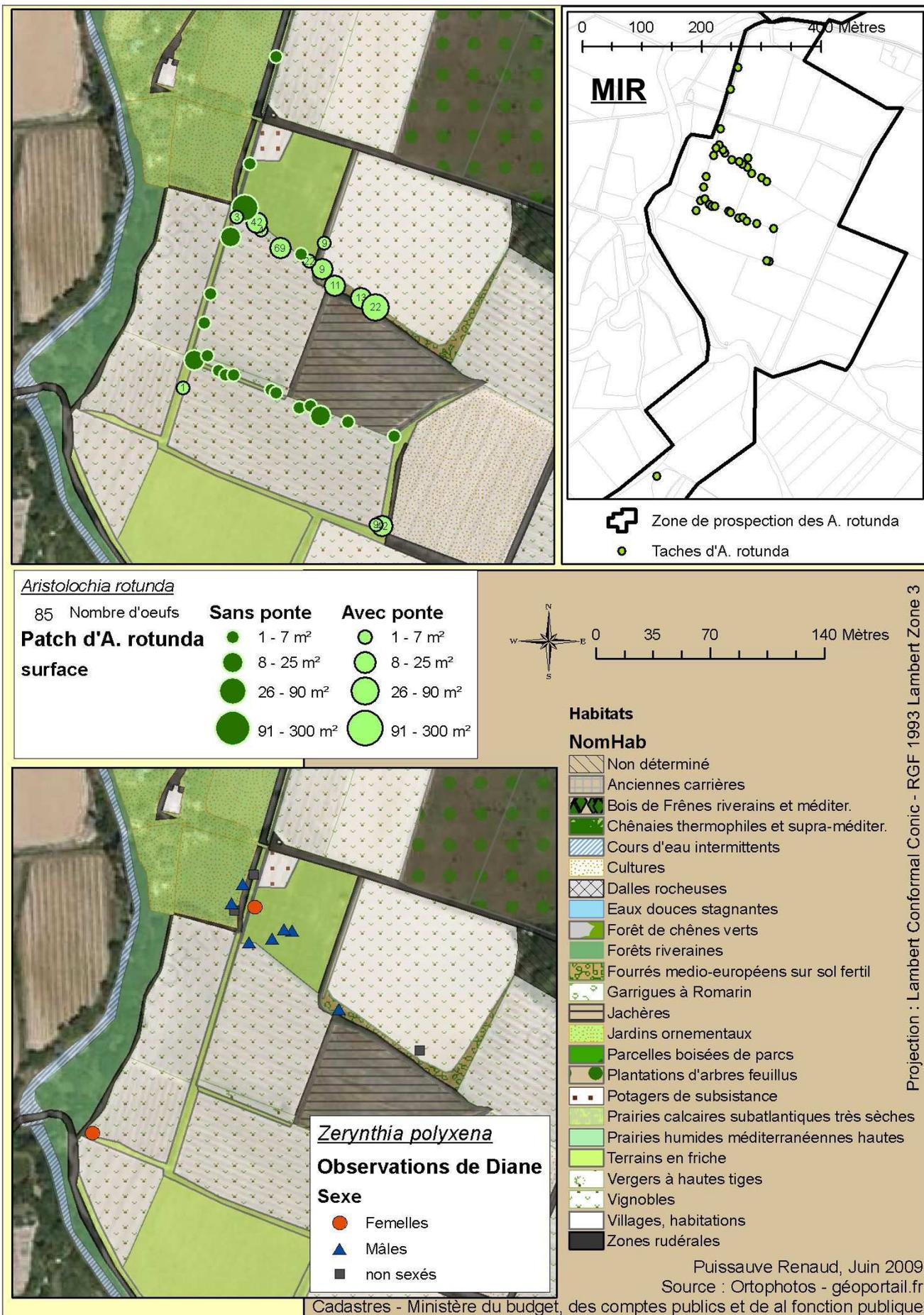


Illustration 7 : Cartographie des habitats, des patches d'*Aristolochia rotunda*, des pontes et observations de *Zerynthia polyxena* pour la station de Mirabel

nelles sur la commune de Pompignan permet d'ores et déjà d'apporter des orientations pour la gestion conservatoire de l'espèce localement. Cette analyse met également en évidence l'intérêt des données cartographiques pour le suivi et la gestion des populations de Diane, en particulier lorsque des études plus contraignantes sur la démographie de ces populations ne peuvent être menées correctement pour des raisons de moyens logistiques insuffisants. En outre, le traitement SIG de ces données permet une exploitation et une valorisation des résultats sur le long terme, par exemple pour mesurer l'impact des modifications rapides des pratiques agricoles et d'occupation du sol sur les populations de Diane et des papillons Rhopalocères.

1- Résultats dans le contexte et perspectives

L'interprétation des données sur l'écologie et le comportement de l'espèce présente un intérêt majeur pour la gestion d'un site en faveur d'une espèce protégée (*cf.* Sei, 2009). Par exemple, les résultats sur le suivi des chenilles de Diane mettent en évidence un comportement solitaire des chenilles au cours du (des) dernier(s) stade(s). Cette observation est confortée par les résultats d'une étude similaire sur un autre *Papilionidae* se nourrissant sur les Aristoloches (Pinto *et al.*, 2009), qui a démontré que les derniers stades larvaires étaient capables de détecter les composés chimiques de la plante-hôte à distance, ce qui expliquait le comportement solitaire des individus. Ces données apportent des indications sur la gestion des sites à Diane, comme la nécessité de prendre en compte cette dispersion au mois de juin en évitant une fauche des stations qui pourrait impacter fortement les chenilles de Diane en cas de fauche autour des pieds d'Aristoloches, où les chenilles de dernier stade sont susceptibles de se trouver.

Par ailleurs, les chenilles élevées *in situ* ont choisi un site de nymphose en hauteur et l'on peut donc s'attendre à ce que les chrysalides de Diane soient plutôt localisés dans les arbres et dans les arbustes plutôt que sur la végétation basse ou bien au sol. Ce comportement est tout à fait logique puisque les endroits où poussent l'Aristoloches à feuilles rondes *A. rotunda* concernent souvent des terrains inondables en période hivernale. La chrysalidation en hauteur permet donc à la chrysalide de survivre à tout type d'inondation. Il apparaît donc important de conserver des zones arbustives et arborées dans les stations de Diane. De plus, les exigences hygrométriques de l'Aristoloches à feuilles rondes font qu'elles poussent souvent dans les fossés plus humides, ou, le cas échéant, sous couvert de zones arborées ou de fourrés qui conservent plus de fraîcheur au printemps et en été en période de végétation. Les débrous-



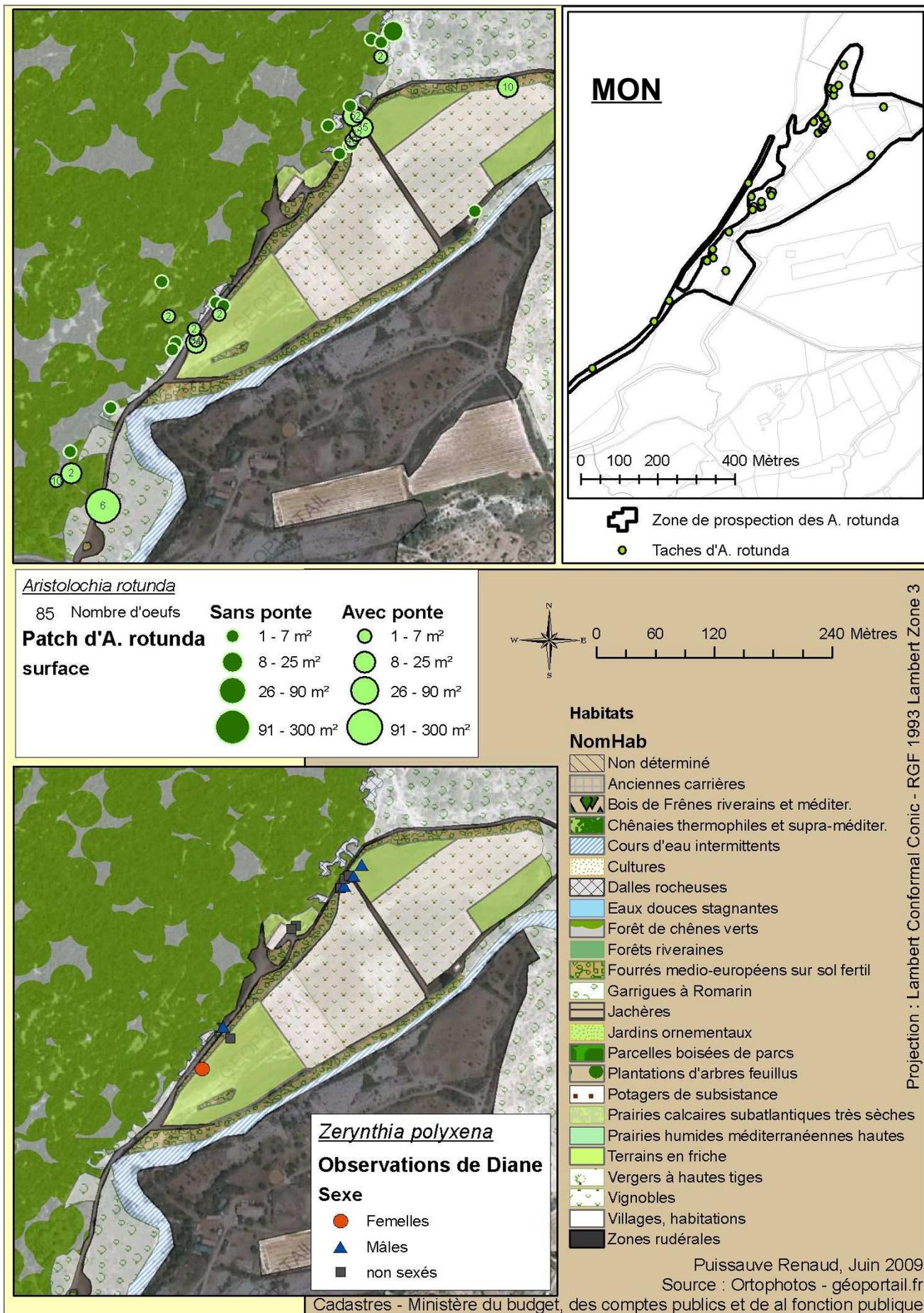


Illustration 8 : Cartographie des habitats, des patches d'*Aristolochia rotunda*, des pontes et observations de *Zerynthia polyxena* pour la station de la bergerie de Monnier

saillements hivernaux peuvent s'avérer nécessaires mais doivent conserver une partie non négligeable de la strate arbustive et arborée sans quoi, peine d'éliminer une part non négligeable des chrysalides de Diane.

Enfin, les données cartographiques sur la Diane et sa plante-hôte permettent la mise en place d'un suivi annuel dynamiques de la progression ou de la régression des Aristoloches à feuilles rondes ainsi qu'un suivi de la dynamique d'utilisation et de colonisation des stations d'*A. rotunda* par la Diane. Les évolutions constatées peuvent être mis en relation avec d'éventuelles mesures de gestion qui auraient été appliquées aux différentes stations. Les principales mesures favorables au maintien et au développement de la Diane localement consistent principalement à entretenir les zones enherbées (prairies, fossés humides) dans lesquels se développent les Aristoloches, en pratiquant des débroussailllements sélectifs (MEDAD, 2007), comme c'est déjà le cas pour la parcelle conservatoire des Pradinaux.

Toutes ces données de présence/absence de la Diane et de sa plante-hôte constituent également un état des lieux des populations au moment même où l'activité agricole dominante, la viticulture est en net recul partout en région Languedoc-Roussillon, du fait de l'arrachage massif pratiqué au cœur du vignoble (subventions à l'arrachage) et du fait de l'arrêt d'activités de nombreux vigneronns qui partent à la retraite sans repreneurs. Les orientations agricoles actuelles (reconversion des terres agricoles, déprise généralisée, etc) auront donc des incidences notables et durables pour la Diane à Pompignan et plus largement dans tout l'arrière-pays languedocien.

Dans un tel contexte de bouleversement de l'occupation du territoire, des modèles mathématiques prédictifs sont développés depuis une dizaine d'années afin de tenter de prévoir l'impact de tels changements sur la distribution des espèces⁸ (cf. Guisan & Zimmermann, 2000). Étant donné que ces modèles prennent en compte des données initiales sur la présence/absence des espèces en question et des caractéristiques physiques et environnementales, l'étude des populations de Diane à Pompignan devrait logiquement être pérennisée, d'autant que cette initiative de l'association Gard Nature est la seule étude pluriannuelle de cette envergure menée sur cette espèce méditerranéenne protégée en France.

La phénologie du cycle de la Diane à Pompignan, telle que présentée dans la **figure 1**, constitue un outil intéressant, d'une part pour la gestion des stations de Diane, et d'autre part pour la mise en place d'études spécifiques pour chacun de ces stades. En effet, un approfondissement des connaissances relative à ce cycle permettra de fournir des éléments lié à

8 Species Distribution Models (SDMs) en anglais



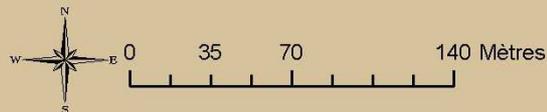


Aristolochia rotunda

85 Nombre d'oeufs

Patch d'A. rotunda surface

	Sans ponté	Avec ponté	
●	1 - 7 m ²	○	1 - 7 m ²
●	8 - 25 m ²	○	8 - 25 m ²
●	26 - 90 m ²	○	26 - 90 m ²
●	91 - 300 m ²	○	91 - 300 m ²

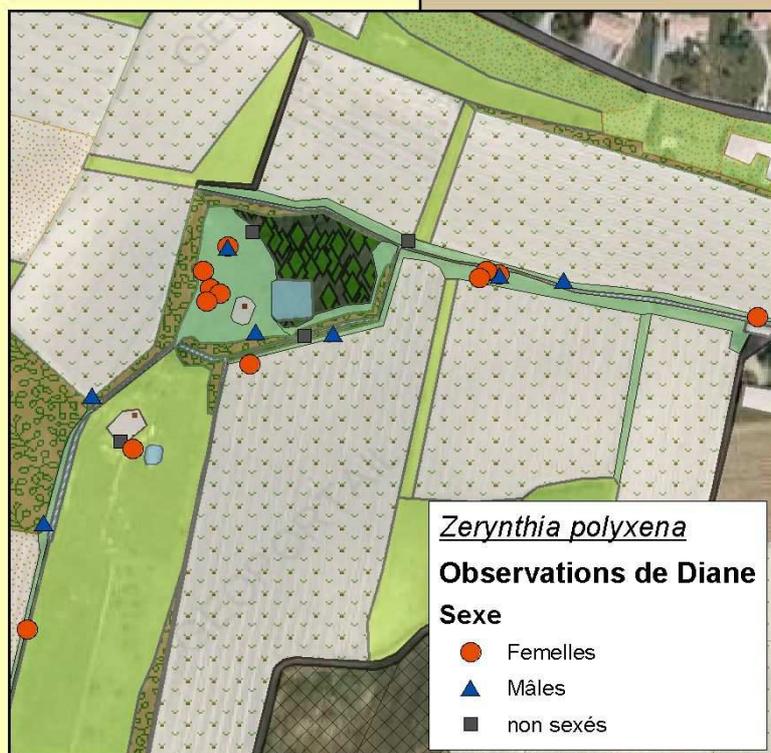


Habitats

Nom Corine Biotope

- ☒ Non déterminé
- ☐ Anciennes carrières
- ☐ Bois de Frènes riverains et méditer.
- ☐ Chênaies thermophiles et supra-méditer.
- ☐ Cours d'eau intermittents
- ☐ Cultures
- ☐ Dalles rocheuses
- ☐ Eaux douces stagnantes
- ☐ Forêt de chênes verts
- ☐ Forêts riveraines
- ☐ Fourrés medio-européens sur sol fertile
- ☐ Garrigues à Romarin
- ☐ Jachères
- ☐ Jardins ornementaux
- ☐ Parcelles boisées de parcs
- ☐ Plantations d'arbres feuillus
- ☐ Potagers de subsistance
- ☐ Prairies calcaires subatlantiques très sèches
- ☐ Prairies humides méditerranéennes hautes
- ☐ Terrains en friche
- ☐ Vergers à hautes tiges
- ☐ Vignobles
- ☐ Villages, habitations
- ☐ Zones rudérales

Projection : Lambert Conformal Conic - RGF 1993 Lambert Zone 3



Zerynthia polyxena

Observations de Diane

Sexe

- Femelles
- ▲ Mâles
- non sexés

Puissauve Renaud, Juin 2009
Source : Orthophotos - géoportail.fr

Cadastrés - Ministère du budget, des comptes publics et de la fonction publique

Illustration 9 : Cartographie des habitats, des patches d'*Aristolochia rotunda*, des pontes et observations de *Zerynthia polyxena* pour la station des Pradinaux

l'ajustement du calendrier d'action et de gestion conservatoire de la Diane. La comparaison de ces données avec des données météorologiques, comme celles présentées dans la **figure 3**, mettra en évidence les liens existant entre le développement de chaque stade et les conditions environnementales. Ainsi, la relation entre les émergences et les précipitations peut être interprétée de deux manières : soit les épisodes pluvieux suivis de journées ensoleillées constituent un facteur déclencheur des émergences, soit les périodes de précipitations ont simplement un effet inhibiteur sur les émergences.

De nombreuses études portant sur des espèces en danger utilisent la technique du CMR afin de tirer des conclusions sur les enjeux de conservation de ces espèces (*cf.* Auckland *et al.*, 2004 ; Collier *et al.*, 2008 ; Descimon, 1995). Dans le cas des populations de Diane, cette technique pourrait permettre d'obtenir des données démographiques importantes pour la gestion de ces populations. Le traitement des données à l'aide des modèles mathématiques de populations ouvertes (entrées et sorties d'individus au cours de l'échantillonnage), comme le modèle de Cormack-Jolly-Seber (CJS), permettrait d'estimer les tailles de population, les taux de survie, les taux de recrutement (émergences), ou encore les taux de mortalité. Ce sont autant de paramètres qui aideraient à une meilleure compréhension de la dynamique des populations chez cette espèce.

2- Limites et perspectives

La mise en place d'une étude de population par CMR doit, pour que les résultats soient exploitables d'un point de vue statistique, respecter certaines conditions, et l'analyse des données se fera alors sous certaines hypothèses (Pollock & Alpizar-Jara, 2005). Pour le modèle de population ouverte CJS par exemple, il est supposé que tous les individus marqués aient la même probabilité de re-capture pendant l'échantillonnage et qu'ils aient le même taux de survie entre 2 échantillonnages. Les protocoles mis en place ces deux dernières années à Pompignan n'ont pas permis d'obtenir des résultats exploitables pour ce modèle, en particulier à cause d'une pression de capture trop faible par rapport à la taille des populations. L'effort de standardisation du protocole utilisé en 2009 est un élément important pour pouvoir conclure sur l'analyse des résultats en limitant au maximum les biais d'échantillonnage.

Toutefois, il apparaît que le suivi annuel par CMR et par transects des 4 stations pompignanaises s'avère difficile à mettre en œuvre. Le protocole doit donc être adapté à ces facteurs limitants, d'autant que les relevés sont réalisés par une seule personne qui doit visiter régulièrement les quatre stations. Une solution possible consisterait à restreindre l'étude





démographique à une seule station par année afin d'augmenter le nombre d'échantillonnage hebdomadaire et ainsi la pression de capture. Le choix peut alors être fait de (1) suivre cette même station tous les ans ou bien de (2) suivre une nouvelle station chaque année. Ce choix doit prendre en considération le nombre d'années pendant lesquelles le suivi pourra être reconduit.

La première option semble plus adaptée pour un suivi à moyen terme et le choix se porterait naturellement sur la station la mieux connue et où des actions de gestion sont menées et peuvent être pérennisées : les Pradinaux.

La seconde option permettrait une comparaison entre les stations, mais une étude sur le long terme serait alors nécessaire pour minimiser l'effet d'éventuelles variations inter-annuelles. Mais dans les 2 cas, l'étude démographique de la station choisie pourra être complétée par un suivi de la présence/absence de la Diane et de sa plante-hôte sur chacune des autres stations. La recherche des plante-hôtes pourrait se faire par prospection ciblée des secteurs favorables comme cela a été fait cette année autour des quatre stations. Pour optimiser le suivi, il serait préférable de commencer les prospections à la fin du mois d'avril, période à laquelle les Aristoloches sont bien développées et où la présence des chenilles est assez facile à détecter du fait des déprédations visibles sur les fleurs, sur les feuilles, des déjections et de la faible mobilité des chenilles à cette période de l'année.

Pour le suivi du papillon, la mise en place de transects spécifiques pourrait être une solution fonctionnelle. En effet, bien qu'ils n'aient pas fourni de données suffisantes sur l'abondance des populations, l'utilisation de cette méthode d'échantillonnage pourrait s'adapter à la détection de la présence d'imagos sur les stations. Il serait alors intéressant de définir plusieurs transects courts (<100m) sur chaque station, en prenant soin d'échantillonner (1) des zones où les papillons ont déjà été observés, (2) des zones où l'aristoloche à feuilles rondes est présente mais où la présence des papillons n'a pas été démontrée et (3) des zones a priori non favorables à la présence d'adultes volants. Ces transects seraient parcourus pendant la période la plus favorable, à savoir au milieu du mois d'avril, en pleine période de vol des imagos de Diane. Ces données seraient alors relativement faciles à exploiter dans un SIG afin d'effectuer un suivi annuel. De plus, l'illustration de ces données par des cartographies les rend relativement compréhensibles et accessibles. L'utilisation de ces données pour le suivi des populations d'Aristoloches, comme préconisé par Dupont (2001), constitue une stratégie conservatoire simple à mettre en place à l'échelle des stations.

Il sera néanmoins important d'intégrer un maximum de données sur l'utilisation des





ressources par la Diane. En effet, comme l'ont montré Dennis *et al.* (2003 ; 2007), les ressources alimentaires, les sites de replis les « mauvaises années », et les lieux de chrysalidation peuvent s'avérer aussi importants sinon plus importants que les stations d'Aristoloches elles-mêmes.

Par ailleurs, une bonne compréhension de la distribution et des mouvements des papillons exige une approche en écologie du paysage (quel est le comportement de Diane en fonction des différentes composantes de son environnement ?). Chaque élément du paysage peut jouer un rôle différent en fonction de chaque espèce et de leur fonctionnalité intrinsèque : corridor, barrière, zone nodale, tampon écologique, réservoir, ... (*cf.* Dover & Settele, 2009).

Et finalement, l'étude d'une espèce à l'échelle de son aire de répartition permet d'apprécier les facteurs qui expliquent sa distribution, en particulier aux limites des zones de présence. En ce sens, les données récoltées par l'ONEM, grâce à l'enquête participative sur la répartition de la Diane en France, peuvent contribuer à l'élargissement de l'échelle d'étude.





- BIBLIOGRAPHIE -

- AUCKLAND Julia N., DEBINSKI Diane M. & CLARK William R.**, 2004. Survival, movement, and resource use of the butterfly *Parnassius clodius*. *Ecological entomology* 29 : 139–149.
- BATÁRY Peter, ÖRVÖSSY Noemi, KÖRÖSI Adam & PEREGOVITS Laszlo**, 2008. Egg distribution of the southern festoon (*Zerynthia polyxena*) (Lepidoptera, Papilionidae). *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 54 (4) :401–410.
- BALITEAU Lucas & DENISE Cyril**, 2008. Egg distribution of the southern festoon (*Zerynthia polyxena*) (Lepidoptera, Papilionidae). *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 54 (4) :401–410.
- BERNIER Christophe & HENTZ Jean Laurent**, 2006. Avis de recherche n°4 : Diane, Proserpine et Aristoloches. *Observatoire Naturaliste des Écosystèmes Méditerranéens*.
http://www.onem-france.org/ENQUETES/Plaq4_Diane3.pdf
- BOIREAU Patrick & BRACONNOT Sabine**, 2008. Egg distribution of the southern festoon (*Zerynthia polyxena*) (Lepidoptera, Papilionidae). *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 54 (4) :401–410.
- COLLIER Neil, MACKAY Duncan A. & BENKJENDORFF Kirsten**, 2008. Is relative abundance a good indicator of population size? Evidence from fragmented populations of a specialist butterfly (Lepidoptera: Lycaenidae). *Population Ecology* 50 : 17–23.
- CORMACK R.**, 1964. Estimation of survival from the sighting of marked animals. *Biometrika* 51 : 429–438.
- DESCIMON Henri**, 1995. La conservation des *Parnassius* en France : aspects zoogéographiques, écologiques, démographiques et génétiques. *OPIE*.
- DESCIMON Henri & NAPOLITANO Michel**, 1990. L'étude quantitative des populations de papillons. *Alexandria* 16 : 413–426.
- DENNIS Roger L.H., SHREEVE Tim G. & Van DYCK Hans**, 2003. Towards a functional resource-based concept for habitat: a butterfly biology viewpoint. *Oikos* 102 : 417–426.
- DENNIS Roger L.H., SHREEVE Tim G. & SHEPPARD David A.**, 2007. Species conservation and landscape management: a habitat perspective. In: STEWART Alan J.A., LEWIS Owen T., NEW Tim R. (Eds.), *Insect Conservation Biology. Royal Entomological Society Symposium, London* : 92–126.
- DOVER John & SETTELE Josef**, 2009. The influence of landscape structure on butterfly distribution and movement. *Journal of Insect Conservation* 13 : 3–27.
- DUPONT Pascal**, 2001. Programme national de restauration pour la conservation des Lépidoptères diurnes. *OPIE*.
- FRED Marianne S., O'HARA Robert B. & BROMMER Jon E.**, 2006. Consequences of the spatial configuration of resources for the distribution and dynamics of the endangered *Parnassius apollo* butterfly. *Biological Conservation* 130 : 183–192.
- GRIEBELER Eva Maria & SEITZ Alfred**, 2002. An individual based model for the conservation of the endangered Large Blue Butterfly, *Maculinea arion* (Lepidoptera: Lycaenidae). *Ecological modelling* 156 : 43–60.



- GUIBAN Antoine & ZIMMERMANN Niklaus E.**, 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling* 135 : 147–186.
- GROSS Kevin, KALENDRA Eric J., HUDGENS Brian R. & HADDAD Nick M.**, 2007. Robustness and uncertainty in estimates of butterfly abundance from transect counts. *Population Ecology* 49 : 191–200.
- HADDAD Nick M., HUDGENS Brian R., DAMIANI Chris, GROSS Kevin, KUEFLER Daniel & POLLOCK Ken**, 2008. Determining optimal population monitoring for rare butterflies. *Conservation Biology* 22 (4) : 929–940.
- HARDY Peter B., SPARKS Tim H., ISAAC Nick J.B. & DENNIS Roger L.H.**, 2007. Specialism for larval and adult resources among British butterflies : Implication for conservation. *Biological Conservation* 138 : 440–452.
- HARKER Rebecca J. & SHREEVE Tim G.**, 2008. How accurate are single site transect data for monitoring butterfly trends ? Spatial and temporal issues identified in monitoring *Lasiommata megera*. *Journal of Insect Conservation* 12 : 125–133.
- HELLMANN Jessica J., WEISS Stuart B., MCLAUGHLIN John F., BOGGS Carol L., EHRLICH Paul R., LAUNER Alan E. & MURPHY Dennis D.**, 2003. Do hypotheses from short-term studies hold in the long-term? An empirical test. *Ecological Entomology* 28 : 74–84.
- HENTZ Jean-Laurent, BERNIER Christophe. & COHEZ Damien**, 2007. Synthèse 2006 de l'enquête nationale sur la Diane, la Proserpine & les Aristoloches, première année. *ONEM, Tela-Insecta, Tela-Botanica & CBNMP*.
- IUCN**, 1994. IUCN Red List Categories. Prepared by the IUCN Species Survival Commission. *IUCN, Gland*.
- JOLLY G.**, 1965. Explicit estimates from capture-recapture data with both death and immigration – stochastic model. *Biometrika* 52 : 225–247.
- LEBRETON Jean-Dominique, BURNHAM Kenneth P., CLOBERT Jean & ANDERSON David R.**, 1992. Modeling survival and testing biological hypotheses using marked animals : a united approach with case studies. *Ecological Monographs* 62 (1) : 67–118.
- LAFRANCHIS Tristran**, 2007. Papillons d'Europe. *Diatheo, Paris*.
- LAFRANCHIS Tristran**, 2000. Les papillons de jour de France, Belgique et Luxembourg et leurs chenilles. *Biotopes, Mèze*.
- MATTONI Rudi, LONGCORE Travis, ZONNEVELD Cor & NOVOTNY Vojtech**, 2001. Analysis of transect counts to monitor population size of endangered insects. *Journal of Insect Conservation* 5 : 197–206.
- MEDAD**, 2007. Papillons de l'annexe IV de la Directive 92/43/CEE dite « Directive Habitats ». *Ministère de l'Ecologie et du Développement et de l'Aménagement Durable*.
- MOUQUET Nicolas, THOMAS Jeremy A., ELMES Graham W., CLARKE Ralph T. & HOCHBERG Michael E.**, 2005. Population dynamics and conservation of a specialized predator: a case study of *Maculinea arion*. *Ecological Monographs* 75 (4) : 525–542.
- PINTO Carlos F., TRONCOSO Alejandra J., URZUA Alejandro & NIEMEYER Hermann M.**, 2009. Use of volatiles of *Aristolochia chilensis* (Aristolochiaceae) in host searching by fourth-instar larvae and adult of *Battus polydamas archidamas* (Lepidoptera: Papilionidae: Troidini).



- POLLARD Ernest & YATES Tina J.**, 1993. Monitoring butterflies for ecology and conservation. *Chapman and Hall, London*.
- POLLOCK Kenneth H. & ALPIZAR-JARA Russell**, 2005. Classical open population Capture-Recapture models. In: AMSTRUP S., MCDONALD T., MANLY B. (Eds.), *Handbook of capture-recapture analysis. Princeton University Press, New Jersey* : 36–57.
- ROTHSCHILD Miriam, EUW Josef von & REICHSTEIN Tadeus**, 1972. Aristolochic acids stored by *Zerynthia polyxena* (Lepidoptera). *Insect Biochemistry* 2 : 334–343.
- SEBER Georges A.**, 1965. A note on the multiple recapture census. *Biometrika* 52 : 249–259.
- SEI Makiri**, 2009. Flight and oviposition behavior of the adult Maritime Ringlet (*Coenonympha nipisiquit* McDunnough) females in response to microhabitat. *Journal of Insect Behavior* : 22 : 87–100.
- SMITH Eric P.**, 2002. BACI design. In: SHAARAWI A.E. & PIEGORSCH W.W. (Eds.), *Encyclopedia of Environmetrics. Wiley and Sons, Chichester* : 1 : 141–148.
- THOMAS Jeremy A., BOURN Nigel A.D., CLARKE Ralph T., STEWART Karen E., SIMCOX D.J., PEARMAN G.S., CURTIS R. & GOODGER B.**, 2001. The quality and isolation of habitat patches both determine where butterflies persist in fragmented landscapes. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B : Biological Sciences* 268 : 1791–1796.
- TOLMAN Tom & LEWINGTON Richard**, 1997. Guide des papillons d'Europe et d'Afrique du Nord. *Delachaux et Niestlé, Lausanne* : 26–27.
- VAN SWAAY Chris A.M. & WARREN Martin S.**, 1999. Red data book of European butterflies (Rhopalocera). In: *Nature and Environment 99. Council of Europe Publishing, Strasbourg*.
- VAN SWAAY Chris A.M., WARREN Martin S. & LOÏS Grégoire**, 2006. Biotope use and trends of European butterflies. *Journal of Insect Conservation* 10 : 189–209.
- WATT W., CHEW F., SNYDER L., WATT A., & ROTHSCHILD D.**, 1977. Population structure of Pierid butterflies. I. Numbers and movements of some montane *Colias* species. *Oecologia* 27 : 1–22.
- WHITE G. & BURNHAM K.P.**, 1999. Program MARK: survival estimation from populations of marked animals. *Bird Study (suppl.)* 46 : 120–139.
- WILSON R.J., DAVIES Z.G. & THOMAS C.D.**, 2007. Insects and climate change : Processes, patterns and implication for conservation. In: STEWART Alan J.A., LEWIS Owen T., NEW Tim R. (Eds.), *Insect Conservation Biology. Royal Entomological Society Symposium, London* : 245–279.





ANNEXES

Annexe 1 : Échelle de Beaufort

d'après http://www.meteo.fr/meteonet/decouvr/a-z/html/510_curieux.htm

Degré Beaufort	Terme descriptif	Vitesse moyenne en nœuds	Vitesse moyenne en km/h	Observations en mer	Observations sur terre
0	Calme	< 1	< 1	La mer est comme un miroir.	On ne sent pas de vent ; la fumée s'élève verticalement.
1	Très légère brise	de 1 à 3	De 1 à 5	Quelques rides en écaille de poisson, mais sans aucune écume.	On sent très peu le vent ; sa direction est révélée par la fumée qu'il entraîne, mais non par les girouettes.
2	Légère brise	de 4 à 6	de 6 à 11	Vaguelettes courtes aux crêtes d'apparence vitreuse, ne déferlant pas.	Le vent est perçu au visage ; les feuilles frémissent, les girouettes tournent.
3	Petite brise	de 7 à 10	de 12 à 19	Très petites vagues (environ 60 cm de haut) ; les crêtes commencent à déferler, les moutons apparaissent.	Les drapeaux légers se déploient ; les feuilles et les rameaux sont sans cesse agités.
4	Jolie brise	de 11 à 16	de 20 à 28	Petites vagues s'allongeant, moutons nombreux.	Le vent soulève la poussière, les feuilles et les morceaux de papier, il agite les petites branches ; les cheveux sont dérangés, les vêtements claquent.
5	Bonne brise	de 17 à 21	de 29 à 38	Vagues modérées (2 m de haut), nettement allongées ; beaucoup de moutons ; embruns.	Les yeux sont gênés par les matières dans l'air ; les arbustes en feuilles commencent à se balancer ; des vaguelettes se forment sur les plans d'eau.
6	Vent frais	de 22 à 27	de 39 à 49	Des lames se forment, les crêtes d'écume blanche s'étendent ; davantage d'embruns.	Les manches sont gonflées par les côtés, l'utilisation des parapluies devient difficile ; les grandes branches sont agitées, les fils des lignes électriques font entendre un sifflement.
7	Grand frais	de 28 à 33	de 50 à 61	La mer grossit en lames déferlantes ; l'écume commence à être soufflée en traînées dans le lit du vent.	La marche contre le vent devient pénible ; les arbres sont agités en entier.
8	Coup de vent	de 34 à 40	de 62 à 74	Les lames atteignent une hauteur de l'ordre de 5 m ; tourbillons d'écume à la crête de lames, traînées d'écume.	La marche contre le vent est très difficile ; le vent casse des rameaux.
9	Fort coup de vent	de 41 à 47	de 75 à 88	Grosses lames déferlant en rouleaux, tourbillons d'embruns arrachés aux lames, nettes traînées d'écume ; visibilité réduite par les embruns.	Les enfants sont renversés ; le vent arrache les tuyaux de cheminées et endommage les toitures.
10	Tempête	de 48 à 55	de 89 à 102	Très grosses lames déferlantes (9 m de haut) ; écume en larges bancs formant des traînées blanches ; visibilité réduite par les embruns.	(Rarement observé à terre.) Les adultes sont renversés ; les arbres sont déracinés, les habitations subissent d'importants dommages.
11	Violente tempête	de 56 à 63	de 103 à 117	Lames déferlantes d'une hauteur exceptionnelle ; mer couverte d'écume blanche ; visibilité réduite.	(Très rarement observé à terre.) Ravages étendus.
12	Ouragan	64 et plus	118 et plus	Lames déferlantes énormes (les creux atteignent 14 m), mer entièrement blanche ; air plein d'écume et d'embruns ; visibilité très réduite.	(En principe, degré non utilisé.) Ravages désastreux : violence et destruction.

Annexe 2 : Autorisation de Capture Marquage



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

PREFECTURE DU GARD

Direction des relations avec les
collectivités locales et de l'environnement

Bureau : environnement

Réf: MS/PROTNATU/CAPTZERYNTHIA JLH

Affaire suivie par : Melle Siennat

Tel : 04 66 36 43 05

Télécopie : 04 66 36 40 64

Mail : martine.siennat@gard.pref.gouv.fr

NIMES, le

17 JUIL. 2008

DECISION N° 2008 - 199 - G

Portant autorisation de capture temporaire avec marquage, à des fins scientifiques, de spécimens appartenant à des espèces protégées.

*Le Préfet du Gard,
Chevalier de la Légion d'honneur,*

- vu le code de l'environnement, notamment ses articles L 411- 1 et L 411-2 et R 411-6 à R 411-14,
- vu l'arrêté ministériel du 19 février 2007 fixant les conditions de demande et d'instruction des dérogations définies au 4° de l'article L 411-2 du code de l'environnement portant sur des espèces de faune et de flore sauvages protégées
- vu l'arrêté ministériel du 23 avril 2007, fixant les listes des insectes protégés sur l'ensemble du territoire, et les modalités de leur protection,
- vu la demande d'autorisation de capture temporaire, à des fins scientifiques, de spécimens appartenant à des espèces protégées présentée par M. Jean Laurent Hentz,
- vu l'avis des administrations concernées,
- vu l'avis du Conseil National de la Protection de la Nature en date du 3 juin 2008,

considérant que les opérations projetées, qui s'inscrivent dans le cadre d'une étude sur le patrimoine naturel du département et d'une gestion conservatoire axée sur la Diane, ne seront pas préjudiciable aux populations de l'espèce concernée, compte tenu des protocoles utilisés,

sur proposition de madame la secrétaire générale de la préfecture du Gard,

DECIDE

La présente décision peut faire l'objet d'un recours devant le tribunal administratif de Nîmes dans un délai de deux mois à compter de sa notification.

Article 1^{er} : M. Jean Laurent HBNTZ, chargé de mission faune-flore au sein de Gard Nature, animateur naturaliste domicilié à Beaucaire 30300, Mas du Boschet Neuf, est autorisé, à des fins scientifiques :

1 - Sur le terrain faisant l'objet d'une convention de gestion avec Gard Nature, situé au lieu – dit « les Pradinaux », commune de Pompignan :

- à effectuer un pointage régulier des œufs et chenilles par échantillonnage de zones de 1 m² pour éviter le piétinement et le dérangement, des spécimens d'espèces animales non domestiques protégées fixés à l'article 2, et à effectuer un suivi de ces placettes repérées sur le terrain.
- Pour les chenilles en fin de cycles, à observer visuellement et à faire un échantillonnage sur des secteurs de 1m²,
- Pour les imagos, à capturer temporairement au filet et à relâcher sur place après marquage, ce dernier étant réalisé au feutre à pointe fine de type stabylo OH pen universal. Ces points seront apposés dans les différentes cellules des ailes

2 – Sur le département du Gard :

- à effectuer un complément de prospection dans le cadre de l'enquête de l'ONEM portant sur la Diane, avec marquage des spécimens.
- à former de nouveaux naturalistes dans le Gard pour augmenter le réseau des observateurs sur cette espèce.

Article 2 : Cette autorisation est accordée pour la capture de spécimens de l'espèce suivante :
-Zerynthia polyxena – Diane.

Article 3 : La présente décision est valable pour la période 2008, 2009 et 2010 et sur le territoire du département du Gard.
Elle ne dispense pas le demandeur de solliciter les autorisations nécessaires à la réalisation d'opérations de capture dans des espaces protégés (réserve naturelle ou parc naturel).

Article 4 : La présente décision n'autorise pas la capture d'animaux d'espèces différentes de celles citées à l'article 2. Le non-respect de cette décision expose son bénéficiaire à des sanctions administratives ou pénales conformément aux articles L 415-3 et L 415-4 du code de l'environnement.

Article 5 : Un rapport sera adressé à la direction régionale de l'environnement du Languedoc-Roussillon et à la direction de la nature et des paysages du ministère de l'écologie et du développement durable à l'issue de l'étude, soit fin 2010.

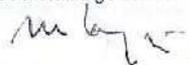
Article 6 : Copie de la présente décision sera notifiée au demandeur par lettre recommandée avec demande d'avis de réception.

Article 7 : La secrétaire générale de la préfecture du Gard, le directeur départemental des services vétérinaires, la directrice régionale de l'environnement, le directeur de l'office national de la chasse et de la faune sauvage ainsi que les agents habilités au titre de l'article L 415-1 du code de l'environnement, sont chargés chacun en ce qui le concerne de l'exécution de la présente décision qui sera publiée au recueil des actes administratifs de la préfecture du Gard.

Fait à Nîmes le 17 JUL. 2008

Le préfet,

Pour la Préfet,
la secrétaire générale


Martino LAQUIEZE

Annexe 3 : Protocole de marquage

PROTOCOLE DE L'OPERATION DE CAPTURE-MARQUAGE-RECAPTURE DES ZERYNTHIA



Le Marquage de la Diane et de la Proserpine s'effectue sur les ailes antérieures des papillons, à l'aide d'une peinture à vitrail (à faible densité et à prise rapide) de couleur noire, rouge, bleue ou verte. Une numérotation décimale permet de marquer au moins 99 papillons avec une même couleur. Le marquage est appliqué en recouvrant les motifs clairs des zones costales et discales. Le marquage des unités est appliqué sur l'aile droite, tandis que celui des dizaines est appliqué sur l'aile gauche. Cette opération est réalisée sur l'insecte qui est maintenu à plat à travers un filet à maille large et souple, à l'aide d'une pince souple ou d'un coton-tige tamponné de peinture. La lecture du marquage est facilité par des codes couleurs disposés de façon progressive sur les ailes, comme ci-dessous :

Papillon n°001 = Gauche : rien – Droite : 1



Papillon n°002 = Gauche : rien – Droite : 2



Papillon n°003 = Gauche : rien – Droite : 3



Papillon n°004 = Gauche : rien – Droite : 4



Annexe 4 : Description des habitats

d'après les travaux de Miriam Bissardon, et Lucas GUIBAL, sous la direction de Jean-Claude RAMEAU : <http://in2000.kaliop.net/biotope/ibase.asp>

Habitats Corine BIOTOPES

2 Milieux aquatiques non marins

22 Eaux douces stagnantes :

« [...]Pièces d'eau douce artificielles [...]. » (mares et lavognes)

24 Eaux douces courantes

24.1 Lits des rivières

24.16 Cours d'eau intermittents :

« Cours d'eau dont l'écoulement est interrompu une partie de l'année, laissant le lit à sec ou avec des flaques ou des mares.[...] »

3 Landes, fruticées et prairies

31 Landes et fruticées

31.8 Fourrés

31.81 Fourrés medio-européens sur sol fertile :

« Fourrés de *Prunus spinosa*, *P. mahaleb*, *Rosa sp.*, *Cornus mas*, *C. sanguinea*, *Sorbus aria*, *Crataegus sp.*, *Lonicera xylosteum*, *Rhamnus catharticus*, *R. alpinus*, *Clematis vitalba*, *Ligustrum vulgare*, *Viburnum lantana*, *V. opulus*, *Rubus sp.*, *Amelanchier ovalis*, *Cotoneaster integerrimus*, *C. nebrodensis*, *Pyrus pyraster*, *Malus sylvestris*, *Euonymus europaeus*, *Corylus avellana*, *Ulmus minor*, *Acer campestre*, *A. monspessulanum*, *Caprinus betulus*, caractéristiques des lisières forestières, des haies (principalement *Carpinion* ou *Quercion pubescenti-petraeae*) et des recolonisations des terrains boisés, développés sur des sols riches en nutriments neutres ou calcaires. »

32 Fruticées sclérophylles

32.4 Garrigues calcicoles de l'ouest meso-méditerranéens

32.42 Garrigues à Romarin :

« Formations, habituellement relativement élevées, dominées par *Rosmarinus officinalis*. »

34 Steppes et prairies calcaires sèches

34.3 Prairies pérennes denses et steppes medio-européennes

34.33 Prairies calcaires subatlantiques très sèches :

« Formations xérophiles ouvertes dominées par des graminées pérennes, formant des touffes, souvent riches en chaméphytes, colonisant les sols calcaires superficiels, souvent sur des pentes escarpées, au sommet des collines ou au sommet des falaises, dans le domaine sub-atlantique du Quercion pubescenti-petraea et de ses irradiations septentrionales, et dans les montagnes sub-méditerranéennes du nord de la péninsule italienne, avec *Bromus erectus*, *Sesleria albicans*, *Koeleria vallesiana*, *Melica ciliata*, *Stipa pennata*, *S. capillata*, *S. pennata* subsp. *grafiana*, *Phleum phleoides*, *Brachypodium pinnatum*, *Carex humilis*, *Fumana procumbens*, *Globularia punctata*, *Ononis pusilla*, *Helianthemum apenninum*, *H. canum*, *H. nummularium*, *Linum tenuifolium*, *Teucrium chamaedrys*, *Allium sphaerocephalon*, *Arabis hirsuta*, *Anthericum liliago*, *Aster linosyris*, *Pulsatilla vulgaris*, *Biscutella laevigata*, *Orobanche teucrii*, *Artemisia alba*, *Sedum album*, *S. acre*, *Acinos arvensis*, *Hippocrepis comosa*, *Sanguisorba minor*, *Potentilla neumanniana*, *Scabiosa columbaria*, *Astragalus monspessulanus*, *Teucrium pyrenaicum*, *Ononis spinosa*, *O. natrix*. »

37 Prairies humides et megaphorbiaies

37.4 Prairies humides méditerranéennes hautes

« Prairies humides méditerranéennes de grands joncs et graminées avec *Scirpoides holoschoenus* (*Holoschoenus vulgaris*), *Agrostis stolonifera*, *Galium debile*, *Molinia caerulea*, *Briza minor*, *Cyperus longus*, *Trifolium resupinatum*, *Schoenus nigricans*, *Carex mairii*, *Juncus maritimus*, *J. acutus*, *Asteriscus aquaticus*, *Hypericum tomentosum*, *H. quadrangulum*, *Dittrichia viscosa*, *Oenanthe pimpinelloides*, *O. lachenalii*, *Eupatorium cannabinum*, *Prunella vulgaris*, *Pulicaria dysenterica*, *Tetragonolobus maritimus*, *Orchis laxiflora*, *Dactylorhiza elata*, *Succisa pratensis*, *Sonchus maritimus* subsp. *aquatilis*, *Silaum silaus*, *Sanguisorba officinalis*, *Serratula tinctoria*, *Genista tinctoria*, *Cirsium monspessulanus*, *C. pyrenaicum*, *Senecio doria*, *Dorycnium rectum*, *Erica terminalis*, *Euphorbia hirsuta*, *Lysimachia ephemerum*. »

4 Forêts

41 Forêts caducifoliées

41.7 Chênaies thermophiles et supra-méditerranéennes

« Forêts ou bois des régions de climat sub-méditerranéen et de l'étage supra-méditerranéen, dominés par des Chênes caducifoliés ou semi-caducifoliés thermophiles [...] »

44 Forêts riveraines, forêts et fourrés très humides

« Végétation arborescente et arbustive des plaines inondables [...] »

44.6 Forêts méditerranéennes de Peupliers, d'Ormes et de Frênes

44.63 Bois de Frênes riverains et méditerranéens

« Galeries riveraines dominées par les grands *Fraxinus angustifolia*, surtout caractéristiques des sols moins eutrophes que les galeries d'Ormes et de Peupliers, et en stations plus sèches, avec des périodes d'inondation plus courtes, que celles occupées par les bois de Peupliers. »

45 Forêts sempervirentes non résineuses

45.3 Forêts de Chênes vert meso- et supra-méditerranéennes

45.31 Forêts de Chênes verts

« Formations méso-méditerranéennes riches, pénétrant localement, surtout dans les ravins, dans la zone thermo-méditerranéenne. Elles sont souvent dégradées en matorrals arborescents (32.11), et quelques uns des types catalogué ci-dessous n'existent plus sous une forme forestière entièrement développée susceptible d'être rattachée à la catégorie 45. Elles ont néanmoins été incluses, pour fournir des codes appropriés utilisables sous 32.1, et parce qu'une restauration peut être possible. »

6 Rochers continentaux, éboulis et sables

62 Falaises continentales et rochers exposés

62.3 Dalles rocheuses

« [...] Dalles de rochers et lapiaz à peu près nus. Les fissures et zones superficiellement décomposées peuvent être colonisées par des communautés rentrant dans la catégorie, en particulier, des *Sedo-Scleranthetea*, de l'*Alysso-Sedion albi* ou du *Sedo albi-Veronicion dillenii* (34.11,36.2). »

8 Terres agricoles et paysages artificiels

82 Cultures

« Champs de céréales [...] et autres plantes récoltées annuellement. La qualité et la diversité faunistiques et floristiques dépendent de l'intensité des pratiques agricoles et de la présence de marges ou de bordures de végétation naturelle entre les champs.[...] »

Les vignobles arrachées en 2009 ont été considérés comme des « cultures » puisque les champs ont été labourés.

83 Vergers bosquets et plantations d'arbres

83.1 Vergers à hautes tiges

83.18 Autres vergers à hautes tiges

« Cultures d'arbres de haute tige cultivés pour la production de fruits. »

83.2 Vergers à arbustes

83.21 Vignobles

« Plantations de Vignes »

83.3 Plantations

83.32 Plantations d'arbres feuillus

« Formations de ligneux cultivés, plantés le plus souvent, pour la production de bois, composées d'espèces exotiques ou d'espèces naturelles en dehors de leur aire naturelle et de leur habitat naturel. »

85 Parcs urbains et grands jardins

85.1 Grands parcs

85.11 Parcelles boisées de parcs

85.3 Jardins

85.31 Jardins ornementaux

85.32 Jardins potagers de subsistance

86 Villes, villages et sites industriels

86.2 Villages

Dans cette catégorie ont également été placées les bâtiments isolés.

86.4 Sites industriels anciens

86.41 Carrières

« Sites industriels abandonnés et les produits dérivés des activités industrielles susceptibles de colonisation par des communautés semi-naturelles. »

87 Terrains en friche et terrains vagues

87.1 Terrain en friche

« Champs abandonnés ou au repos (jachères), bords de route et autre espaces interstitiels sur des sols perturbés. Ils sont colonisés par de nombreuses plantes pionnières introduites ou nitrophiles. Ils fournissent parfois des habitats qui peuvent être utilisés par des animaux d'espaces ouverts. »

87.12 Jachères

Catégorie supplémentaire rajoutée pour la différencier des « Terrain en friche ».

87.2 Zones rudérales

Dans cette catégorie ont été placés les routes, les voies d'accès, les parkings, les chemins et autres zones au sol décapé par diverses activités humaines

Annexe 5 : Résultats de transect 2009

Espèce	Code espèce	MON	ART	PRA	MIR	Plantes hôtes principales (d'après Lafranchis, 2000)
<i>Euchloe crameri</i>	EUC	x	x	x	x	Brassicaceae
<i>Callophrys rubi</i>	CAR	x	x	x	x	50 plantes dans 8 familles différentes (préférence pour Fabaceae)
<i>Celastrina argiolus</i>	CEA	x	x	x	x	10aines de plantes hôtes dans 15 familles différentes
<i>Vanessa atalanta</i>	VAA	x	x	x		Urticaceae (orties)
<i>Polyommatus icarus</i>	POI	x	x	x	x	nombreuses Fabaceae (<i>Lotus sp.</i> , <i>Medicago sp.</i> , <i>Trifolium sp.</i>)
<i>Leptidea sinapis</i>	LES	x	x	x	x	nombreuses Fabaceae
<i>Pieris brassicae</i>	PIB	x	x	x	x	nombreuses Brassicaceae sauvages et cultivées
<i>Colias crocea</i>	COC	x	x	x	x	plusieurs dizaines de Fabaceae
<i>Pararge aegeria</i>	PAA	x	x	x		nombreuses Poaceae (<i>Poa sp.</i>)
<i>Anthocharis cardamines</i>	ANC	x	x	x		dizaines de Brassicaceae
<i>Limenitis reducta</i>	LIR	x	x	x		Caprifoliaceae (<i>Lonicera sp.</i>)
<i>Coenonympha pamphilus</i>	COP	x	x	x	x	nombreuses Poaceae (<i>Poa sp.</i> et <i>Festuca sp.</i>)
<i>Carcharodus alcae</i>	CAA	x	x	x	x	nombreuses Malvaceae
<i>Aricia agestis</i>	ARA	x	x	x	x	nombreuses Geraniaceae (<i>Geranium sp.</i> et <i>Erodium sp.</i>)
<i>Melitaea cinxia</i>	MEC	x	x	x	x	Plantaginaceae (<i>Plantago sp.</i>)
<i>Lasiommata megera</i>	LAM	x	x	x	x	nombreuses Poaceae
<i>Iphiclides podalirius</i>	IPP	x	x	x	x	Rosaceae (surtout <i>Prunus mahaleb</i> et <i>P. spinosa</i>)
<i>Lycaena phlaeas</i>	LYP	x	x	x	x	Polygonaceae (<i>Rumex sp.</i>)
<i>Lysandra hispana</i>	LYH	x	x	x	x	Fabaceae (<i>Hippocrepis comosa</i> , <i>H. glauca</i> , <i>Anthyllis gerardii</i>)
<i>Melanargia lachesis</i>	MEL	x	x	x	x	Poaceae (dont <i>Brachypodium sp.</i> , <i>Bromus sp.</i> et <i>Festuca sp.</i>)
<i>Maniola jurtina</i>	MAJ	x	x	x	x	nombreuses Poaceae
<i>Pyrgus malvae</i>	PYM	x	x	x	x	Rosaceae (surtout <i>Agrimonia eupatoria</i> , <i>Potentilla sp.</i> et <i>Rubus sp.</i>)
<i>Melitaea phoebe</i>	MEP	x	x	x	x	Asteraceae (<i>Centaurea sp.</i> et <i>Cirsium sp.</i>)
<i>Thymelicus sylvestris</i>	THS	x	x	x		Poaceae
<i>Melitaea didyma</i>	MED	x	x	x	x	30 plante de 5 familles différentes (surtout <i>Plantago lanceolata</i> et Scrophulariaceae)
<i>Vanessa cardui</i>	VAC	x	x	x	x	près de 70 espèces appartenant à 8 familles (surtout Asteraceae, Malvaceae, Boraginaceae et Urticaceae)
<i>Pieris rapae</i>	PIR	x	x	x	x	Brassicaceae sauvages et cultivés (plus de 50 espèces)
<i>Pieris napi</i>	PIN	x	x	x	x	plusieurs dizaines de Brassicaceae
<i>Lysandra bellargus</i>	LYB	x	x			<i>Hippocrepis comosa</i> surtout
<i>Colias alfacariensis</i>	COA	x	x			<i>Hippocrepis comosa</i> surtout
<i>Glaucopsyche alexis</i>	GLA	x	x			nombreuses Fabaceae
<i>Melanargia occitanica</i>	MEO	x	x			Poaceae (surtout <i>Brachypodium sp.</i> et <i>Stipa sp.</i>)
<i>Lysandra coridon</i>	LYC	x	x		x	<i>Hippocrepis comosa</i> surtout
<i>Pseudophilotes baton</i>	PSB	x	x			Lamiaceae (<i>Tymus sp.</i> : 1ère génération, <i>Satureja sp.</i> et <i>Lavandula sp.</i> : 2ème génération)
<i>Glaucopsyche melanops</i>	GLM	x	x			<i>Dorycnium pentaphyllum</i>
<i>Anthocharis euphenoides</i>	ANE	x	x			<i>Biscutella sp.</i> (Brassicaceae)
<i>Thymelicus acteon</i>	THA	x	x			Poaceae (surtout <i>Brachypodium pinnatum</i> , <i>Bromus erectus</i> et <i>Elymus repens</i>)

Espèce	Code espèce	MON ART PRA MIR				Plantes hotes principales (d'après Lafranchis,2000)	
		MON	ART	PRA	MIR		
Ochlodes sylvanus	OCS	x		x		Poaceae	
Gonepteryx cleopatra	GOC	x		x	x	<i>Rhamnus</i> sp. (surtout <i>R. alaternus</i> Rhamnaceae)	
Zerynthia polyxena	ZEP	x		x	x	<i>Aristolochia</i> sp. , <i>Aristolochia rotunda</i> pour le Languedoc (Bernier comm.pers.)	
Papilio machaon	PAM	x		x	x	Apiaceae (50 espèces en Europe) surtout <i>Daucus carota</i> et <i>Foeniculum vulgare</i>)	
Lycaena alciphron	LYA	x		x	x	Polygonaceae (Rumex sp.), surtout <i>R. acetosa</i> et <i>R. acetosella</i>)	
Brintesia circe	BRC	x		x	x	Poaceae (surtout <i>Brachypodium</i> sp., <i>Bromus</i> sp. et <i>Festuca</i> sp.)	
Zerynthia rumina	ZER	x				<i>Aristolochia</i> sp. , <i>Aristolochia pistolochia</i> surtout)	
Pontia daplidice	POD	x				Brassicaceae (surtout <i>Diplotaxis tenuifolia</i>)	
Pyronia bathseba	PYB	x				<i>Brachypodium phoenicoides</i> surtout	
Satyrrium esculi	SAE	x				Chênes (Fagaceae), surtout <i>Quercus ilex</i> et <i>Q. coccifera</i>)	
Satyrrium spini	SAS	x				Rhamnaceae (surtout <i>Rhamnus</i> sp.)	
Hipparchia semele	HIS	x				nombreuses Poaceae	
Libythea celtis	LIC		x	x		<i>Celtis australis</i> (Ulmaceae)	
Mellicta parthenoides	MEP		x	x		Plantaginaceae (surtout <i>Plantago lanceolata</i>)	
Erynnis tages	ERT		x	x		Fabaceae (en particulier <i>Hippocrepis comosa</i> , <i>Lotus corniculatus</i> et <i>Securigera varia</i>)	
Polygonia c-album	POC		x			Orties (<i>Urtica</i> sp.), <i>Humulus lupulus</i> , <i>Ulmus</i> sp., <i>Ribes</i> sp., <i>Salix</i> sp., <i>Coryllus avellana</i>)	forêt riveraine ou bois humide
Aporia crataegi	APC		x			Arbres et arbustes de Rosaceae (surtout <i>Prunus</i> sp., <i>Crataegus</i> sp. et <i>Sorbus</i> sp.)	
Charaxes jasius	CHJ			x		<i>Arbutus unedo</i>	
Mellicta athalia	MEA				x	Scrophulariaceae (<i>Melampyrium</i> sp., <i>Digitalis</i> sp., <i>Veronica</i> sp.) et <i>Plantago lanceolata</i>	

Pelouses sèches, garrigue et forêt de Chênes verts

	Pompignan	ART	MIR	MON	PRA
Nombre d'espèces	56	42	30	49	38
Nombre de Zerynthia polyxena contactés	6	0	3	1	2

La Diane, *Zerynthia polyxena* [Lepidoptera], et son habitat dans la plaine de Pompignan (Pompignan, Gard) : - Quel protocole d'étude? -

Résumé :

La Diane (*Zerynthia polyxena*) est un lépidoptère protégé au niveau européen et national. Une enquête de l'ONEM (Observatoire Naturaliste des Écosystèmes Méditerranéens), mise en place depuis 2006, a permis l'acquisition des données sur la répartition de l'espèce en France, mais beaucoup d'autres connaissances biologiques manquent à son sujet pour en assurer la protection et pour la gestion conservatoire de son habitat. Plusieurs populations de Diane sont présentes dans la plaine de Pompignan (Gard). Aussi l'étude de 4 populations, à Pompignan, devrait permettre d'apporter des connaissances propres à celles-ci, mais également contribuer à la compréhension de l'écologie et de la biologie de l'espèce. Après deux ans d'études (2008, 2009), les paramètres démographiques de ces populations n'ont pu être déterminés, mais la phénologie des différents stades de développement a pu être précisée. En 2009, un effort a été porté sur la cartographie (1) des habitats, (2) de la présence des *Aristolochia rotunda* (plante hôte de la Diane), et (3) de la présence des imagos de Diane. Ces données permettront d'effectuer un suivi annuel à court, moyen et long terme. Les résultats obtenus permettent également de proposer un protocole de capture-marquage qui devrait faciliter l'obtention des paramètres démographiques importants des populations de la plaine.

Mots-clefs : *Zerynthia polyxena* ; Pompignan ; *Aristolochia* ; gestion conservatoire ; SIG

Abstract :

The Southern Festoon (*Zerynthia polyxena*) is a lepidopteran protected by law, at european and national scale. A survey of the ONEM (Naturalist Observatory of Mediterranean Ecosystems), set up in 2006, has permit the acquisition of data about the specie's repartition in France, but many other biological knowledges are missing about it, in order to protect it and to managed its habitat. Many populations of this specie are present in the lowland of Pompignan (Gard). Thus, the study of 4 populations at Pompignan would improve the acquaintance of the specie, but also the comprehension of its ecology and biology. After 2 years of studies (2008, 2009), the demographic parameters are still unknown but the stages of development phenology have been clarified. In 2009, an effort has been brought to the mapping of (1) the habitats, (2) the presence of *Aristolochia rotunda* (Southern Festoon's host plant), and (3) the presence of Southern Festoon's adults. This data would allow the future annual monitoring at small, medium and long scale. Our results enable to define mark-release-recapture protocol that would facilitate the acquisition of important demographics parameters for the populations of the plain.

Keywords : *Zerynthia polyxena* ; Pompignan ; *Aristolochia* ; habitat management ; GIS