

Suivi d'une population de Diane *Zerynthia polyxena* et évaluation préliminaire de l'effet de la fauche tardive sur les aristoloches

Marais de l'Étroit, Vallée des Baux



Timothée Schwartz, Emily Wallace, Hélène Cigolini, Pauline Mariotti, Gauthier Delmas

A Rocha France, janvier 2021

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	3
INTRODUCTION	4
1. MATÉRIEL ET MÉTHODES	4
1.1. La Diane.....	4
1.2. Le site d'étude.....	5
1.3. Recensement de la population de Dianes.....	6
1.3.1. Protocole appliqué.....	6
1.3.2. Analyse statistique.....	7
1.4. Étude de l'effet de la gestion sur la densité en Aristoloches.....	8
2. RÉSULTATS	9
2.1. Recensement de la population de Dianes – 2013.....	9
2.2. Recensement de la population de Dianes - 2015.....	11
2.3. Suivi des Aristoloches - 2014.....	13
3. DISCUSSION	14
3.1. Recensement de la population de Dianes.....	14
3.2. Suivi des Aristoloches - 2014.....	15
CONCLUSION	16
BIBLIOGRAPHIE/WEBOGRAPHIE	17
ANNEXES	18
Annexe n°1 : Code pour le marquage des Dianes.....	18
Annexe n° 2 : Description des différentes sessions de CMR réalisées en 2013.....	19
Annexe n° 3 : Description des différentes sessions de CMR réalisées en 2015.....	20

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier particulièrement les propriétaires du site du Marais de l'Étroit, M. et Mme Laguitton ainsi que M. et Mme Arnold. Nous remercions chaleureusement les stagiaires, bénévoles et volontaires qui ont contribué ou assisté aux différents suivis effectués sur le site d'étude : Donnacha Woods, Cécile Rebuffet, Violaine Doreau, Niamh Martin.

Schwartz T., Wallace E., Cigolini H., Mariotti P. et Delmas G. 2021. *Suivi d'une population de Diane Zerynthia polyxena et évaluation préliminaire de l'effet de la fauche tardive sur les aristoloches, Marais de l'Étroit, Vallée des Baux*. A Rocha France, Arles, 20p.

A ROCHA FRANCE
Domaine des Courmettes
Route des Courmettes
06140 TOURRETTES-SUR-LOUP
www.arocha.fr
France@arocha.org

INTRODUCTION

La Diane (*Zerynthia polyxena*) a été décrite pour la première fois en 1775 par Denis & Schiffermüller. Cette espèce est inféodée à une plante, l'Aristolochie. Se développant dans les milieux ouverts, cette plante a aujourd'hui un habitat très fractionné. Il en résulte que la plupart des populations de Diane sont très petites et très localisées. La première étude d'envergure n'a alors été réalisée qu'en 2012 par CELIK & al en Slovénie sur 8,7 hectares de milieux favorables continus. Cette dernière étude met en avant un déclin d'environ 30 % au sein de la population de Diane étudiée ces 10 dernières années. Aujourd'hui ce papillon est classé comme espèce menacée. Il est inscrit en annexe IV de la directive habitat-faune-flore, en annexe II de la convention de Berne et est protégé au niveau national (INPN). Sa présence sur un site doit alors faire l'objet d'une gestion appropriée à la préservation de l'espèce. La distribution de ce papillon étant très locale, et liée à la répartition de sa plante hôte, l'Aristolochie, sa protection est d'autant plus ciblée. Le plan de gestion peut donc être très spécifique à un site donné, sur une petite parcelle, ce qui le rend facile à mettre en place tout en restant très efficace. C'est ce qui a été réalisé en 2012 pour la population présente au marais de l'Étroit par l'association A Rocha France. Le plan de gestion mis en place préconise la fauche de la végétation pendant l'hibernation des Dianes pour ouvrir le site sans nuire aux individus présents. En effet, l'intérêt ici est de permettre l'accroissement de la population d'Aristolochie et donc le maintien, voire l'expansion de l'habitat favorable à la Diane, afin d'étendre son aire de répartition. Plusieurs suivis ont été mis en place dans le cadre de ce plan de gestion afin de suivre les populations et évaluer la gestion mise en place. Il était notamment prévu un suivi de population de la Diane par Capture-Marquage-Recapture (CMR) ainsi que de l'Aristolochie par le comptage des pieds sur quadrats répartis selon la gestion réalisée.

Le présent rapport détaille et analyse les résultats des études menées au cours des années 2013 et 2015, et en particulier deux recensements de la population de Diane menés par CMR et ayant donné lieu à une dérogation administrative valant autorisation de capture.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

1.1. La Diane

La Diane est un rhopalocère de la famille des *Papilionidae*, que l'on peut observer du Sud-est de la France jusqu'en Asie mineure (*Figure n°1*). La répartition de cette espèce est inféodée à sa plante-hôte, appartenant au genre des Aristoloches. Avec le dessus des ailes jaune orné de noir, quelques taches rouges sur les ailes antérieures, et une envergure de 46 à 62 mm, ce papillon est facilement reconnaissable. Ce papillon est univoltin. Sa période de vol est très courte, de mars à mai, il hiberne ensuite en formant une chrysalide en hauteur dans la



Figure n°1 : Répartition de la Diane en France
(Source : <http://inpn.mnhn.fr>)

végétation alentours (Figure n°2).

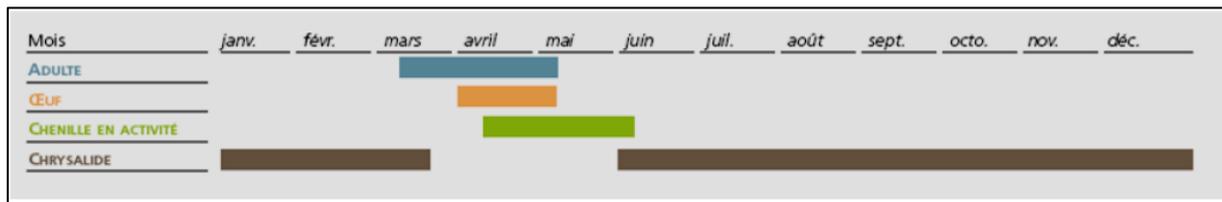


Figure n°2 : Cycle de vie de la Diane

(Source : <http://ecologie.gouv.fr>)

Son habitat se limite aux sites colonisés par l’Aristolochie. C’est sous les feuilles de cette plante que la Diane pond ses œufs, et dont les chenilles se nourrissent. Il a été observé par Celik (2012) que l’ensemble des individus se cantonnent sur des secteurs à Aristolochie ensoleillés. Les mâles occupent un territoire moins vaste que celui des femelles. Cela s’assimile à la stratégie de reproduction choisie par la femelle : la dissémination des œufs sur un large territoire, et la recherche d’un partenaire pendant la période de reproduction. L’Aristolochie s’inclut dans tous les cycles de vie de la Diane, excepté l’état chrysalide, qui se déroule bien plus en hauteur. Cette plante se développe majoritairement en prairies humides, mais on peut l’observer dans des milieux plus secs (maquis, cultures, pelouses sèches, steppes rocheuses) ou dans des friches, vergers, vignobles, bois clairsemés à essences caduques. Il s’avère crucial de prendre en considération les besoins et l’étendue de cette espèce dans l’étude du papillon Diane.

1.2. Le site d’étude

Le marais de l’Étroit est situé dans la vallée des Baux, sur les communes de Paradou et Maussane. C’est une petite zone humide de 6,6 hectares, située entre le marais de l’Ilon et le pont de l’Étroit. Seule la prairie centrale du marais de l’Étroit est concernée par l’étude. En effet, celle-ci, suite à la présence d’Aristolochie à feuilles rondes (*Aristolochia rotunda*) et d’Aristolochie clématite (*Aristolochia clematitis*), abrite une population de Diane. Le Marais de l’Étroit étant à la fois dans le Parc Naturel Régional des Alpilles et sur le site Natura 2000 de Zone Spéciale de Conservation « Marais de la vallée des Baux et Marais d’Arles », cette prairie fait partie d’un ensemble de sites protégés. La carte ci-après (Figure n°3) représente la prairie et les différentes unités écologiques qui la constituent. On observe que le site est majoritairement constitué d’une prairie humide, milieu favorable au développement de l’Aristolochie. Une tendance à la fermeture du milieu avec la colonisation des ligneux a été observée de 2008 à 2012, suite à l’arrêt du pâturage du site par un troupeau de chèvres. Ce constat a conduit à la rédaction d’un plan de gestion par A Rocha France et une fauche tardive de la végétation a été mise en place afin de favoriser les aristoloches.

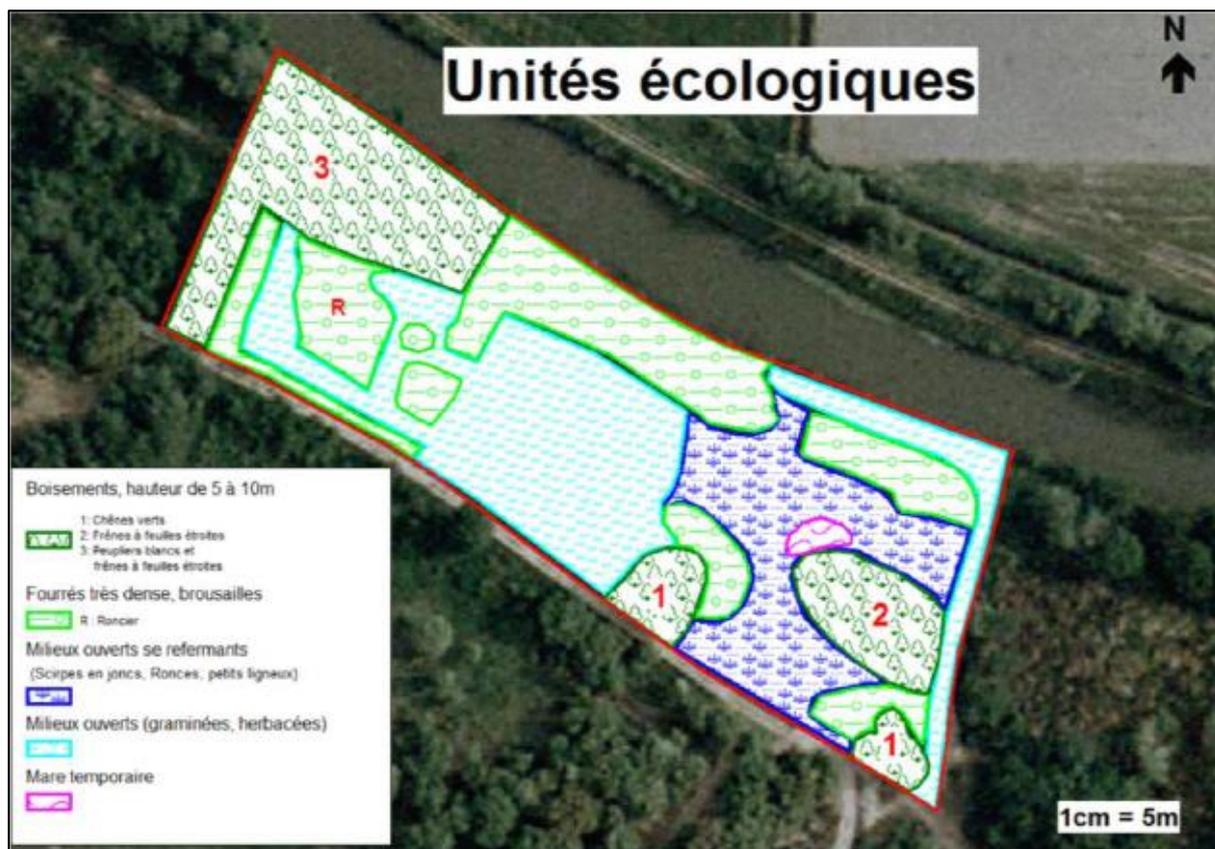


Figure n°3 : Unités écologiques de la prairie centrale du marais de l'Étroit

(Source : A Rocha - Plan de gestion de la prairie centrale du marais de l'Étroit de 2012 à 2017)

1.3. Recensement de la population de Diances

1.3.1. Protocole appliqué

Pour estimer la taille de la population de Diane, A Rocha a appliqué la méthode de Capture-Marquage-Recapture (CMR). Cette dernière permet d'estimer l'effectif d'une population et de suivre son évolution dans le temps. Le protocole débute au moment de l'éclosion des chrysalides (au mois de mars) et se termine lorsque plus aucun individu n'est rencontré (fin mai). Toute la prairie est sillonnée selon un parcours défini (Figure n°5) trois fois par jour, trois jours par semaine (et en fonction des conditions météorologiques). Les sessions commencent à 10h, 12h, et 17h pour permettre de différencier la probabilité d'observation de la probabilité de présence. Chaque Diane rencontrée est capturée et marquée aux ailes au moyen d'un feutre à alcool de couleur, selon un code spécifique (Figure n°4) permettant de la reconnaître (Cf Annexe n°1), puis relâchée. Un numéro unique est alors attribué à chaque papillon capturé, permettant lors d'une seconde observation d'identifier l'individu en question. Par exemple, le troisième papillon contacté portera la marque aux ailes correspondant au chiffre 3, ce qui deviendra alors son identifiant. Chaque papillon marqué et chaque papillon recapturé est répertorié de façon binomiale (1 lorsqu'il est capturé/recapturé, 0 lorsqu'il n'est pas observé) sur la fiche de



Figure n°4 : Exemple de Diane capturée et marquée

(©A Rocha France)

terrain. Si un individu est observé plusieurs fois durant la même session, il n'est compté qu'une seule fois. La météo doit être propice à l'observation des papillons : ensoleillée avec un vent faible/nul. Les variables associées relevées sont les suivantes : la date, la température, le vent (force et direction), la couverture nuageuse, l'observateur ainsi que toute modifications ou remarques sur le temps pendant la journée.



Figure n°5 : Circuit réalisé pour la CMR Sur le marais

(Source : A Rocha - Plan de gestion de la prairie centrale du marais de l'Étroit de 2012 à 2017)

1.3.2. Analyse statistique

Les données de CMR ont été analysées avec le logiciel MARK. Avec ce logiciel, il est possible d'estimer la taille d'une population, le nombre d'individus présents à chaque session, la probabilité de survie des individus, la probabilité de capture, tout en incluant des variables associées (temps, âge). A partir des fiches de suivi, les histoires de capture de chaque individu capturé au moins une fois ont été enregistrées dans un tableur. Pour chacune des deux années de suivi (2013 et 2015), les histoires de capture de chaque individu ont été synthétisées par jour (« 1 » si l'individu a été vu au moins une fois au cours des 3 sessions, « 0 » sinon). L'adéquation d'un modèle CJS complet avec probabilité de survie et de capture dépendantes du temps a tout d'abord été testée au moyen du c -hat de Fletcher. Une sélection de modèle a été menée en modélisant toutes les combinaisons possibles entre la probabilité de capture et la probabilité de survie (constante « . », aléatoire en fonction du jour « t », évoluant de façon linéaire « tlin » ou quadratique « tlin+tlin² » en fonction du temps) soit 16 modèles. Les meilleurs modèles ont été sélectionnés sur la base de l'AICc ($\Delta AICc < 2$). Ce jeu de données a ensuite été analysé au moyen du module « POPAN » du logiciel MARK. Ce module permet d'estimer la taille de population à chaque session (jour dans ce cas) ainsi que la taille de la population totale, en prenant en compte l'arrivée de nouveaux individus entre les sessions, liée

à la métamorphose progressive des nymphes présentes sur le site. Une sélection de modèle a été menée sur la probabilité d'entrer dans la population (constante « . », aléatoire en fonction du jour « t », évoluant de façon linéaire « tlin » ou quadratique « tlin² » en fonction du temps) en considérant le meilleur modèle CJS pour la structure de la probabilité de survie et de la probabilité de capture.

1.4. Étude de l'effet de la gestion sur la densité en Aristoloches

Cette étude a été menée en avril 2014. L'objectif était d'évaluer l'effet de la fauche sur la plante hôte de la Diane, l'aristoloché à feuilles rondes *Aristolochia rotunda* sur le site du marais de l'Étroit. Pour cela, cette étude a consisté à estimer la densité d'aristoloches (*Aristolochia rotunda* et *Aristolochia clematitis*) au moyens de comptages exhaustifs au sein de quadrats de 1m² (1m x 1m). 62 quadrats ont été répartis de façon homogène sur la zone d'étude ainsi que sur un secteur adjacent qui bénéficiait d'une gestion différente (pâturage équin) (Figure 7). Pour chaque quadrat, le nombre d'aristoloches de chaque espèce, a été dénombré et reporté sur une fiche de terrain. Le type de gestion (fauche, absence de gestion, pâturage) et l'exposition du quadrat (ensoleillé ou à l'ombre) ont également été relevé. L'analyse des résultats a consisté d'une part à comparer la densité d'aristoloches en fonction du type



Figure n°6 : Aristoloché à feuilles rondes
(© A Rocha France)

de gestion. Nous avons testé l'hypothèse que la fauche favorisait la densité d'aristoloches au moyen d'un modèle linéaire généralisé avec un effet additif du type de gestion et de l'exposition en variables explicatives et le nombre d'aristoloches en variable de réponse, avec une loi de distribution négative binomiale afin de prendre en compte la surdispersion. L'analyse a été menée pour chaque espèce d'aristoloché séparément ainsi que pour le nombre total d'aristoloches. Ces analyses statistiques ont été menées avec le logiciel R.

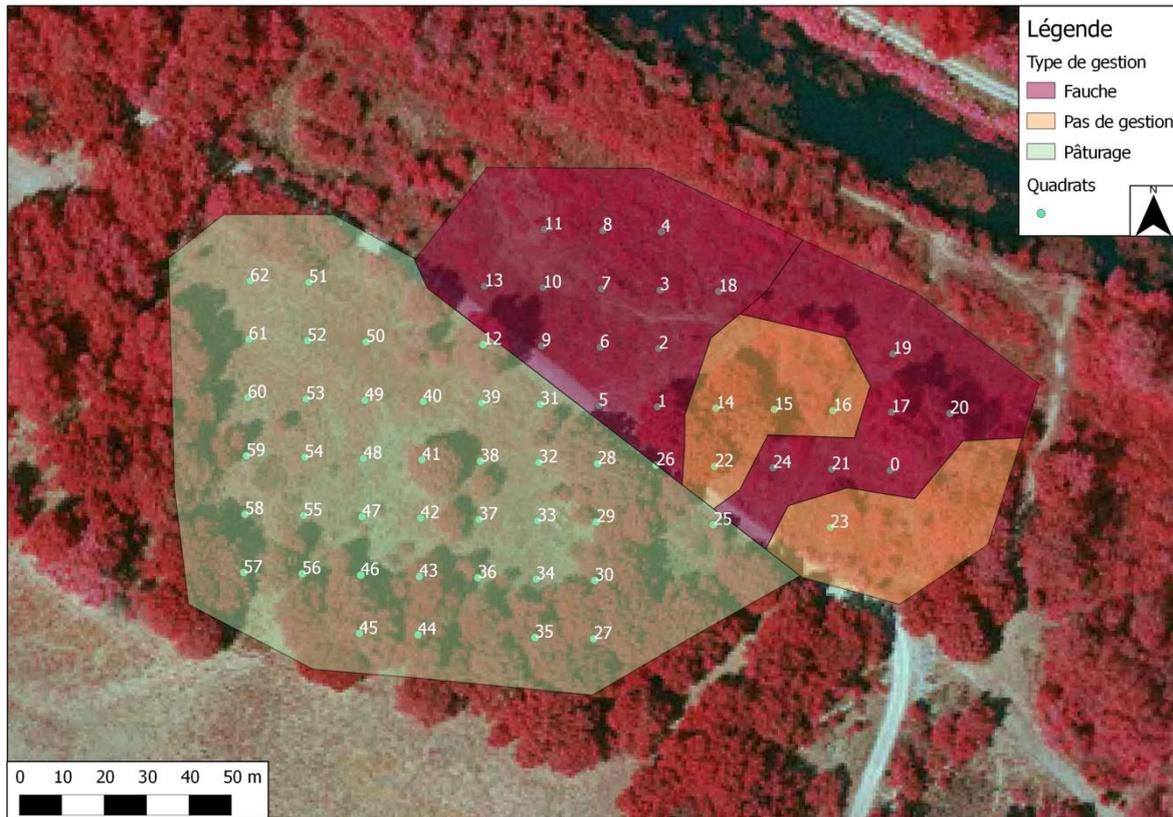


Figure n°7 : Localisation des centres des quadrats réalisés pour le comptage des aristoloches (*Aristolochia rotunda* et *Aristolochia clematitis*), en avril 2014, en fonction des différents types de gestion de la végétation.

2. RÉSULTATS

2.1. Recensement de la population de Dianes – 2013

En 2013 nous avons effectué 42 sessions de captures réparties en 14 journées (3 sessions par jour) entre le 3 avril et le 3 mai 2013 (Tableau 1) (Annexe 2) et marqué 90 dianes différentes. Le plus grand nombre d'individus différents a été observé le 16 avril 2013 ($n=35$) (Figure 8). La majorité des captures a eu lieu le midi (Tableau 2).

Le meilleur modèle CJS sur la base de l'AICc est le modèle $\{Phi(tlin) p(.)\}$ (Tableau 1).

Ce modèle donne une probabilité de recapture moyenne de 0.48 [0.38;0.58].

Le meilleur modèle donnant une probabilité de survie moyenne est le modèle $\{Phi(.) p(.)\}$ avec une survie quotidienne estimée à 0.84 [0.80;0.87].

Tableau 1 : Sélection de modèles CJS pour les données de CMR de Diances sur le marais de l'Étroit en 2013.

Model	AICc	Delta AICc	AICc Weights	Model Likelihood	Num. Par	Deviance
$\{\Phi(tlin) p(\cdot)\}$	368.8687	0	0.37013	1	3	152.8117
$\{\Phi(tlin+tlin^2) p(\cdot)\}$	370.2681	1.3994	0.18385	0.4967	4	152.1114
$\{\Phi(tlin) p(tlin)\}$	370.5186	1.6499	0.16221	0.4383	4	152.362
$\{\Phi(tlin+tlin^2) p(tlin)\}$	371.6591	2.7904	0.09171	0.2478	5	151.3768
$\{\Phi(\cdot) p(\cdot)\}$	372.3716	3.5029	0.06422	0.1735	2	158.3887
$\{\Phi(tlin) p(tlin+tlin^2)\}$	372.6425	3.7738	0.05609	0.1515	5	152.3601
$\{\Phi(tlin+tlin^2) p(tlin+tlin^2)\}$	373.6651	4.7964	0.03364	0.0909	6	151.2304
$\{\Phi(\cdot) p(tlin)\}$	374.3822	5.5135	0.0235	0.0635	3	158.3252
$\{\Phi(\cdot) p(tlin+tlin^2)\}$	376.0313	7.1626	0.0103	0.0278	4	157.8747
$\{\Phi(tlin) p(t)\}$	379.0425	10.1738	0.00229	0.0062	15	135.9539
$\{\Phi(tlin+tlin^2) p(t)\}$	381.4786	12.6099	0.00068	0.0018	16	135.9421
$\{\Phi(t) p(\cdot)\}$	381.8175	12.9488	0.00057	0.0015	14	141.1447
$\{\Phi(t) p(tlin)\}$	382.2865	13.4178	0.00045	0.0012	15	139.198
$\{\Phi(\cdot) p(t)\}$	383.7154	14.8467	0.00022	0.0006	14	143.0426
$\{\Phi(t) p(tlin+tlin^2)\}$	384.7086	15.8399	0.00013	0.0004	16	139.1723
$\{\Phi(t) p(t)\}$	394.8995	26.0308	0	0	25	125.77

Le meilleur modèle POPAN sur la base de l'AICc est le modèle $\{\Phi(tlin) p(\cdot) pent(tlin+tlin^2)\}$.

Ce modèle donne une estimation de taille de population de Diane de 138 individus [118;161]. Il indique également un nombre maximal présent dans la population au cours de la session 8, le 18/04/2013 (Figure 9).

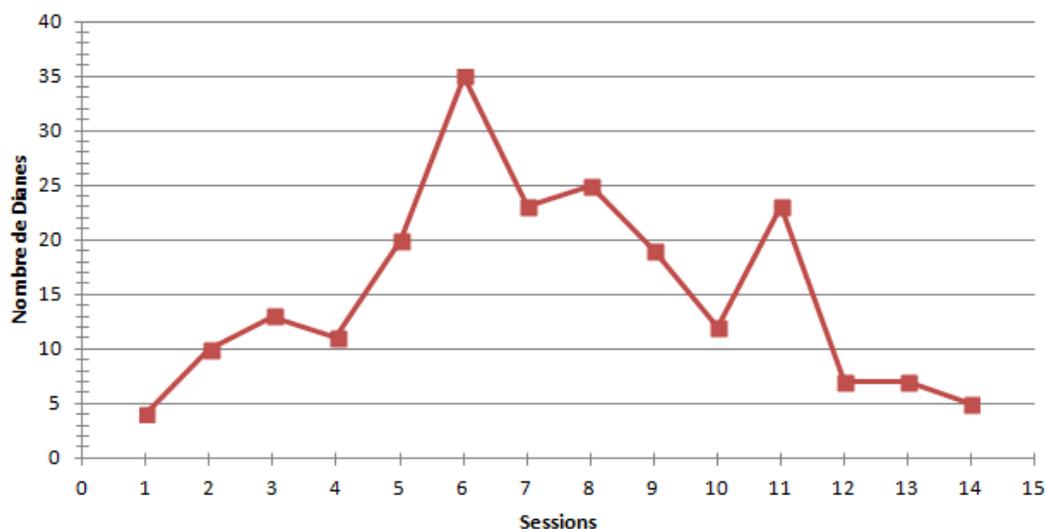


Figure n°8 : Nombre Diances observées au cours des différentes journées de capture de 2013

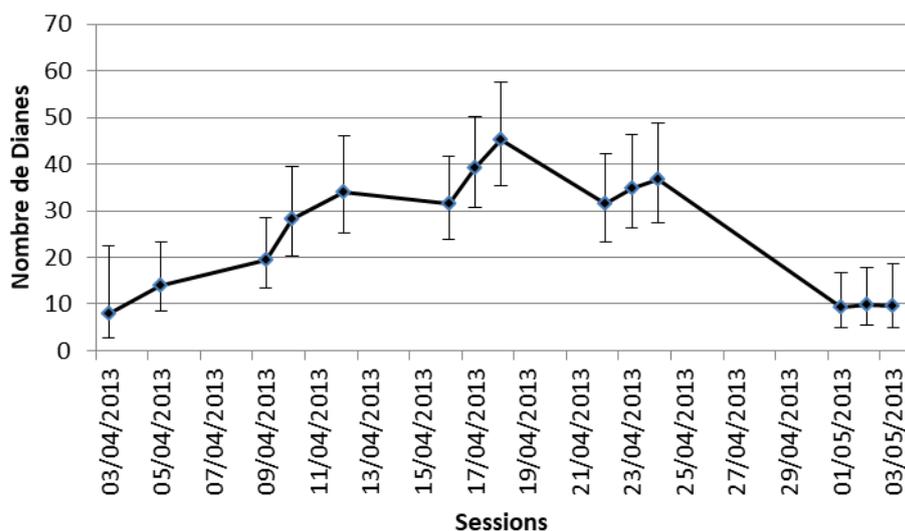


Figure n°9 : Estimation de la taille de population de Dianas présente à chaque journée de capture en 2013, avec son intervalle de confiance.

Tableau 2 : Total des captures en fonction de la période de la journée en 2013

Période	Matin (10h)	Midi (14h)	Soir (17h)
Nombre total de Dianas capturées	79	94	43

2.2. Recensement de la population de Dianas - 2015

En 2015 nous avons effectué 30 sessions de captures réparties sur 10 journées (3 sessions par jour) entre le 29 mars et le 22 avril 2015 (Tableau 3) (Annexe 3) et marqué 41 dianes différentes. Le plus grand nombre d'individus différents a été observé le 08 avril 2015 (n=26) (Figure 10). La majorité des captures ont eu lieu le matin (Tableau 4).

Le meilleur modèle CJS sur la base de l'AICc est le modèle $\{Phi(tlin) p(\cdot)\}$ (Tableau 2).

Ce modèle donne une probabilité de recapture moyenne estimée à 0.65 [0.48;0.79].

Le meilleur modèle donnant une probabilité de survie moyenne est le modèle $\{Phi(\cdot) p(tlin)\}$ avec une probabilité de survie quotidienne moyenne de 0.86 [0.79;0.91].

Tableau 3 : Sélection de modèles CJS pour les données de CMR de Diances sur le marais de l'Étroit en 2015.

Model	AICc	Delta AICc	AICc Weights	Model Likelihood	Num. Par	Deviance
{Phi(tlin)p(.)}	146.709	0	0.24937	1	3	53.0935
{Phi(.)p(tlin)}	147.1468	0.4378	0.20035	0.8034	3	53.5313
{Phi(tlin)p(tlin)}	147.3566	0.6476	0.1804	0.7234	4	51.5235
{Phi(tlin+tlin ²)p(.)}	148.8706	2.1616	0.08462	0.3393	4	53.0375
{Phi(.)p(tlin+tlin ²)}	149.0895	2.3805	0.07585	0.3042	4	53.2564
{Phi(tlin+tlin ²)p(tlin)}	149.6023	2.8933	0.05869	0.2354	5	51.4918
{Phi(tlin)p(tlin+tlin ²)}	149.6313	2.9223	0.05785	0.232	5	51.5208
{Phi(.)p(.)}	149.6395	2.9305	0.05761	0.231	2	58.1839
{Phi(tlin+tlin ²)p(tlin+tlin ²)}	151.9401	5.2311	0.01824	0.0731	6	51.4897
{Phi(t)p(tlin)}	153.6779	6.9689	0.00765	0.0307	8	48.3501
{Phi(tlin)p(t)}	154.6992	7.9902	0.00459	0.0184	9	46.828
{Phi(t)p(.)}	156.6915	9.9825	0.0017	0.0068	9	48.8203
{Phi(tlin+tlin ²)p(t)}	157.3137	10.6047	0.00124	0.005	10	46.8256
{Phi(.)p(t)}	158.0231	11.3141	0.00087	0.0035	9	50.152
{Phi(t)p(tlin+tlin ²)}	158.2393	11.5303	0.00078	0.0031	10	47.7512
{Phi(t)p(t)}	160.8939	14.1849	0.00021	0.0008	12	44.9375

Le meilleur modèle POPAN sur la base de l'AICc est le modèle $\{Phi(tlin) p(.) pent(tlin)\}$.

Ce modèle donne une estimation de taille de population de Diane de 56 individus [47;67]. Il indique également un nombre maximal présent dans la population au cours de la session 5, le 8/04/2015 (Figure 11).

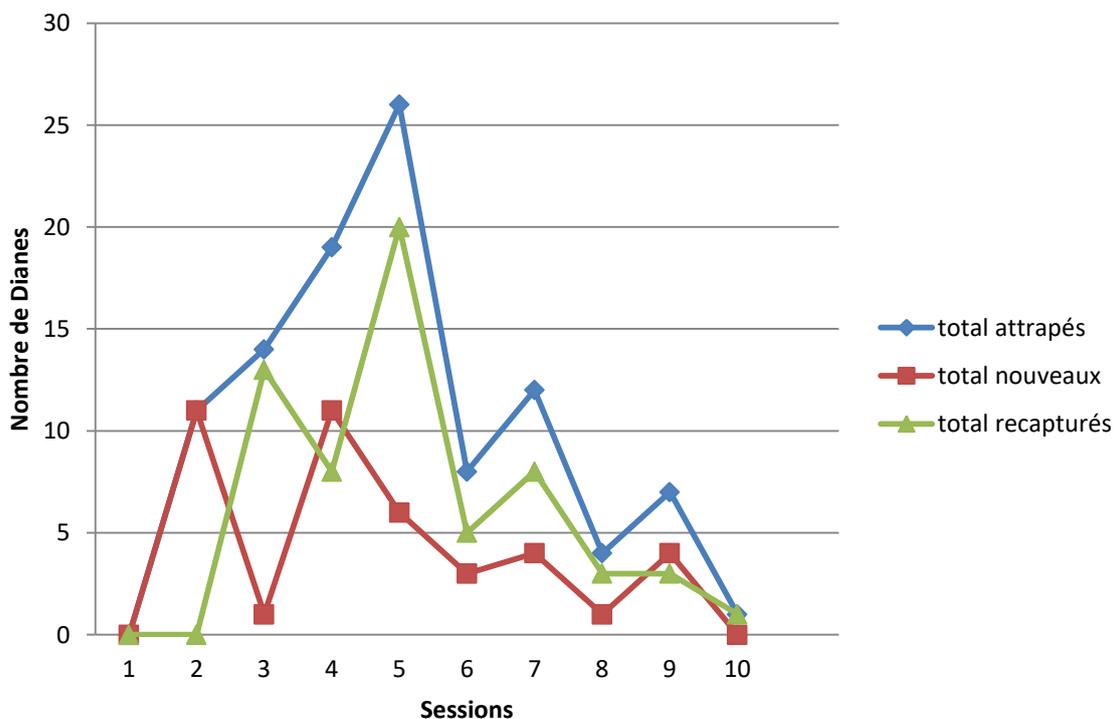


Figure n°10 : Total des différents types de captures par jour de suivi

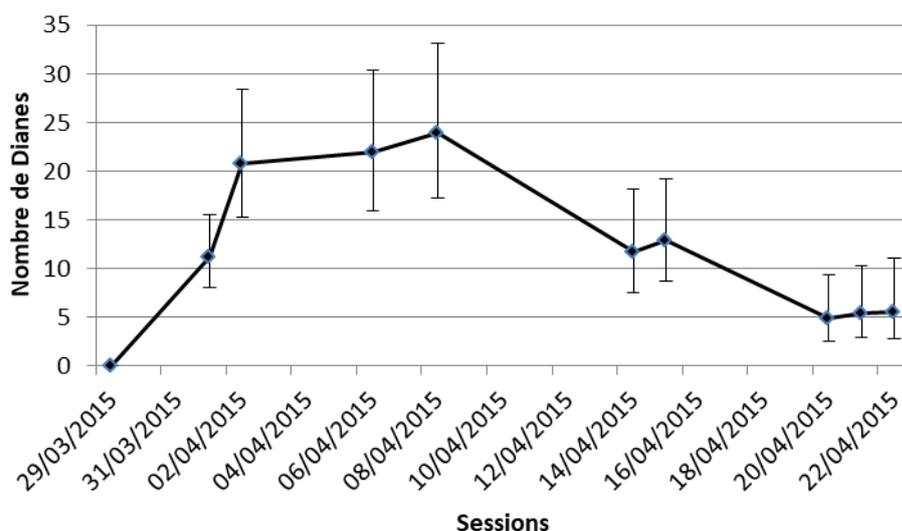


Figure n°11 : Estimation de la taille de population de Dianas présente à chaque journée de capture en 2015, avec son intervalle de confiance.

Tableau 4 : Total des captures en fonction de la période de la journée en 2015

Période	Matin (10h)	Midi (14h)	Soir (17h)
Nombre total de Dianas capturées	43	37	22

2.3. Suivi des Aristoloches - 2014

426 pieds d'aristoloches ont été recensés sur les 62 quadrats en 2014 (respectivement 285 *A. rotunda* et 141 *A. clematitis*), soit une densité moyenne de 6.9 pieds au m² (respectivement 4.6 pour *A. rotunda* et 2.3 pour *A. clematitis*).

La densité totale d'aristoloches est significativement plus élevée sur les quadrats fauchés que sur les quadrats pâturés (18.2 [6.8;48.3] vs 1.2 [0.6;2.6], $p < 0.01$) et plus particulièrement pour l'aristoloche à feuille ronde (11.6 [3.9;34.3] vs 0.8 [0.3;1.9], $p < 0.01$) mais pas pour l'aristoloche clématite (6.6 [0.7;60.0] vs 0.4 [0.1;2.1], $p = 0.05$) (Figure 12). De plus, sur la zone fauchée, les quadrats à l'ombre ont une densité significativement plus élevée que les quadrats exposés pour l'aristoloche à feuille rondes (85.7 [15.7;467.4] vs 10.9 [4.0;29.7], $p < 0.01$).

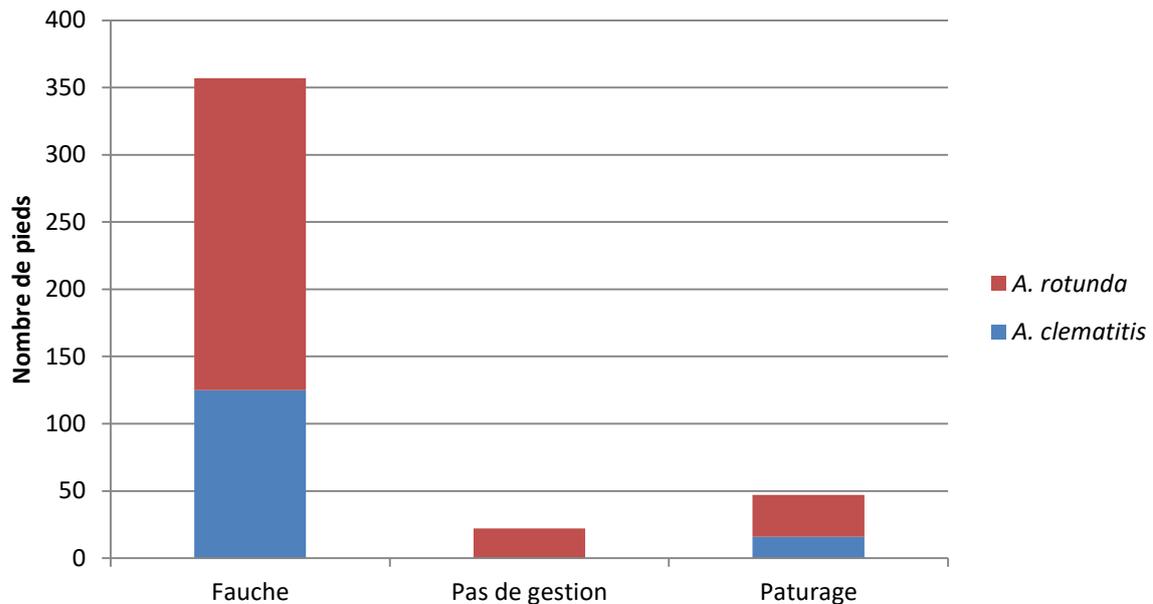


Figure n°12 : Nombre total de pieds d’Aristoloches recensés en fonction de la gestion mise en place

3. DISCUSSION

3.1. Recensement de la population de Dianes

Le site du marais de l’Etroit abrite une importante population de Dianes, avec une population adulte estimée entre 56 (2015) et 138 (2013) individus.

La taille de population estimée diffère fortement entre 2013 et 2015, avec une population nettement plus faible en 2015. Ce résultat pose la question d’une baisse apparente de la taille de la population de Diane sur le site d’étude. Cependant, les fluctuations interannuelles des effectifs de papillon sont connues chez de nombreuses espèces (Stewart et al. 2020; Roy et al. 2015; Stefanescu, Peñuelas, et Filella 2003). Chez les papillons, ces fluctuations sont notamment liées aux variations interannuelles du climat, avec par exemple un effet négatif des températures élevées en fin d’hivernage sur la survie des larves, pouvant impacter la taille de la population d’imago (Radchuk, Turlure, et Schtickzelle 2013). Les variations de température peuvent aussi décorrélérer la métamorphose et la disponibilité en ressource alimentaire et en plante hôte (Davies 2019) ou encore l’émergence des individus mâles et femelles (Bubová et al. 2016) ce qui peut avoir un effet sur la dynamique de population à moyen terme (Bubová et al. 2016; Davies 2019). De plus, dans notre étude, le pic d’abondance observé est nettement décalé entre les deux années d’étude puisque celui-ci se situe au 18 avril en 2013 et au 8 avril en 2015. Chez les papillons, il est connu que les conditions météorologiques peuvent influencer les dates d’émergence des imagos (Stewart et al. 2020), et en particulier la température au cours du mois de mars, avec des émergences plus précoces lors des années chaudes (Stewart et al. 2020). Il est donc probable que les différences de dates d’émergence observées entre les deux années de suivi soient liées à des conditions météorologiques différentes, qui pourraient expliquer les différences d’effectifs observées. Il sera utile d’envisager la mise en place d’un suivi à long terme de la population, permettant une comparaison selon les années de la taille de population et de la date d’émergence des imagos. Un suivi parallèle d’une population sur une zone contrôle non gérée serait nécessaire afin de pouvoir séparer les effets de la gestion et de la variation du climat et ainsi pouvoir évaluer l’effet de la gestion sur la dynamique de la population de Dianes.

La probabilité de survie individuelle des Dianes sur le site d'étude se situe autour de 0.8 au cours des deux années de suivi. Cette probabilité moyenne permet d'estimer une durée de vie moyenne des imagos de 4.5 jours. Cependant, l'espérance de vie moyenne des individus peut se prolonger beaucoup plus : il a ainsi été observé un papillon marqué le 01/04/2015, puis recapturé le 21/04/2015. Ces valeurs sont parfaitement similaires à celles observées en Slovénie par Celik (2012).

La probabilité de recapture des individus au cours d'une journée de suivi (i.e. 3 sessions) est relativement élevée et varie entre 0.48 en 2013 et 0.65 en 2015. L'étude de Celik (2012) sur un total de 162 individus marqués obtient une probabilité de recapture de 0.46. Le protocole mis en place ici semble donc efficace. Au sein d'une même journée, les captures sont plus nombreuses au cours des sessions du matin et du midi, ce qui permettrait d'orienter les prospections à l'avenir sur ces créneaux horaires : Les heures favorables à la capture de la Diane semblent se situer entre 10h et 16h. Il peut être envisagé d'avancer le dernier passage à 15h. A 17h, le site est moins ensoleillé, et les papillons moins actifs.

D'autres suggestions pour de futurs recensements sont de procéder à un suivi plus intensif, en effectuant des relevés tous les jours plutôt que seulement trois jours par semaine. Cependant, plusieurs facteurs peuvent limiter cette fréquence de suivi, et en particulier les conditions météorologiques.

3.2. Suivi des Aristoloches - 2014

Notre étude a globalement mis en évidence une densité importante d'Aristoloches sur le site, ce qui est un point positif pour la population de Diane présente au Marais de l'Étroit. Le comptage des pieds des plantes hôtes des Dianes révèle une dominance de l'espèce *A. rotunda* sur *A. clematitis* sur la prairie du marais de l'Étroit. Le milieu semble donc plus favorable au développement de l'*A. rotunda*, l'espèce sur laquelle la Diane effectue de manière privilégiée l'ensemble de son cycle de reproduction sur le site d'étude.

Les quadrats fauchés ont révélé une densité significativement plus forte d'aristoloches que les quadrats non-fauchés, et ce particulièrement pour *A. rotunda*. La technique de fauche semble donc être favorable au développement de l'Aristoloches. Cependant, *A. rotunda* était également plus abondante sur les quadrats ombragés. Ainsi, le maintien d'arbres au sein ou à la périphérie du site semble favorable à son développement. Ces résultats devront être consolidés par de futures études, notamment en renforçant la taille d'échantillon sur les différentes modalités de gestion.

CONCLUSION

Cette étude met en évidence la présence d'une population de Diane importante sur le site du Marais de l'Étroit. *A. rotunda*, sa plante hôte, est bien implantée sur le site, la gestion par fauche tardive mise en place semble favoriser son développement. Cependant, la baisse de la taille de la population de Diane entre les deux années de suivi pose question et demande à être explorée sur le long terme. Le protocole de recensement par CMR mis en place permet d'estimer la taille de la population et de détecter des variations d'effectifs entre les années et au sein d'une même saison. En poursuivant cette étude sur plusieurs années, il sera possible de voir l'évolution de la population dans le temps.

La prairie du marais de l'Étroit n'est pas le seul site de présence de la Diane de la Vallée des Baux, même si elle accueille sans doute la plus belle population du territoire. Il est probable que si la population de Diane du site diminue, les liens entre cette population et les autres populations pourraient devenir instables et finir par entraîner une décomposition de la métapopulation. Cela pourrait entraîner l'extinction locale de la Diane. C'est pourquoi le maintien, voire une extension de la superficie des prairies humides est essentielle pour maintenir une population saine de Dianes (van Swaay et al. 2012).

BIBLIOGRAPHIE/WEBOGRAPHIE

- Bubová, Terezie, Martin Kulma, Vladimír Vrabec, et Piotr Nowicki. 2016. « Adult Longevity and Its Relationship with Conservation Status in European Butterflies ». *Journal of Insect Conservation* 20 (6): 1021- 32. <https://doi.org/10.1007/s10841-016-9936-0>.
- Celik, Tatjana. 2012. « Adult demography, spatial distribution and movements of *Zerynthia polyxena* (Lepidoptera: Papilionidae) in a dense network of permanent habitats ». *European Journal of Entomology* 109 (2): 217- 27. <https://doi.org/10.14411/eje.2012.028>.
- Davies, W. James. 2019. « Multiple Temperature Effects on Phenology and Body Size in Wild Butterflies Predict a Complex Response to Climate Change ». *Ecology* 100 (4). <https://doi.org/10.1002/ecy.2612>.
- Puissauve. 2009. "La Diane et son habitat dans la plaine de Pompignan (France, Gard) : Définition d'un protocole standardisé", Gard Nature.
- Radchuk, Viktoriia, Camille Turlure, et Nicolas Schtickzelle. 2013. « Each Life Stage Matters: The Importance of Assessing the Response to Climate Change over the Complete Life Cycle in Butterflies ». Édité par Jonathan Newman. *Journal of Animal Ecology* 82 (1): 275- 85. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2012.02029.x>.
- Roy, David B., Tom H. Oliver, Marc S. Botham, Bjorn Beckmann, Tom Brereton, Roger L. H. Dennis, Colin Harrower, Albert B. Phillimore, et Jeremy A. Thomas. 2015. « Similarities in Butterfly Emergence Dates among Populations Suggest Local Adaptation to Climate ». *Global Change Biology* 21 (9): 3313- 22. <https://doi.org/10.1111/gcb.12920>.
- Stefanescu, Constantí, Josep Peñuelas, et Iolanda Filella. 2003. « Effects of Climatic Change on the Phenology of Butterflies in the Northwest Mediterranean Basin: CLIMATE CHANGE AND BUTTERFLY PHENOLOGY ». *Global Change Biology* 9 (10): 1494- 1506. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2003.00682.x>.
- Stewart, James E., Javier Gutiérrez Illán, Shane A. Richards, David Gutiérrez, et Robert J. Wilson. 2020. « Linking Inter-annual Variation in Environment, Phenology, and Abundance for a Montane Butterfly Community ». *Ecology* 101 (1). <https://doi.org/10.1002/ecy.2906>.
- Swaay, Chris van, Sue Collins, Goran Dušej, Dirk Maes, Miguel López Munguira, Laszlo Rakosy, Nils Ryrholm, et al. 2012. « Dos and Don'ts for butterflies of the Habitats Directive of the European Union ». *Nature Conservation* 1 (mars): 73- 153. <https://doi.org/10.3897/natureconservation.1.2786>.
- Wallace, Emily, et Schwartz, Timothée, Investigation into the effectiveness of land management on Southern Festoon (*Zerynthia polyxena*) population in the Vallée des Baux at Marais de L'Étroit, A Rocha, 2013

ANNEXES

Annexe n°1 : Code pour le marquage des Dianes



Annexe n° 2 : Description des différentes sessions de CMR réalisées en 2013

Sessions	Date	T°C	Nuages (/100)	Vent force (km/h)	Vent direction	Observateur(s)	Remarques évolution du temps
A	03-04-2013	8°C/21°C	0-30	10	W	EW. VD	
B	05-04-2013	11°C/19°C	0-70	5	W	EW. VD	
C	09-04-2013	16°C/18°C	5-60	5	ENE	EW. VD	
D	10-04-2013	11°C/21°C	0-50	5	SW	EW. VD. CR	
E	12-04-2013	12°C/22°C	0-5	10	S	EW. VD	
F	16-04-2013	13°C/22°C	0-5	0	-	EW. JP	
G	17-04-2013	15°C/22°C	0-5	5	SE	EW. VD. DW	
H	18-04-2013	18°C/22°C	0	0	-	EW. VD. TF	
I	22-04-2013	16°C/20°C	0	20	W	EW. VD. CR	
J	23-04-2013	18°C/22°C	0-95	5	W	EW. VD. CR	
K	24-04-2013	18°C/22°C	0-20	5	S	EW. VD. CR	
L	01-05-2013	12°C/20°C	0-100	5	SE	EW. VD.	Forte pluie plus tôt le matin
M	02-05-2013	16°C/17°C	0-100	5	-	EW. VD.	Brumeux ; Quelques cendres retombant d'un feu voisin
N	03-05-2013	17°C/18°C	0-50	10	N	EW. VD.	

Annexe n° 3 : Description des différentes sessions de CMR réalisées en 2015

Sessions	Date	T°	Nuages (/100)	Vent force (km/h)	Vent direction	Observateur(s)	Remarques évolution du temps
A	29/03/2015	17°C/20°C	35-45	29	NW	NM	
B	01/04/2015	12°C/15°C	15-25	44	NNW	NM	
C	02/04/2015	13°C/19°C	0-50	35	NNW	NM	
D	06/04/2015	12°C/16°C	0	27	N	NM	
E	08/04/2015	14°C/19°C	0	13	SW	NM	
F	14/04/2015	24°C/27°C	0	24	N	HC	bourrasques de vent
G	15/04/2015	16°C/22°C	0-20	25	S	HC	
H	20/04/2015	14°C/19°C	40-60	20	W	HC	
I	21/04/2015	17°C/22°C	0	15	S	HC	
J	22/04/2015	18°C/22°C	20-100	20	S	HC	
K	06/05/2015	22°C/25°C	0-10	35	NW	HC	0 dianes observées