

# Suivi de deux populations de Diane dans les marais des Baux

## Prairie de l'étroit / Triangle des Pradelles

### Année 2023

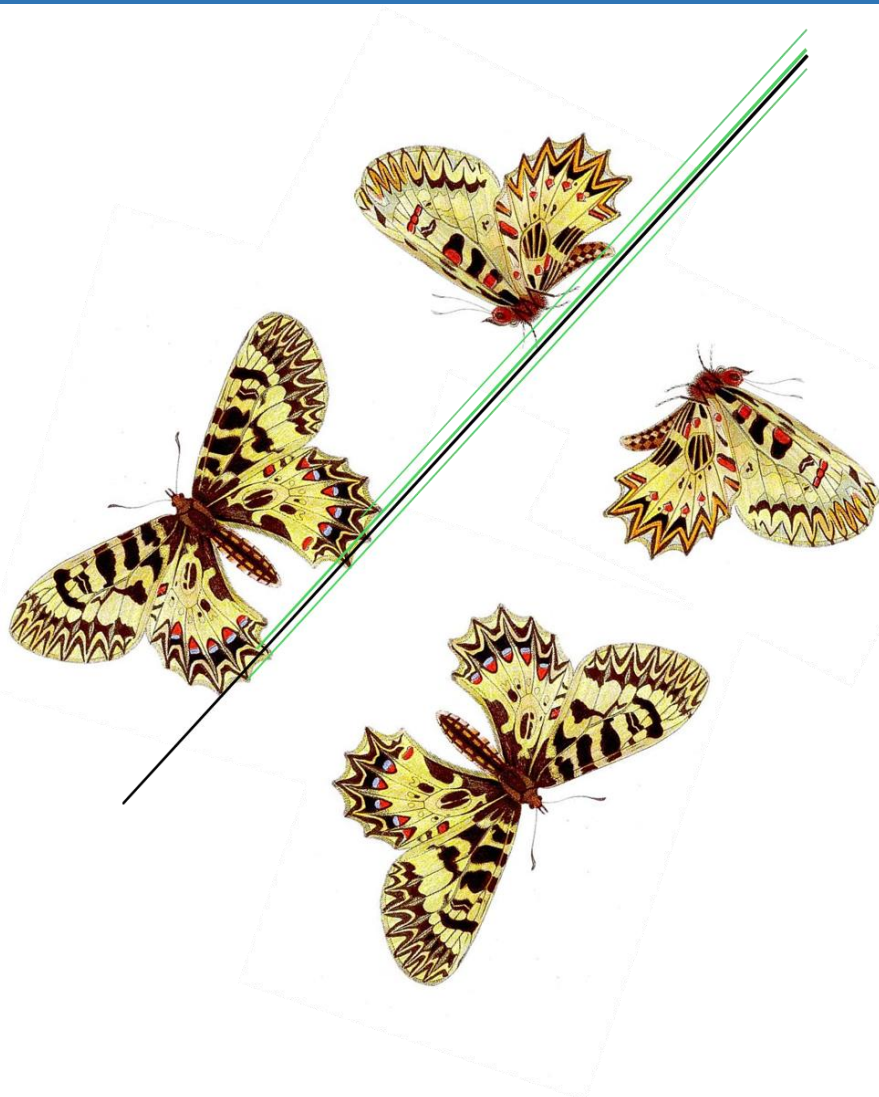
Pierre Cabrol

Timothée Schwartz

A Rocha France

Rapports scientifiques

Juin 2024



**A ROCHA**  
FRANCE



**CORPS  
EUROPÉEN  
DE SOLIDARITÉ**

A Rocha France

Mas Mireille, 3000 Chemin de Barbegal à l'Ilon

13280 RAPHELE-LES-ARLES

Mas.mireille@arocha.org

Siret : 44095088900038

---

**Auteurs :**

**Pierre Cabrol** : Volontaire en Service Civique

**Timothée SCHWARTZ (PhD)** : Directeur scientifique d'A Rocha France

**Cette étude a été co-financée par l'Union Européenne**



**Remerciements** : Nous remercions les propriétaires fonciers qui ont donné accès à leurs terres pour l'entretien des sites et le suivi des populations de Diane. Nous remercions chaleureusement tous les volontaires, bénévoles et stagiaires qui ont participé aux travaux de terrain : Gaëtan Ganivet, Adrian Fernandez Garrido, Fabien Marc, Angel Michel, Charlotte Léon et Manon Galle.

**Citation** : Pierre Cabrol et Schwartz Timothée 2024. *Suivi de deux populations de Diane dans les marais des Baux - Prairie de l'étroit / Triangle des Pradelles - Année 2023*. A Rocha France rapports scientifiques. A Rocha France, 14p.

## TABLE DES MATIERES

Résumé.....	3
Introduction.....	4
Méthodologie.....	4
Présentation des sites d'étude.....	4
Protocole de suivi.....	5
Analyse des données.....	5
Résultats.....	6
Phase de terrain.....	6
Paramètres démographiques des deux populations.....	6
Prairie de l'Étroit.....	6
Triangle des Pradelles.....	8
Discussion.....	10
Evaluation du protocole.....	10
Variabilité de la survie apparente et de la probabilité de recapture.....	10
Phénologie de la période de vol des Dianes.....	10
Comparaison et évolution des effectifs.....	11
Bibliographie.....	12
Annexes.....	13
Annexe 1 : Code pour le marquage de dianes.....	13
Annexe 2 : Description des différentes sessions de CMR réalisées.....	14

## RESUME

Deux populations de Diane *Zerynthia polyxena* sont présentes sur deux sites gérés par l'association A Rocha France au sein des marais des Baux, dans le Sud de la France. Ces sites font l'objet d'une gestion conservatoire par fauche tardive qui vise à favoriser la plante hôte de la Diane, l'aristoloche, tout en préservant les papillons. Ces deux populations ont fait l'objet d'un suivi par Capture-Marquage-Recapture en 2023. Les résultats montrent que les effectifs sont plus importants sur le site de la prairie de l'étrouit que sur le site du triangle des Pradelles. Cependant, les individus sur ce deuxième site ont une survie apparente supérieure et ont été observés sur une plus longue période. Ces différences pourraient s'expliquer par la différence de physionomie des deux sites. Les effectifs observés semblent relativement stables par rapport aux années précédentes, mais une analyse statistique des données des années passées est nécessaire afin de pouvoir approfondir cette question.

## INTRODUCTION

La Diane *Zerynthia polyxena* est une espèce de papillon monovoltine inféodée à l'aristoloche (genre *Aristolochia*). Ce papillon est classé comme espèce protégée en France et est inscrit en annexe IV de la directive habitat-faune-flore et en annexe II de la convention de Berne. Comme beaucoup d'espèces de papillons, la Diane est peu étudiée et son écologie est méconnue, notamment en France. Depuis 2012, la Diane fait l'objet d'un suivi de population annuel au sein des marais des Baux, une zone humide située au sud du massif des Alpilles, en Provence. Ce suivi vise à connaître la dynamique de ces populations et l'effet éventuel des actions de gestion mises en place. Deux populations sont ainsi suivies régulièrement au moyen d'un protocole de recensement basé sur la Capture, le Marquage et la Recapture des individus (CMR). Ces suivis sont effectués dans le cadre d'une dérogation administrative valant autorisation de capture. Ces populations font également l'objet d'une gestion spécifique, avec la mise en œuvre d'une fauche tardive qui permet de favoriser le développement des aristoloches, tout en limitant les risques de destruction d'individus (chenilles).

Le présent rapport détaille et analyse les résultats des suivis des populations de la prairie de l'Étroit et du triangle des Pradelles en 2023.

## METHODOLOGIE

### PRESENTATION DES SITES D'ETUDE

Le marais de l'Étroit est situé dans la vallée des Baux, sur la commune de 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 on trouve sur celle-ci la présence d'Aristolochie à feuilles rondes (*Aristolochia rotunda*) et d'Aristolochie clématite (*Aristolochia clematitis*). Ces plantes sont dites hôtes pour la Diane (nécessaires dans leur cycle de vie). Le site abrite une population de Diane et a fait l'objet en 2012 d'un plan de gestion spécifique (Mabboux 2012). Un suivi annuel de la population est organisé depuis 2012 sur ce site (Schwartz et al. 2021).

Le site du triangle des Pradelles est situé dans la vallée des Baux, sur la commune de Paradou. C'est une zone semi-ouverte composée de boisements et de prairies d'une surface d'environ 1 hectare. C'est une parcelle où se trouve l'aristoloche à feuilles rondes et l'aristoloche clématite. Elle abrite également une population de dianes. Cette population de dianes a été identifiée en 2007. Elle a été suivie par intermittence depuis cette date.

Les deux sites font partie du Parc Naturel Régional des Alpilles et du site Natura 2000 de Zone Spéciale de Conservation « Marais de la vallée des Baux et marais d'Arles ».

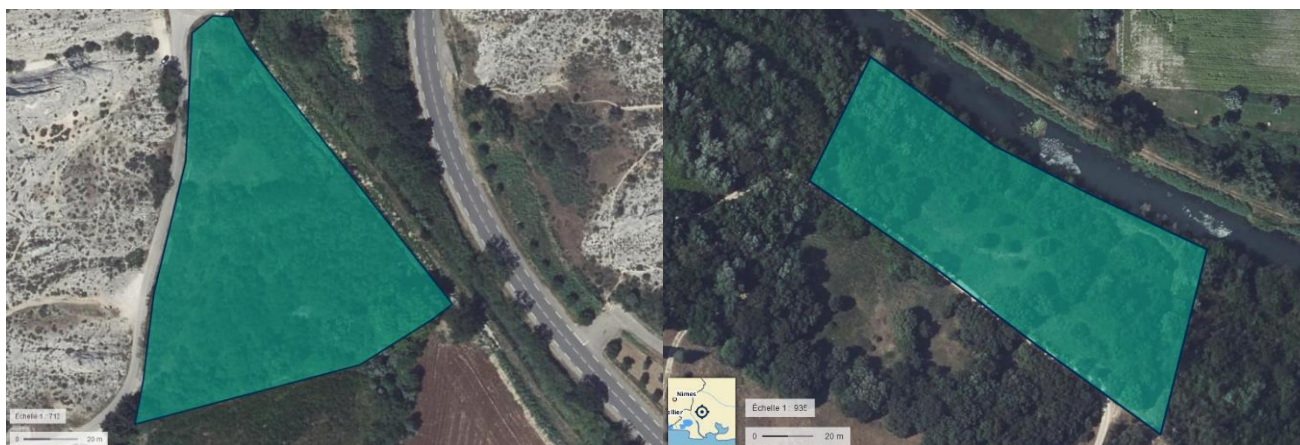


Figure 1 : Vue aérienne du Triangle des pradelles (gauche) et de la prairie de l'Étroit (droite).

## PROTOCOLE DE SUIVI

Pour réaliser le suivi de la population de Diane, la méthode du Capture-Marquage-Recapture (CMR) a été mise en place par A Rocha (Schwartz et al. 2021). Celle-ci consiste à capturer des individus au cours de plusieurs sessions. Chaque individu se voit marqué d'un code unique permettant son identification (Annexe 1), au moyen d'un feutre indélébile. Lorsqu'un individu déjà marqué est recapturé lors d'une session ultérieure, on note alors sa recapture. La recapture se fait soit au filet soit par observation directe à la jumelle.

La CMR permet d'estimer la probabilité de survie et de recapture des individus. Sous certaines conditions, elle permet également 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 imago n'est rencontré (fin avril - début mai). Les deux sites sont inspectés régulièrement à partir de la première semaine de mars. Le protocole débute à partir de la date de détection des premiers imagos. Les deux sites d'étude sont sillonnés selon un cheminement défini, au minimum trois jours par semaine selon les conditions météorologiques. Chaque papillon de Diane rencontré est capturé, à l'aide de filets à papillons, sexé et marqué aux ailes à l'aide de marqueurs indélébiles et selon un code spécifique, permettant de le reconnaître (annexe1), puis relâché. Un numéro lui est alors attribué permettant une identification individuelle lors d'une seconde observation. Par exemple, le troisième papillon attrapé portera la marque aux ailes correspondant au chiffre 3. Chaque événement de capture ou de recapture d'un papillon est répertorié sur la fiche de terrain (Annexe 2) de façon binomiale, un 1 lorsqu'il est capturé/recapturé, un 0 lorsqu'il n'est pas observé au cours d'une session donnée. Si un individu est observé plusieurs fois durant la même session il ne sera alors compté qu'une fois. La météo doit être propice à l'observation des papillons : ensoleillé et peu de vent. Les informations suivantes sont relevées pour chaque session : la date, l'heure de début et de fin de session, la température, le vent (force et direction), la couverture nuageuse, l'observateur ainsi que toute modifications ou remarques sur les conditions météorologiques pendant la journée.

Afin de différencier les individus capturés sur les deux sites on utilise des marqueurs de différentes couleurs. Ceci permet de pouvoir visualiser si des échanges entre les deux sites ont lieu.

## ANALYSE DES DONNEES

Les données récoltées sur le terrain sont saisies puis analysées avec le logiciel Microsoft Excell. Ce traitement permet de réaliser des statistiques descriptives ainsi que des graphiques et de créer les histoires de capture de chaque individu. Les histoires sont créées à l'aide des données de capture et de recaptures : On note 1 pour chaque jour où l'individu a été capturé et 0 lorsqu'il ne l'a pas été.

Pour 12 sessions de captures on peut avoir l'histoire suivante : 111011001111. Ici les 1 correspondent aux sessions où l'individu a été capturé. Les 0 correspondent aux sessions où l'individu n'a pas été capturé.

Les histoires créées permettent de réaliser plusieurs estimations (Taille de la population, probabilité de recapture, survie journalière...), modélisées à l'aide du logiciel Mark (White 2015).

La première étape d'analyse des données consiste à identifier le meilleur modèle de Cormack-Jolly-Seber (CJS) afin d'estimer les probabilités de survie et de recapture. Pour cela, on construit différents modèles permettant de tester diverses hypothèses sur les facteurs affectant ces deux probabilités : effet du sexe, effet du temps, effet du sexe et du temps (effet additif ou en interaction) et absence d'effet. On recherche le meilleur modèle CJS sur la base de l'AICc (le ou les meilleurs modèles sont ceux avec la plus faible AICc. Deux modèles sont considérés comme équivalents si leur AICc diffère de moins de 2 points) (Burnham et Anderson 2004).

Une fois le meilleur modèle CJS identifié, on cherche à estimer la taille de la population. Pour cela on construit les différents modèles POPAN possibles à partir du meilleur modèle CJS (Celik 2012; Schwartz et al.

2021). Les hypothèses testées portent sur la probabilité des individus d’entrer dans la population (équivalent dans notre cas à la probabilité pour une chrysalide présente de faire sa métamorphose) : effet du sexe, du temps, effet du sexe et du temps (additif ou en interaction) et absence d’effet. On détermine le meilleur modèle POPAN sur la base de l’AICc.

## RESULTATS

### PHASE DE TERRAIN

En 2023 nous avons effectué 23 sessions de CMR sur le site du triangle des Pradelles et 24 sur le site de la prairie de l’Etroit. Celles-ci ont permis de capturer respectivement 51 et 81 individus différents entre le 16 mars et 24 avril 2023. La première Diane a été observée le 15 mars sur le site de l’Etroit et le 16 mars sur le site des Pradelles. Le dernier individu a été observé le 11 avril sur le site de l’Etroit et le 21 avril sur le site des Pradelles. Le plus grand nombre d’individus différents capturés a été observé le 4 avril 2023 (n=11) sur le site des Pradelles et le 3 avril 2023 (n=20) sur le site de l’Etroit.

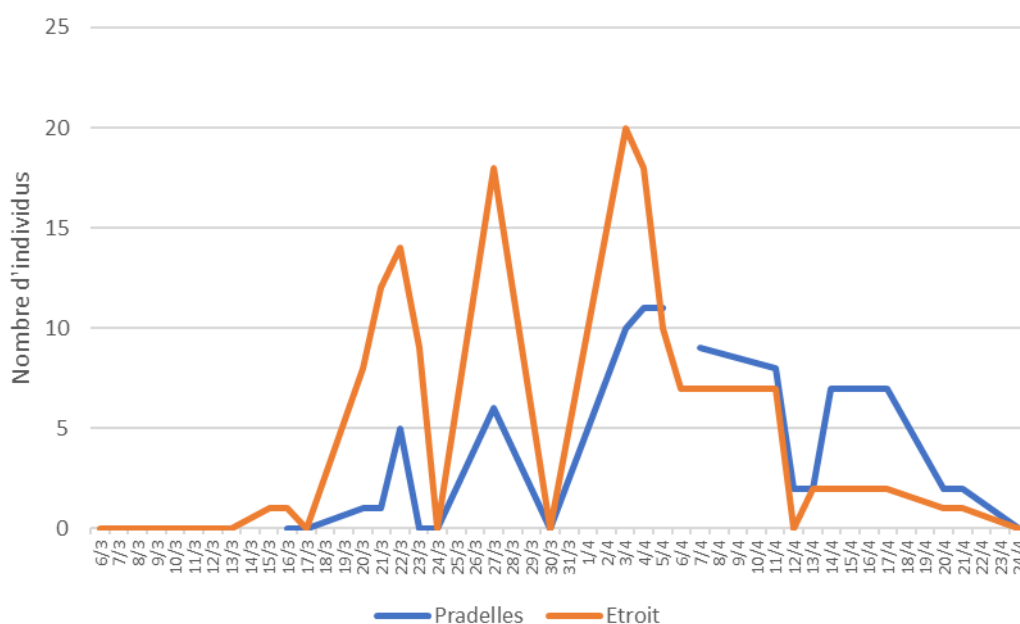


Figure 2 : Nombre total de dianes observé au cours des différentes journées de captures de 2023 au triangle des Pradelles (bleu) et dans la prairie de l’Etroit (orange).

### PARAMETRES DEMOGRAPHIQUES DES DEUX POPULATIONS

#### PRAIRIE DE L’ETROIT

Le meilleur modèle CJS est celui avec une survie constante et une probabilité de recapture variable d’une session à l’autre et différente en fonction des sexes {Phi(.) p(g+t)}. (Tableau 1).

**Tableau 1 : Liste des différents modèles CJS calculés sous MARK pour la population de Dianes de la prairie de l'Étroit en 2023.** Phi : Probabilité de survie ; p= probabilité de capture ; t : effet aléatoire du temps ; tLIN : effet linéaire du temps ; tLIN<sup>2</sup> : effet quadratique du temps ; g : effet du sexe ; « . » : absence d'effet testé (paramètre constant) ; « + » : test d'un effet additif entre deux facteurs ; « \* » : test d'une interaction entre deux facteurs.

Modele	AICc	Delta AICc	AICc Weights	Model Likelihood	Num. Par	deviance
{Phi(.) p(g+t)}	309,02	0,00	0,63	1,00	19,00	90,05
{Phi(g) p(g+t)}	311,79	2,77	0,16	0,25	20,00	90,04
{Phi(.) p(t)}	312,14	3,12	0,13	0,21	18,00	95,90
{Phi(g) p(t)}	313,24	4,22	0,08	0,12	19,00	94,27
{Phi(.) p(g+tLIN)}	319,01	9,99	0,00	0,01	4,00	136,51
{Phi(.) p(g+tLIN <sup>2</sup> )}	319,21	10,19	0,00	0,01	5,00	134,55
{Phi(.) p(tLIN <sup>2</sup> )}	320,75	11,73	0,00	0,00	4,00	138,25
{Phi(.) p(tLIN)}	320,80	11,78	0,00	0,00	3,00	140,43
{Phi(.) p(.)}	331,12	22,10	0,00	0,00	2,00	152,84
{Phi(.) p(g)}	332,63	23,62	0,00	0,00	3,00	152,26
{Phi(g) p(.)}	332,93	23,92	0,00	0,00	3,00	152,56
{Phi(g) p(g)}	334,73	25,71	0,00	0,00	4,00	152,23
{Phi(g+t) p(.)}	336,71	27,70	0,00	0,00	19,00	117,74
{Phi(g+t) p(g)}	339,47	30,45	0,00	0,00	20,00	117,72
{Phi(t) p(.)}	339,96	30,94	0,00	0,00	18,00	123,72
{Phi(t) p(g)}	341,67	32,65	0,00	0,00	19,00	122,70
{Phi(g+t) p(t)}	350,24	41,22	0,00	0,00	34,00	83,52
{Phi(t) p(g+t)}	350,93	41,91	0,00	0,00	34,00	84,21
{Phi(t) p(t)}	351,52	42,50	0,00	0,00	33,00	88,44
{Phi(g+t) p(g+t)}	353,48	44,46	0,00	0,00	35,00	83,04
{Phi(.) p(g*t)}	357,48	48,46	0,00	0,00	35,00	87,05
{Phi(g) p(g*t)}	361,27	52,25	0,00	0,00	36,00	87,04
{Phi(g*t) p(.)}	387,44	78,42	0,00	0,00	35,00	117,00
{Phi(g*t) p(g)}	391,15	82,13	0,00	0,00	36,00	116,92
{Phi(t) p(g*t)}	412,58	103,56	0,00	0,00	49,00	80,63
{Phi(g*t) p(t)}	413,75	104,73	0,00	0,00	49,00	81,81
{Phi(g*t) p(g+t)}	416,68	107,66	0,00	0,00	50,00	79,53
{Phi(g+t) p(g*t)}	417,66	108,64	0,00	0,00	50,00	80,51
{Phi(g*t) p(g*t)}	520,44	211,42	0,00	0,00	66,00	78,20

A partir de ce modèle, on peut déterminer la probabilité de survie journalière de chaque individu. Celle-ci est estimée à : 0.91 avec un intervalle de confiance à 95% [0.83;0.95].

A partir du meilleur modèle avec une probabilité de recapture constante ({Phi(.)p(.)}), on estime la probabilité de recapture journalière moyenne à 0.24, 95% CI [0.17;0.32].

Le meilleur modèle POPAN est celui avec une probabilité d'entrer dans la population qui évolue de façon quadratique en fonction du temps, et avec une taille d'effectifs qui diffère entre mâles et femelles : {Phi(.) p(g+t) pent(tLIN<sup>2</sup>) N(g)} (Tableau 2). (NB : même si son AICc est plus faible, {Phi(.) p(g+t) pent(g+tLIN<sup>2</sup>) N(g)} présente des problèmes de convergence dans l'estimation des paramètres du modèle et n'a donc pas été retenu)

Celui-ci nous donne une population estimée à **194** individus, avec un intervalle de confiance à 95% [115 ;300], composée d'environ :

- 32 Femelles (intervalle de confiance à 95% [12 ;54])
- 162 Males (intervalle de confiance à 95% [103 ;246])

**Tableau 2 : Listes des différents modèles POPAN calculés sous MARK à l'aide du meilleur modèle CJS pour la population de Diances de la prairie de l'Étroit en 2023.** Phi : probabilité de survie ; p= probabilité de capture ; pent : probabilité d'entrer dans la population ; N : effectif initial de la population ; t : effet aléatoire du temps ; tLIN : effet linéaire du temps ; tLIN<sup>2</sup> : effet quadratique du temps ; g : effet du sexe ; « . » : absence d'effet testé (paramètre constant) ; « + » : test d'un effet additif entre deux facteurs ; « \* » : test d'une interaction entre deux facteurs.

Model	AICc	Delta AICc	AICc Weights	Model Likelih	Num. Par	Deviance
{Phi(.) p(g+t) pent(g+tLIN <sup>2</sup> ) N(g)}	418,9146	0	0,9847	1	26	-152,4242
{Phi(.) p(g+t) pent(tLIN <sup>2</sup> ) N(g)}	427,5453	8,6307	0,01316	0,0134	25	-140,709
{Phi(.) p(g+t) pent(g+tLIN) N(g)}	431,223	12,3084	0,00209	0,0021	25	-137,0314
{Phi(.) p(g+t) pent(g) N(g)}	439,249	20,3344	0,00004	0	24	-125,9775
{Phi(.) p(g+t) pent(g) N(.)}	441,0757	22,1611	0,00002	0	23	-121,178
{Phi(.) p(g+t) pent(tLIN) N(g)}	457,4293	38,5147	0	0	24	-107,7971
{Phi(.) p(g+t) pent(g+t) N(.)}	457,9585	39,0439	0	0	39	-159,4503
{Phi(.) p(g+t) pent(g+t) N(g)}	458,7119	39,7973	0	0	40	-162,7742
{Phi(.) p(g+t) pent(.) N(g)}	461,9863	43,0717	0	0	23	-100,2673
{Phi(.) p(g+t) pent(t) N(g)}	467,732	48,8174	0	0	39	-149,6769
{Phi(.) p(g+t) pent(t) N(.)}	468,3689	49,4543	0	0	38	-145,0484
{Phi(.) p(g+t) pent(.) N(.)}	471,3355	52,4209	0	0	22	-87,9989
{Phi(.) p(g+t) pent(g*t) N(.)}	533,0379	114,1233	0	0	55	-162,1538
{Phi(.) p(g+t) pent(g*t) N(g)}	535,4144	116,4998	0	0	56	-165,7121

#### TRIANGLE DES PRADELLES

Sur le site de Pradelles, le meilleur modèle CJS est celui avec une survie et une probabilité de recapture constantes {Phi(.) p(.)} (Tableau 3). Il nous permet d'estimer la probabilité de survie journalière ainsi que la probabilité de recapture d'un individu :

- Probabilité de survie journalière moyenne d'un individu : 0.78, 95% CI [0.70;0.85]
- Probabilité de recapture moyenne d'un individu : 0.37, 95% CI [0.24 ;0.51]

Le meilleur modèle POPAN est celui avec une probabilité d'entrer dans la population qui évolue de façon quadratique en fonction du temps et du sexe {Phi(.) p(.) pent(g\*tLIN<sup>2</sup>) N(.)} (Tableau 4). Il est cependant équivalent avec deux autres modèles (Tableau 4). Par model-averaging on estime la taille de population à **83** individus, avec un intervalle de confiance à 95% [55 ;111], composée d'environ :

- 27 Femelles (IC à 95% [16 ;38])
- 56 Mâles (IC à 95% [39 ;73])



**Tableau 3 : Liste des différents modèles CJS calculés sous MARK pour la population de Dianes du triangle des Pradelles en 2023.** Phi : Probabilité de survie ; p= probabilité de capture ; t : effet aléatoire du temps ; tLIN : effet linéaire du temps ; tLIN<sup>2</sup> : effet quadratique du temps ; g : effet du sexe ; « . » : absence d'effet testé (paramètre constant) ; « + » : test d'un effet additif entre deux facteurs ; « \* » : test d'une interaction entre deux facteurs.

Model	AICc	Delta AICc	AICc Weights	Model Likelih	Num. Par	Deviance
{Phi(.) p(.)}	175,3391	0	0,29589	1	2	95,5916
{Phi(g) p(.)}	176,7952	1,4561	0,14287	0,4828	3	94,8899
{Phi(g) p(tLIN)}	176,8824	1,5433	0,13677	0,4622	4	92,7624
{phi(tLIN) p(.)}	176,8985	1,5594	0,13568	0,4585	3	94,9931
{Phi(.) p(g)}	177,3944	2,0553	0,10588	0,3578	3	95,489
{Phi(g) p(g)}	178,9691	3,63	0,04818	0,1628	4	94,8491
{phi(tLIN <sup>2</sup> ) p(.)}	179,0868	3,7477	0,04543	0,1535	4	94,9668
{Phi(g) p(g+tLIN)}	179,1452	3,8061	0,04412	0,1491	5	92,7515
{Phi(g) p(tLIN <sup>2</sup> )}	179,1561	3,817	0,04388	0,1483	5	92,7624
{Phi(.) p(t) PIM}	187,1344	11,7953	0,00081	0,0027	18	64,5084
{Phi(g) p(t)}	189,5511	14,212	0,00024	0,0008	19	63,4984
{Phi(.) p(g+t)}	190,2782	14,9391	0,00017	0,0006	19	64,2254
{Phi(g) p(g+t)}	192,51	17,1709	0,00006	0,0002	20	62,9163
{Phi(g+t) p(g)}	195,515	20,1759	0,00001	0	15	82,5367
{Phi(g+t) p(g+t)}	203,8632	28,5241	0	0	26	50,2695
{Phi(t) p(g+t)}	204,1235	28,7844	0	0	26	50,5298
{Phi(t) p(g)}	205,237	29,8979	0	0	18	82,611
{Phi(t) p(.)}	205,6329	30,2938	0	0	18	83,007
{Phi(g+t) p(.)}	209,042	33,7029	0	0	19	82,9892
{Phi(t) p(t)}	209,4909	34,1518	0	0	27	51,3689
{Phi(g) p(t)}	218,7928	43,4537	0	0	19	92,7401
{Phi(g) p(g+tLIN)}	218,8042	43,4651	0	0	19	92,7515
{Phi(g) p(tLIN <sup>2</sup> )}	218,8151	43,476	0	0	19	92,7624
{Phi(g+t) p(t)}	219,0996	43,7605	0	0	29	51,3883
{Phi(g*t) p(.)}	232,2236	56,8845	0	0	28	69,3991
{Phi(.) p(g*t)}	233,3534	58,0143	0	0	32	49,7597
{Phi(g*t) p(g)}	241,4929	66,1538	0	0	30	68,6992
{Phi(g) p(g*t)}	244,8688	69,5297	0	0	34	49,536
{Phi(g*t) p(t)}	292,5571	117,218	0	0	42	37,9107
{Phi(g*t) p(g+t)}	301,752	126,4129	0	0	43	37,888
{Phi(t) p(g*t)}	373,1255	197,7864	0	0	49	41,4672
{Phi(g+t) p(g*t)}	387,0602	211,7211	0	0	50	41,4665
{Phi(g*t) p(g*t)}	812,0999	636,7608	0	0	65	34,5062

**Tableau 4 : Listes des différents modèles POPAN calculés sous MARK à l'aide du meilleur modèle CJS pour la population de Dianes du triangle des Pradelles en 2023.** Phi : probabilité de survie ; p= probabilité de capture ; pent : probabilité d'entrer dans la population ; N : effectif initial de la population ; tLIN<sup>2</sup> : effet quadratique du temps ; g : effet du sexe ; « . » : absence d'effet testé (paramètre constant) ; « \* » : test d'une interaction entre deux facteurs.

Model	AICc	Delta AICc	AICc Weights	Model Likelihood	Num. Par	Deviance
phi(.) p(.) pent(g*tLIN <sup>2</sup> ) N(.)	329.9811	0	0.39629	1	6	18.5302
phi(.) p(.) pent(tLIN <sup>2</sup> ) N(g)	330.0761	0.095	0.3779	0.9536	6	18.6252
phi(.) p(.) pent(tLIN <sup>2</sup> ) N(.)	331.106	1.1249	0.22581	0.5698	5	21.9811

## DISCUSSION

### EVALUATION DU PROTOCOLE

Nous souhaitons vérifier l'effet éventuel de la durée d'une session sur le nombre d'individus observés, et ce afin de pouvoir évaluer la fiabilité du protocole et adapter sa mise en œuvre future si besoin. Cependant, après vérification, nous avons constaté des erreurs dans les relevés des durées de sessions sur les fiches terrain en 2023. Il sera donc important pour les prochaines années de bien noter cette information sur les fiches de terrains. De plus, aucun individu n'a été détecté sur chacun des sites au cours de deux à trois sessions (24/03, 30/03 et 12/04) (Figure 2) alors que plusieurs individus ont été observés avant et après ces dates : il s'agit pour chacun de ces trois cas de journées avec une météo particulièrement nuageuse (cf. Annexe 2). Il sera utile de tester l'effet éventuel des conditions environnementales sur la détection des individus.

### VARIABILITE DE LA SURVIE APPARENTE ET DE LA PROBABILITE DE RECAPTURE

On observe une probabilité de survie journalière significativement différente entre les deux sites : 0.91 [0.83;0.95] pour le site de la prairie de l'étroit contre 0.78 [0.70;0.85] sur le site des Pradelles, soit une différence de 13%. Cependant, la probabilité de survie calculée est la survie apparente. Elle intègre à la fois la mortalité réelle des individus ainsi que la dispersion possible des individus c'est-à-dire la possibilité que des individus migrent vers une autre zone. Ainsi cette différence pourrait s'expliquer par une plus grande émigration des individus sur le site des Pradelles par rapport à la prairie de l'étroit. L'hétérogénéité d'un site peut aussi favoriser les prédateurs et donc affecter la survie des individus. On note que le site de l'étroit est plus ouvert que celui des Pradelles et qu'il offre ainsi moins d'habitats favorables aux prédateurs que les Pradelles, ce qui pourrait expliquer en partie la survie apparente plus faible observée sur ce site.

La probabilité de recapture est également significativement différente entre les deux sites, s'élevant à 0.24 [0.17;0.32] pour la prairie de l'étroit et à 0.37 [0.24 ;0.51] pour les Pradelles. Ces chiffres sont assez faibles mais l'on peut formuler plusieurs hypothèses pouvant expliquer cette différence. Premièrement la taille du site peut influencer la recapture. Il sera plus difficile de recapter le même individu sur un large territoire. Enfin d'autres sites favorables et populations peuvent exister à proximité du site d'étude et donc favoriser la dispersion temporaire des individus, réduisant d'autant la probabilité de les recapter d'une session à l'autre. Le site des Pradelles est relativement isolé, étant bordé d'un côté par la route et un milieu défavorable (la garrigue), et par un canal bordé d'un canier et d'une route de l'autre côté. Ces éléments semblent peu favorables à une dispersion des individus. Au contraire, le site de l'étroit est entouré par plusieurs milieux potentiellement favorables au sud, à l'est et à l'ouest (prairies humides avec présence potentielle d'aristoloches). Il serait intéressant de prospecter les alentours des sites au cours des prochaines années pour savoir ce qu'il en est.

### PHENOLOGIE DE LA PERIODE DE VOL DES DIANES

Nous avons observé des dates similaires entre les sites pour l'observation du premier individu (15 et 16 mars) mais différentes pour le dernier individu (11 et 21 avril). Ceci pose question quant à une éventuelle différence de phénologie entre les deux populations. Cependant, le pic d'abondance observé pour la population est le même sur les deux sites (3 et 4 avril 2023). De plus, l'apparition de nouveaux individus suit la même tendance dans les deux populations (Figure 3). Toutefois, on ne note plus aucun nouvel individu à l'étroit après le 13 avril alors qu'on en observe aux Pradelles jusqu'au 21 avril. On peut en déduire que la phénologie des émergences est globalement identique sur les deux sites, mais qu'elle s'est prolongée une semaine de plus aux Pradelles, permettant l'observation d'individus sur une plus longue durée sur ce site.

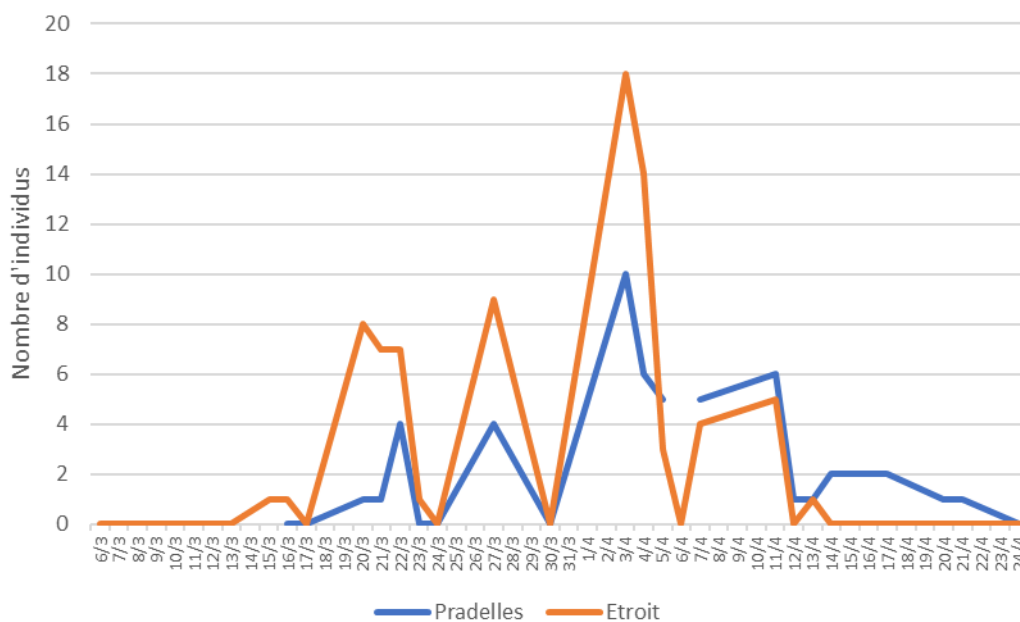


Figure 3 : Nombres de nouveaux individus de diane observés au cours des différentes journées de captures de 2023 au triangle des Pradelles (bleu) et dans la prairie de l'Étroit (orange).

#### COMPARAISON ET EVOLUTION DES EFFECTIFS

En regardant la taille des effectifs entre les deux sites, on se rend compte qu'il y a une différence significative de plus de 110 individus entre les deux sites, avec une population à l'Étroit plus de deux fois plus grande qu'aux Pradelles (194 [115 ;300] contre 83 [55 ;111]). Cette différence peut être expliquée par différents facteurs. La prairie de l'étréit mesure environ 0,8 hectare tout comme le triangle de Pradelle. Cependant elle se trouve à proximité d'une prairie similaire en végétation et en surface, même si la présence de plante hôte n'y a pas été recherchée. Cela signifie que la population de Diane utilise probablement une surface plus grande que celle qui est prospectée, ce qui doit se traduire par un effectif supérieur et une probabilité de recapture plus faible, comme observé ici. Cependant, sur les deux sites suivis, une partie des zones n'est pas utilisable de par leur boisement ou l'absence de plantes hôtes. Si l'on compare alors les surfaces dites « utiles », on se retrouve avec une surface de 0,5 hectare pour la Prairie de l'étréit et 0,3 hectare pour les Pradelles. Si l'on calcule la densité de population (taille de population/surface) sur les deux sites on obtient respectivement :

Prairie de l'étréit : environ 388 [230 ;600] individus par hectare

Triangle des Pradelles : environ 277 [183 ;370] individus par hectare

On se rend compte que l'écart entre les deux est similaire (environ 110 individus) mais n'est plus significatif (chevauchement des intervalles de confiance avec les estimations). Et cela bien que la surface utile de la prairie de l'étréit représente presque le double de celle des Pradelles. On peut donc en déduire que la différence de taille des populations observée est probablement liée à la surface des sites couverte par la plante hôte de la Diane : l'aristoloche.

Si l'on compare les effectifs capturés cette année sur le site de la Prairie de l'étréot avec ceux des années précédentes, on se rend compte que l'on est dans la moyenne et qu'il n'y a pas de phénomène de croissance ou de déclin de la population.

**Tableau 5 : récapitulatif des effectifs capturés sur le site de la Prairie de l'étréot depuis 2018**

Année	2018	2019	2020	2021	2022	2023		Moyenne
total individus	120	58	70	83	93	81		84
M	64	22	30	62	57	69		51
F	51	30	38	21	36	12		31

Pour le site des Pradelles, les données ne sont disponibles que depuis 2021 mais l'on peut constater que cette année est celle avec le plus grand nombre de captures. Une tendance à la croissance semble donc se dessiner. Il sera intéressant de suivre cette évolution sur les prochaines années.

**Tableau 6 : récapitulatif des effectifs capturés sur le site des Pradelles depuis 2021**

Année	2021	2022	2023
total attrapé	33	45	52
M	25	28	37
F	8	17	15

Une analyse statistique des données de CMR des années précédentes est cependant nécessaire afin de pouvoir connaître les tendances réelles des populations sur ces deux sites.

Les Tableaux 5 et 6 montrent que la proportion de femelles est presque systématiquement inférieure à celle des mâles. Ce phénomène peut être expliqué par différentes variations comportementales entre le male et la femelle *Zerynthia polyxena*. Il est décrit par Celik (2012) que les mâles sont plus territoriaux que les femelles. De ce fait ils parcourent moins de distances que les femelles afin de protéger leurs territoires. Les femelles, elles, se déplacent pour chercher les mâles afin de se reproduire. Elles parcourent donc plus de distances et font des vols plus longs. De ce fait, les femelles sont plus difficiles à recapturer. De plus les mâles ont tendance à faire des petits vols réguliers pour contrôler leurs territoires ce qui les rends plus visibles que les femelles. La plus grande proportion de mâles attrapés est donc probablement liée à ce comportement qui facilité le repérage et la capture par le prospecteur.

## BIBLIOGRAPHIE

- Burnham, Kenneth P., et David R. Anderson. 2004. « Multimodel Inference: Understanding AIC and BIC in Model Selection ». *Sociological Methods & Research* 33 (2): 261-304. <https://doi.org/10.1177/0049124104268644>.
- 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>.
- Schwartz, Timothée, Emily Wallace, Hélène Cigolini, Pauline Mariotti, et Gauthier Delmas. 2021. « Suivi de la population de la Diane et evaluation preliminaire de l'effet de la fauche tardive sur les aristoloches ». A Rocha France. <https://rgdoi.net/10.13140/RG.2.2.32557.15846>.
- White, Gary C. 2015. « Program MARK - Mark and Recapture Parameter Estimation ». Colorado State University: Department of Fish, Wildlife and Conservation Biology.

ANNEXE 1 : CODE POUR LE MARQUAGE DE DIANES



## ANNEXE 2 : DESCRIPTION DES DIFFERENTES SESSIONS DE CMR REALISEES

### Triangle des Pradelles

Sessions	Date	Heure début	Heure fin	T (°C)	Nuages (%)	Vent force (km/h)	Vent direction	Observateur (s)	Remarques / évolution du temps
A	16/03/2023	?	?	18	0	15	N	TS/FM/CL/AF	1 diane non marqué
B	17/03/2023	15:37	15:50	17	80	30	N	AF/FM	
C	20/03/2023	12:18	12:37	17	5	45	S	AF/CL/FM	
D	21/03/2023	12:06	12:18	17	90	5	N/E	AF/CL/FM	
E	22/03/2023	15:34	16:14	19	0	15	N/E	AF/CL	
F	23/03/2023	13:39	13:52	18	95	15	N	AF/CL	
G	24/03/2023	15:37	15:47	18	100	5	E	AF/CL	
H	27/03/2023	15:30	15:57	15	10	60	S	AF/CL	
I	30/03/2023	11:31	11:40	17	100	10	N/E	AF/CL	
J	03/04/2023	16:06	16:34	17	0	60	S	GG/AF/CL	
K	04/04/2023	16:02	16:43	15	30	20	S	GG/CL	
L	05/04/2023	15:32	16:15	15	0	30	S	GG/AF	
M	07/04/2023	11:35	12:07	15	3	10	S	GG/AF	
N	11/04/2023	13:25	13:57	19	90	20	S/E	AF/GG/FM/AM	
O	12/04/2023	14:23	14:43	19	100	6	N	GG/AM/FM/AF/MG	
P	13/04/2023	10:48	11:06	13	5	45	S/E	GG/CL	
Q	14/04/2023	15:03	15:46	16	50	15	S/E	AF/AM/FM	
R	17/04/2023	14:24	14:48	18	5	25	S	AF/AM/FM	
S	20/04/2023	14:04	14:21	20	0	15	S	AF/AM/FM	
T	21/04/2023	14:43	15:19	19	95	30	N	AF/AM/FM	
U	24/04/2023	14:44	15:00	21	70	20	N/E	AF/AM/GG/FM	

### Prairie de l'étroit

Sessions	Date	Heure début	Heure fin	T (°C)	Nuages (%)	Vent force (km/h)	Vent direction	Observateur (s)	Remarques / évolution du temps
A	06/03/2023	?	?	?	?	?	?	TS	
B	13/03/2023	14:32	14:55	18	30	30	?	TS/AF/CL/FM	
C	15/03/2023	?	?	16	60	20	?	AF/MF	
D	16/03/2023	?	?	18	0	20	N	TS/AF/CL/FM	
E	17/03/2023	15:08	15:22	17	80	30	N	AF/JC/FM	
F	20/03/2023	11:10	12:04	15	5	45	S	AF/CL/FM	
G	21/03/2023	10:56	11:54	14	90	5	NE	AF/CL/FM	
H	22/03/2023	14:32	15:31	19	0	10	NE	AF/CL/FM	
I	23/03/2023	14:00	14:33	18	80	15	N	CL/FM	
J	24/03/2023	15:13	15:26	18	100	5	E	AF/CL/FM	
K	27/03/2023	11:58	12:58	14	10	55	S	AF/CL	
L	30/03/2023	11:53	12:03	17	100	10	NO	AF/CL	
M	03/04/2023	14:39	15:43	17	0	60	S	GG/AF/CL	
N	04/04/2023	14:44	15:40	14	30	20	S	GG/CL	
O	05/04/2023	14:30	15:16	15	0	20	S	GG/AF	
P	06/04/2023	10:17	11:05	13	25	5	O	TS+GROUPE 1	
Q	07/04/2023	10:50	11:21	15	5	10	S	GG/AF	
R	11/04/2023	14:12	14:43	20	90	15	SE	GG/FM/AM	
S	12/04/2023	15:00	15:16	20	100	7	NO	GG/FM/AM/MG/AF	
T	13/04/2023	11:16	11:34	14	5	45	SE	GG/CL	
U	14/04/2023	14:32	14:50	16	60	10	SE	AF/AM/FM	
V	17/04/2023	13:53	14:06	18	10	25	SE	AF/AM/FM	
W	20/04/2023	15:28	15:45	21	5	25	N	AF/AM/FM	
X	21/04/2023	15:33	15:50	19	90	30	N	AF/AM/FM	
Y	24/04/2023	15:28	15:41	20	90	20	NE	AF/AM/GG/FM	