



## **Dynamique des populations de la processionnaire du pin et extension de son aire de colonisation de 1981 à 2004 en France**

*Laurence Bouhot-Delduc, DSF échelon central (Paris)*

*The evolution of the pine processionary caterpillar was shown to be tightly tied to climatic variations : it needs warmth, but not too much in summer and sunlight and it has to avoid frosts. This relation has been observed since 1980-81, when the Pine processionary caterpillar network was set. Nine great areas were defined to lay emphasis on the relation between the caterpillar extension and climate.*

*Corsica and the Mediterranean shore are too warm during summer and the middle of France too cloudy and too cold during winter to allow the caterpillar to climax. In fact, the best climatic conditions are found in the area under Mediterranean conditions away from the shore and in the Landes.*

*Moreover, this study shows the extension of the pine processionary caterpillar to the North, probably due to global warming.*

L'action primordiale des facteurs climatiques sur la biologie de la processionnaire du pin, et notamment celle des températures minimales de janvier et de l'insolation annuelle, a été clairement établie par G. Démolin, qui a suggéré dès les années 1960 que les gradations<sup>1</sup> de ce ravageur étaient en priorité liées au climat (Démolin, 1969 et 1987). Le réseau de surveillance de la processionnaire du pin existant sous sa forme actuelle depuis l'hiver 1980-81, il permet de vérifier que les fluctuations d'abondance suivent effectivement les variations climatiques. Les résultats présentés ici constituent une simple actualisation de ceux déjà présentés de façon plus détaillée sur la dynamique des populations de la processionnaire du pin (Démolin *et al.*, 1998) et sur l'extension de son aire de colonisation (Démolin *et al.*, 1996).

Neuf grandes zones relativement homogènes du point de vue bioclimatique pour ce ravageur ont été retenues, en faisant le choix par commodité d'affecter la totalité d'un département à une zone (cf. annexe 1 et annexe 2).

Ces neuf grandes « zones isoclimatiques » ont été déterminées à partir de paramètres climatiques auxquels la processionnaire du pin est particulièrement sensible, et de l'homogénéité des courbes de population observées au sein de ces zones. Les variables climatiques présentées dans l'annexe 2 ne décrivent qu'imparfaitement le climat des différentes zones car elles correspondent à des moyennes. Les accidents climatiques tels que les chutes brutales de température en automne, des froids hivernaux particulièrement rigoureux ou les canicules estivales inhabituelles, qui sont très importants pour expliquer la dynamique des populations de cet insecte, ne figurent pas dans ce tableau.

<sup>1</sup> « Gradation : dénomination générale donnée au phénomène selon lequel certains insectes présentent, de façon plus ou moins régulière, des alternatives de pullulation intense, et de latence. Un cycle de gradation comporte : progradation (élévation progressive du niveau des populations), culmination, rétrogradation, latence. » (Schvester, 1985)



La dynamique des populations de la processionnaire du pin apparaît très différente dans ces neuf grandes zones, avec un nombre très variable d'années de culmination et de latence selon que le climat est plus ou moins favorable au ravageur, et des pics de gradation parfois fortement décalés d'une zone à l'autre (cf. annexe 1) :

- Le littoral méditerranéen et la Corse, quoique favorables à la processionnaire, ne présentent pas un climat optimal pour ce défoliateur, du fait des très fortes chaleurs estivales. L'insecte s'est adapté par une sortie tardive des papillons et réalise ainsi la totalité de son développement larvaire sur la période la plus froide, ce qui est possible grâce aux températures hivernales clémentes (moyenne des températures minimales de janvier supérieure à 1°C, moins de 35 jours de gel par an) et au très bon ensoleillement (plus de 2 300 heures par an, et plus de 3 kWh/m<sup>2</sup>/J d'irradiation solaire quotidienne en octobre). La processionnaire du pin échappe également aux fortes chaleurs par une montée en altitude d'une partie des populations (Démolin, 1969), mais celles-ci sont alors gênées par les gels hivernaux d'où l'apparition de cycles pluriannuels avec diapause « renforcée » en Corse (Géri, 1983). Le nombre d'années de latence est minimal sur le littoral méditerranéen car les froids intenses sont très rares en dehors de la zone montagnaise.
- La zone sous influence méditerranéenne apparaît comme la plus favorable à la processionnaire car elle est suffisamment ensoleillée pour compenser les froids hivernaux (1 900 à 2 800 heures de soleil par an, et 2,3 à 3,0 kWh/m<sup>2</sup>/J d'irradiation solaire quotidienne en octobre), sans être aussi chaude en été que le littoral méditerranéen. Le nombre d'années de culmination y est maximal et le nombre d'années de latence très faible.
- Les trois zones définies dans le Sud-Ouest (Pyrénées et leur Piémont, Landes et zone allant du Tarn-et-Garonne à la Vendée) présentent un climat intermédiaire pour la processionnaire du pin, les Landes étant le secteur du Sud-Ouest le plus propice au développement de ce ravageur (ensoleillement annuel de 1 900 à 2 200 heures, 2,8 à 2,9 kWh/m<sup>2</sup>/J d'irradiation solaire quotidienne en octobre et moyenne des températures minimales de janvier supérieure à 1,5°C).
- La Bretagne et l'Anjou constituent une zone de front, où la colonisation de la processionnaire est limitée au Nord par l'ensoleillement insuffisant (seulement 1 800 à 2 000 heures par an), mais où les températures très clémentes de la mauvaise saison sont favorables au développement du défoliateur (moyenne des températures minimales de janvier supérieure à 1,5°C, et moins de 45 jours de gel par an).
- La zone allant du Bassin parisien au seuil du Poitou est également une zone de front où le développement du ravageur est entravé à la fois par l'ensoleillement insuffisant au Nord (seulement 1 800 à 2 000 heures par an), et par la rigueur des froids automnaux et hivernaux (40 à 70 jours de gel par an). Les adultes émergent au tout début de l'été, ce qui permet aux chenilles de passer l'hiver à un stade avancé et donc de mieux résister au gel par effet de masse (Démolin *et al.*, 1998). Le nombre d'années de latence est maximal, des descentes brutales de température en automne pouvant engendrer des mortalités massives de chenilles avant qu'elles aient tissé leur nid définitif. Dans certains secteurs de colonisation récente, il est possible que le cycle biologique de l'insecte soit encore imparfaitement calé sur les conditions bioclimatiques locales.
- La zone continentale et montagnarde constitue la troisième zone de front, avec limitation de l'établissement de la processionnaire par l'ensoleillement insuffisant au Nord (seulement 1 700 à 2 100 heures par an) et par la rigueur de la mauvaise saison (températures minimales de janvier nulles ou négatives). Le nombre d'années de latence est moindre que dans la zone précédente, les froids plus réguliers et rigoureux (50 jours de gel au minimum) ayant peut-être permis un meilleur calage du cycle biologique de la processionnaire (qui remonte en outre moins au Nord dans cette zone). Dans la moitié Nord de la France, la limite du front présente en effet une orientation Nord-Ouest / Sud-Est, du fait que les froids hivernaux (et donc l'ensoleillement nécessaire pour les compenser) augmentent selon un gradient Ouest / Est. Le relief du Massif central, climatiquement défavorable à la processionnaire du pin, a constitué



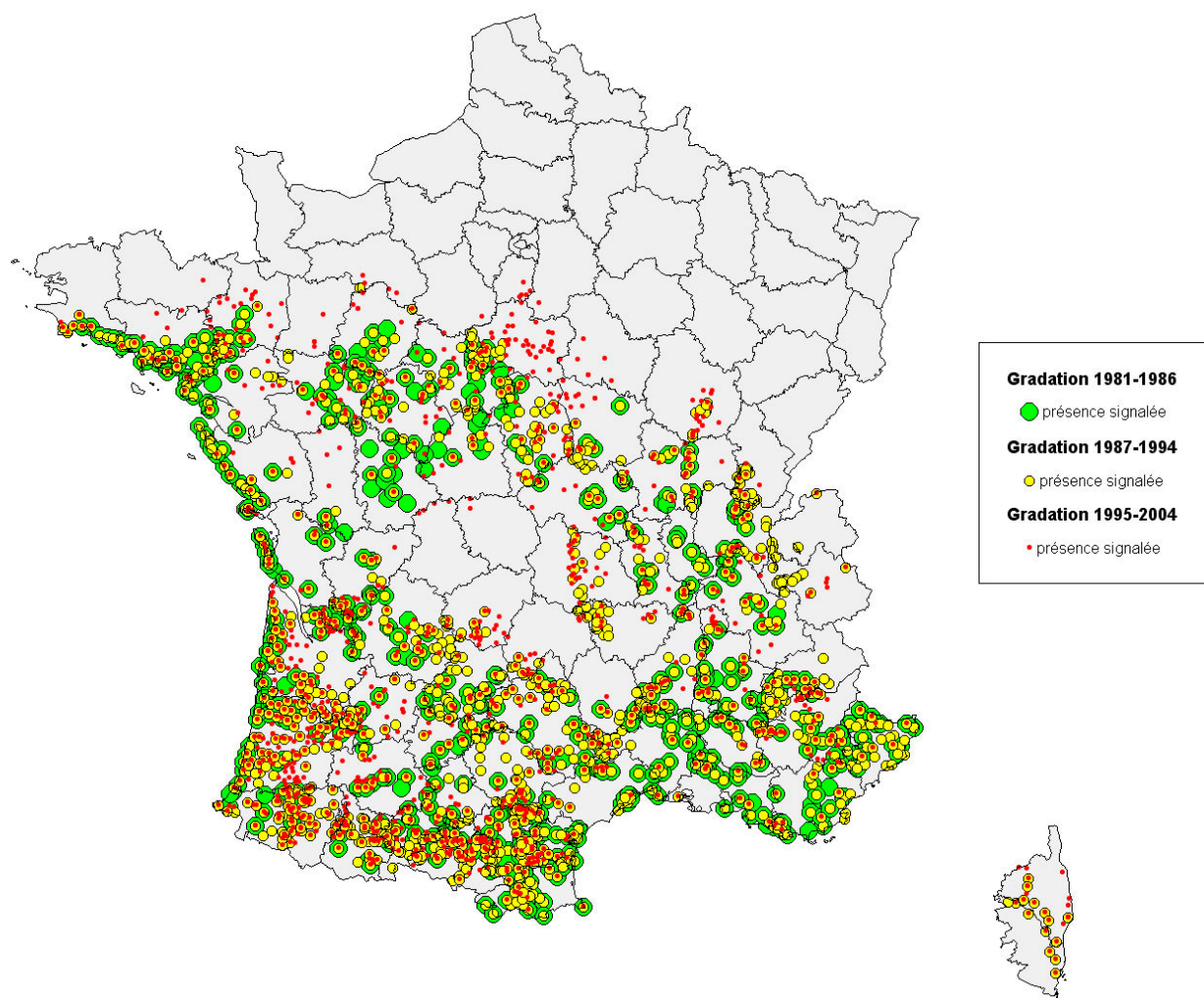
une véritable barrière pour la colonisation du Nord de la France par cet insecte : des recherches récentes montrent ainsi que les populations françaises les plus distantes sur le plan génétique sont celles du Loiret (zone d'expansion Nord-Ouest par la vallée de la Loire) et de la Côte-d'Or (zone d'expansion Nord-Est par la vallée du Rhône), alors qu'elles ne sont pourtant distantes que d'environ 250 km à vol d'oiseau (Rousselet *et al.*, 2005).

Les observations réalisées depuis 1981 par les notateurs du réseau processionnaire du pin, et depuis 1989 par les correspondants-observateurs du Département de la santé des forêts (fig. 1), montrent en outre que, dans les trois zones septentrionales, l'aire de la processionnaire a nettement progressé vers le Nord entre les trois dernières gradations (1981–1986 ; 1987–1994 ; 1995–2004, non encore achevée). Cette progression territoriale est par exemple très sensible en Sologne, dans l'Orléanais, le Gâtinais et la Beauce (voir aussi Géri *et al.*, 1996), et depuis 2001–02 jusque dans le Pays des Yvelines et de Fontainebleau. Une progression en altitude est également visible dans les Pyrénées (voir aussi Montoya, 1995, pour les Pyrénées espagnoles), et surtout dans les vallées favorables du Massif central (notamment hautes vallées de la Loire et de l'Allier, voir Démolin *et al.*, 1996), dans le sud-ouest du Jura et dans les Alpes (voir aussi Benigni et Battisti, 1999, pour les Alpes italiennes).

Cette progression de la processionnaire vers le nord et en altitude est encore plus nette si l'on se reporte à des observations réalisées dans le passé. Biliotti indiquait ainsi en 1961 : « Schématiquement la limite Nord de l'aire de répartition de l'espèce est le 48° parallèle. Les derniers foyers permanents sont, à l'Ouest, le Golfe du Morbihan, à l'Est les Monts du Lyonnais et la région d'Annecy avec des pullulations occasionnelles jusque dans la région de Dijon. En altitude, la limite supérieure des attaques est de 700 mètres dans les Monts du Lyonnais, 1 100 mètres environ au Mont Ventoux, 1 450 mètres dans les Alpes-Maritimes et 1 600 mètres en Corse ».

Dans les zones nouvellement colonisées, les nids sont très rares les premières années, puis leur nombre augmente lorsque les populations sont bien établies. Des défoliations parfois importantes peuvent alors être observées, malgré le cortège d'auxiliaires qui suit la processionnaire dans sa progression et contribue avec le climat à en limiter les populations.





**Fig. 1 : Extension de l'aire colonisée par la processionnaire du pin en France de 1981 à 2004**  
**Area colonized by the pine processionary caterpillar in France from 1981 to 2004.**

Cette extension de l'aire de la processionnaire du pin peut s'expliquer par l'augmentation du nombre d'automnes et d'hivers doux sous l'action possible du réchauffement climatique (Démolin *et al.*, 1996 ; Marçais *et al.*, 2000; Lebourgeois *et al.*, 2001). Lors de la culmination d'une gradation, ce défoliateur atteint en effet sa limite latitudinale et altitudinale (expansion territoriale maximale en 1985 et 1992 par exemple), puis son aire se rétracte sous l'influence de froids suffisamment rigoureux pour entraîner une latence (1986, 1988 et 1994), ce qui se traduit par la disparition de certaines des populations les plus nordiques ou montagnardes et par une forte chute des effectifs ailleurs (cf. annexe 1). La colonisation des zones marginales reprend lors du développement de la gradation suivante, avec progression du front vers le Nord et en altitude en cas d'amélioration durable des conditions bioclimatiques.

### Références bibliographiques

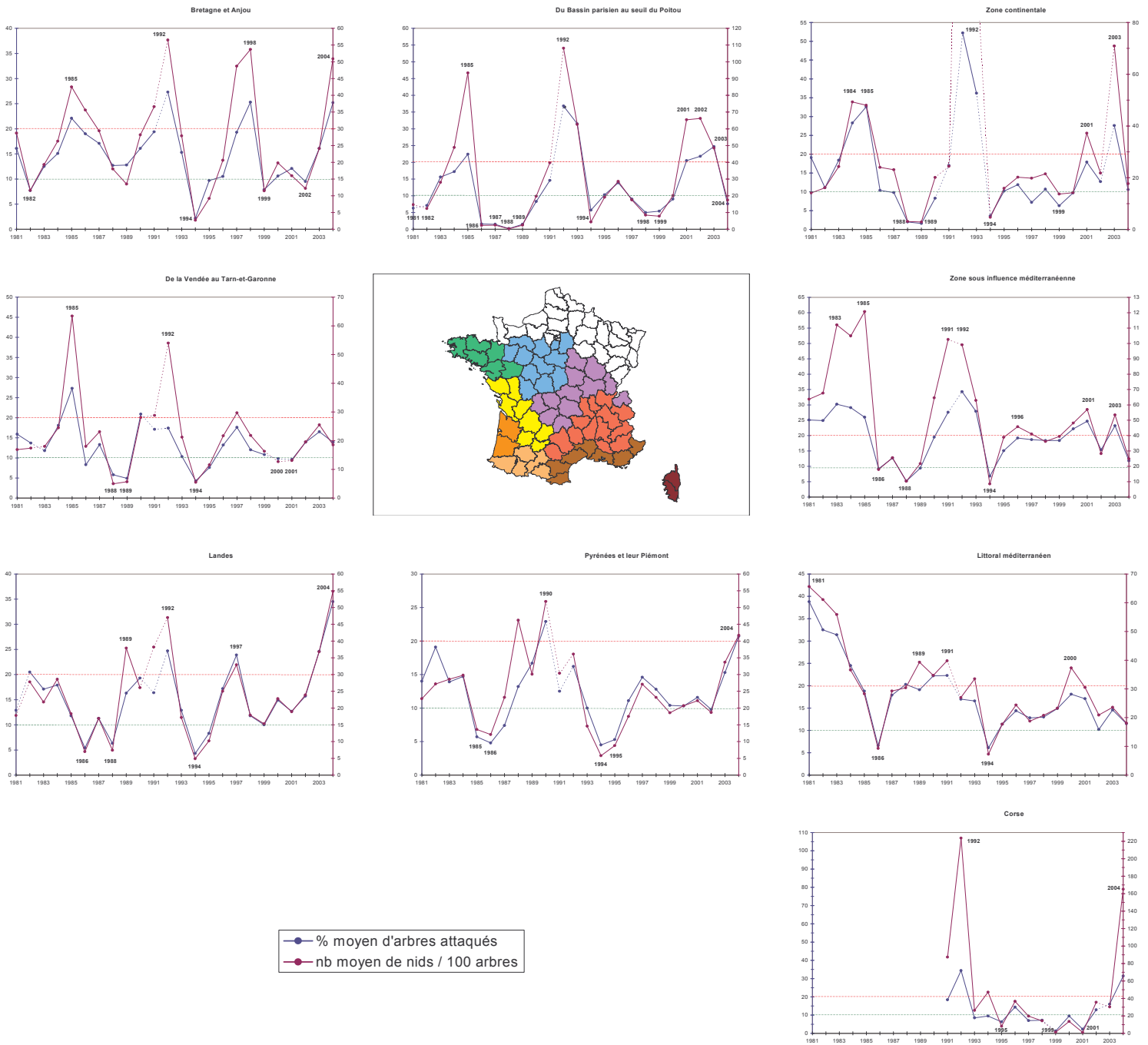
- Benigni M., Battisti A.** (1999). Climate change and the pine processionary caterpillar: adaptation of a defoliator to changing environmental conditions. [Variazioni climatiche e processionaira del pino: adattamenti di una defoliatore a condizioni ambientali mutevoli]. – *L'Italia Forestale e Montana* 54 (2), 1999, pp. 76–86
- Billioti E.** (1961). La chenille processionnaire du pin. *Ennemis et maladies des forêts et du bois mis en oeuvre*. Journées d'études et d'information, C.N.R.A. Versailles, 16–17 novembre 1961. Collection phytosanitaire, Fédération nationale des groupements de protection des cultures, Association de coordination technique agricole, pp. 9–15



- Bouhot-Delduc L.** (2005). La gradation de la chenille processionnaire du pin a culminé sur la façade atlantique lors de l'hiver 2003–2004. *La Santé des Forêts (France) en 2004*. Min. Agri. Alim. Pêche Rur. (DGFAR, SDFB), Paris, [http://agriculture.gouv.fr/spip/IMG/pdf/processionnaire\\_pin\\_2003\\_2004.pdf](http://agriculture.gouv.fr/spip/IMG/pdf/processionnaire_pin_2003_2004.pdf)
- Chémery L., Duchêne-Marullaz P.** (1987). *Atlas climatique de la construction*. Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), Paris, ISBN 2-905423-03-X, 182 p.
- Démolin G.** (1969). Bioecología de la processionaria del pino, *Thaumetopoea pityocampa* Schiff.. Incidencia de los factores climáticos. *Bol. Serv. Plagas forest.* 12 (23) : pp. 9–24
- Démolin G.** (1987). La processionnaire du pin *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. au Mont Ventoux. Études vauclusiennes, n° sp. 3, pp. 157–173
- Démolin G., Abgrall J.-F., Bouhot-Delduc L.** (1996). Évolution de l'aire de la processionnaire du pin en France. *Les Cahiers du DSF*, 1–1996 (La Santé des Forêts [France] en 1995), Min. Agri. Pêche Alim. (DERF), Paris, pp. 26–28
- Démolin G., Bouhot-Delduc L., Abgrall J.-F.** (1998). Dynamique des populations de la chenille processionnaire du pin et climat. *Les Cahiers du DSF*, 1–1998 (La Santé des Forêts [France] en 1997), Min. Agri. Pêche (DERF), Paris, pp. 49–51
- Géri C.** (1983). Répartition et évolution des populations de la processionnaire du pin, *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. (Lep., Thaumetopoeidae) dans les montagnes corses. I. Régimes d'apparition de l'insecte et dynamique des populations. *Acta Oecologica / Oecologia Applicata* 4(3), pp. 247–268
- Géri C., Saintonge F.-X., de Villebonne D., Goussard F.** (1996). Observations sur l'évolution récente des populations de processionnaire du pin en Sologne. *Les Cahiers du DSF*, 1–1996 (La Santé des Forêts [France] en 1995), Min. Agri. Pêche Alim. (DERF), Paris, pp. 55–56
- Lebourgeois F., Granier A., Bréda N.** (2001). Une analyse des changements climatiques régionaux en France entre 1956 et 1997. Réflexions de conséquences pour les écosystèmes forestiers. *Ann. For. Sci.* 58, pp. 733–754
- Marçais B., Bouhot-Delduc L., Le Tacon F.** (2000). Effets possibles des changements globaux sur les micro-organismes symbiotiques et pathogènes et les insectes ravageurs des forêts. *Rev. For. Fr.* 52, n° spécial, pp. 99–118
- Météo-France** (1999). *Le climat de la France*. CD-ROM, cartes du « nombre de jours avec gel » et du « cumul moyen de la durée d'insolation » <http://www.meteo.fr/meteonet/temps/France/clim/normale.htm>
- Montoya R.** (1995). Implicaciones del cambio climático en el comportamiento de las plagas : coevolución planta-insecto. *In* : Sanidad forestal en bosques mediterráneos y templados. Implicaciones de la contaminación atmosférica y del cambio global / Directores : R. Montoya, J. Skelly, 23–27 octubre 1995, 24 p.
- Rousselet J., Robinet C., Saintonge F.-X.** (2005). La chenille processionnaire du pin progresse avec le climat. *Forêt-Entreprise* 162, pp. 38–41
- Schvester D.** (1985). Les insectes et la forêt française. *Rev. For. Fr.* 37, n° spécial, pp. 45–64



# Annexe 1



**Fig. 2 : Dynamique des populations de la processionnaire du pin sur les placettes du réseau de suivi pour les neuf grandes zones climatiques définies en France.** ----- seuil de culmination fixé arbitrairement à 20 % d'arbres attequés sur les pins du réseau de suivi, et ----- seuil de latence fixé arbitrairement à 10 % d'arbres attequés sur les arbres du réseau de suivi  
**Population dynamics of the pine processionary for the nine large climatic zones identified in France**



## Annexe 2

	Moyenne des températures minimales de janvier en °C <sup>1</sup>	Nombre moyen annuel de jours de gel <sup>1</sup>	Durée moyenne d'insolation annuelle en heures <sup>1</sup>	Irradiation solaire globale quotidienne moyenne d'octobre en kWh/m <sup>2</sup> /J <sup>1</sup>	Nombre d'années de culmination de la processionnaire de 1981 à 2004 (1991 à 2004) <sup>2</sup>	Nombre d'années de latence de la processionnaire de 1981 à 2004 (1991 à 2004) <sup>2</sup>
Du bassin parisien au seuil du Poitou	0 à 1,5	40 à 70	1 800 à 2 000	2,1 à 2,5	7	13
Bretagne et Anjou	1,5 à 6	5 à 45	1 800 à 2 000	2,1 à 2,4	7	5
De la Vendée au Tarn-et-Garonne	0 à 4	20 à 60	1 900 à 2 200	2,5 à 2,8	3	6
Landes	1,5 à 5	20 à 50	1 900 à 2 200	2,8 à 2,9	6	4
Pyrénées et leur Piémont	0 à 1,5	20 à 60	1 800 à 2 000	2,8 à 2,9	2	7
Corse	6,5	1 à 10	2 600 à 2 800	3,3 à 3,5	(3)	(6)
Littoral méditerranéen	1 à 5	1 à 35	2 300 à 2 900	3,0 à 3,3	8 (2)	2 (1)
Zone sous influence méditerranéenne	-1,5 à 1	30 à 80	1 900 à 2 800	2,3 à 3,0	13 (7)	3 (1)
Zone continentale et montagnarde	-2 à 0	50 à 80	1 700 à 2 100	2,1 à 2,6	6	4

**Tabl. 1 : Caractéristiques des neuf grandes zones climatiques identifiées en France pour la processionnaire du pin.** Les caractéristiques climatiques des différentes zones ont été déterminées à partir de cartes du CD-ROM *Le climat de France* de Météo-France pour le nombre de jours avec gel et le cumul moyen de la durée d'insolation, et de l'*Atlas climatique de la construction* (Chémery et Duchêne-Marullaz, 1987) pour les températures minimales de janvier et l'irradiation solaire d'octobre. Le seuil de culmination de la processionnaire du pin a été fixé arbitrairement à 20 % d'arbres attaqués sur les pins du réseau de suivi, et le seuil de latence à 10 % d'arbres attaqués sur les pins du réseau de suivi

***Characteristics of the nine large climatic zones identified in France for the pine processionary caterpillar***

<sup>1</sup> : Les paramètres climatiques ont été mesurés sur la période 1961–1990 pour le nombre de jours de gels et la durée d'insolation, sur la période 1921–1950 pour les températures minimales de janvier et sur la période 1966–1975 pour l'irradiation solaire d'octobre. Ces deux dernières variables ne sont disponibles que pour des périodes de mesure antérieures à la période de suivi de la processionnaire du pin par le réseau. Le climat ayant évolué, des moyennes plus récentes auraient été intéressantes. Les différences entre zones ont cependant ici plus d'importance que les valeurs absolues des paramètres.

<sup>2</sup> : Le réseau de suivi de la processionnaire du pin n'existe en Corse que depuis 1991. Afin de pouvoir comparer la dynamique des populations corses à celle des régions climatiquement les plus voisines, le nombre d'années de culmination et de latence de la période 1991 à 2004 est donné entre parenthèses pour la Corse, le littoral méditerranéen et la zone sous influence méditerranéenne.

