

Centre Mathieu Badolo  
**Cahiers africains des sciences et de l'environnement**  
Working papers Series  
ISSN 2630 – 1245

**Modélisation de trajectoires de résilience de la France aux risques climatiques : le cadre scientifique Badolo NordClimProspect**

Working Paper 24 – 02  
Mathieu Badolo  
**Octobre 2024**  
[cahiers.edublogs.org](http://cahiers.edublogs.org)  
Tous droits réservés

## **Modélisation de trajectoires de résilience de la France aux risques climatiques : le cadre scientifique Badolo NordClimProspect**

Mathieu Badolo  
Centre Mathieu Badolo  
Ouagadougou, Burkina Faso  
mathieu.badolo@cesmb.org

### **Résumé**

Des bases de connaissances et d'outils décisionnels robustes intégrant les spécificités contextuelles est l'un des défis que pose la construction de configurations nationales de résilience aux risques climatiques. De telles bases de connaissances devraient fonder des schémas de résilience multirisques et multidimensionnels qui réalisent des configurations des systèmes nationaux sur lesquelles les risques climatiques n'ont des effets adverses résiduels.

Cet article propose le cadre scientifique Badolo NordClimProspect qui suggère une démarche, des familles d'informations et des schémas pour concevoir, planifier, implémenter, suivre et évaluer des actions de réalisation de configurations de la France sur lesquelles les risques climatiques n'ont des impacts directs et indirects résiduels. Il propose un parcours de résilience fondé par les besoins spécifiques de résilience climatique des dix-huit régions de France. Il procède par configurations partielles de résilience à court, moyen et long terme. Il intègre un ensemble de variables pour suivre la progression de la France vers la résilience. Les familles d'information du cadre scientifique Badolo NordClimProspect pourraient être élaborées en utilisant les méthodes ClimImpacts, ClimVulnerabilty et ClimSolutions du cadre scientifique ClimResilience.

Le cadre scientifique Badolo NordClimProspect est un nouveau développement scientifique qui suggère une démarche, des familles d'informations et des schémas de résilience pour améliorer la pertinence, l'efficacité et l'impact des actions d'accélération de la résilience de la France aux risques climatiques et de catastrophes. Son implémentation va requérir un modèle de management global et territorial de l'adaptation utilisant un système approprié de mesure de la progression vers des situations de résilience. Il devrait aussi être participatif et inclusif.

**Mots clés :** France, risques climatiques, adaptation, résilience, trajectoire, cadre scientifique NordClimProspect

## 1. Introduction

Construire des configurations nationales de résilience aux risques climatiques est en pratique une tâche d'une complexité certaine. Elle devrait mettre en œuvre des schémas de résilience multirisques et multidimensionnels qui réalisent des configurations des systèmes nationaux sur lesquelles les risques climatiques n'ont que des effets adverses résiduels [1- 4]. La démarche de tels schémas devrait être une démarche de construction progressive de la résilience, en subdivisant les trajectoires de résilience en segments de trajectoire de résilience pour réaliser des configurations partielles de résilience. Des familles d'impacts des changements climatiques, de facteurs de vulnérabilité aux changements climatiques, de solutions de résilience aux changements climatiques et d'objectifs de résilience fondent les schémas de résilience. Ces familles d'informations devraient être élaborées en implémentant des méthodologies robustes intégrant les spécifiques contextuelles [5- 8].

Cet article propose le cadre scientifique Badolo NordClimProspect pour la modélisation de trajectoires de résilience de la France aux risques climatiques. Il suggère une démarche, des familles d'informations et des schémas pour concevoir, planifier, implémenter, suivre et évaluer des actions de réalisation de configurations de la France sur lesquelles les risques climatiques n'ont que des impacts directs et indirects résiduels. Il formule un parcours de résilience fondé par les besoins spécifiques de résilience climatique des dix-huit régions de France. Il intègre les impacts indirects des risques climatiques, procède par configurations partielles de résilience à court, moyen et long terme. Il propose également un ensemble de variables pour suivre l'évolution de la France vers la résilience. Les familles d'informations pour les parcours de résilience pourraient être élaborées de manière participative et inclusive en utilisant les méthodes ClimImpacts, ClimVulnerability et ClimSolutions du cadre scientifique ClimResilience [9].

Le cadre scientifique Badolo NordClimProspect est une nouvelle proposition scientifique qui suggère une démarche, des familles d'informations et des schémas de résilience pour améliorer la pertinence, l'efficacité et l'impact des actions de résilience de la France aux risques climatiques et de catastrophes. Son implémentation va requérir un modèle de management global et territorial de l'adaptation au climat utilisant un système approprié de mesure de la progression vers des situations de résilience. Il devrait aussi être participatif et inclusif.

## 2. Méthodologie

La figure (1) décrit la démarche, les familles d'informations et le schéma de résilience du cadre scientifique Badolo NordClimProspect.

France,  
risques  
climatiques

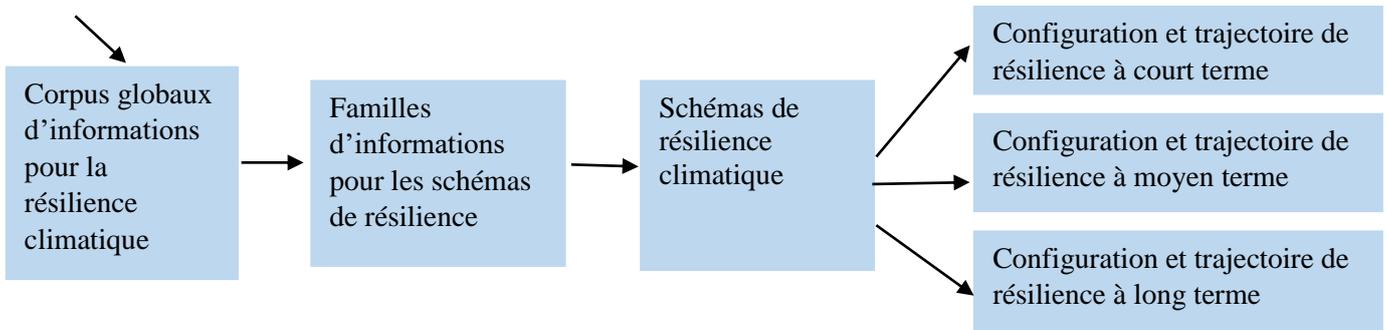


Figure (1) : Démarche et éléments du cadre scientifique Badolo NordClimProspect

Le cadre scientifique Badolo NordClimProspect associe à la France le vecteur  $f(f_1, f_2, \dots, f_{18})$  dont les composantes sont les dix-huit régions de France :  $f_1=$  Auvergne-Rhône-Alpes ,  $f_2=$  Bourgogne-Franche-Comté ,  $f_3=$  Bretagne ,  $f_4=$  Centre-Val de Loire ,  $f_5=$  Corse ,  $f_6=$  Grand Est ,  $f_7=$  Guadeloupe ,  $f_8=$  Guyane ,  $f_9=$  Hauts-de-France ,  $f_{10}=$  Île-de-France ,  $f_{11}=$  Martinique ,  $f_{12}=$  Mayotte ,  $f_{13}=$  Normandie ,  $f_{14}=$  Nouvelle-Aquitaine ,  $f_{15}=$  Occitanie ,  $f_{16}=$  Pays de la Loire ,  $f_{17}=$  Provence-Alpes-Côte d'Azur ,  $f_{18}=$  Réunion.

Le cadre scientifique Badolo NordClimProspect considère plusieurs dimensions de chaque région : les secteurs économiques, les services sociaux de base, les écosystèmes naturels, les infrastructures et les systèmes de gouvernance.

Le vecteur risque  $r(r_1, r_2, r_3, r_4, r_5)$  du cadre scientifique Badolo NordClimProspect est :  $r_1 =$  sécheresses,  $r_2 =$  inondations,  $r_3 =$  cyclones,  $r_4 =$  vagues de chaleur,  $r_5 =$  augmentation du niveau de la mer

Les corpus globaux d'informations pour la résilience climatique du cadre scientifique Badolo NordClimProspect sont respectivement la matrice des impacts des risques climatiques sur les régions, la matrice des facteurs de vulnérabilité des régions aux risques climatiques et la matrice des solutions de résilience des régions aux risques climatiques. Ces matrices, qui pourraient être obtenues en utilisant les méthodologies du cadre scientifique ClimResilience, sont utilisées pour établir des familles d'informations pour la formulation de parcours de résilience aux risques climatiques [9]. La démarche de résilience du cadre scientifique ClimResilience est mise en œuvre pour élaborer des schémas de résilience qui considèrent des configurations de résilience à court, moyen et long terme. Un parcours de résilience efficace réalise une configuration de résilience ( $\hat{f}$ ) de la France aux risques climatiques caractérisé par une vulnérabilité résiduelle de la France aux risques climatiques et des effets adverses résiduels des risques climatiques sur la France.

### 3. Résultats

Le corpus global d'impacts des risques climatiques sur la France est la matrice  $A(5, 18)$  des impacts directs et indirects des risques climatiques sur les dix-huit régions. Un élément  $a_{ij}$  ( $i = 1, \dots, 5 ; j = 1, \dots, 18$ ) de cette matrice est la chaîne d'impacts directs et indirects du risque  $r_i$  ( $i = 1, \dots, 5$ ) sur la région  $f_j$  ( $j = 1, \dots, 18$ ). Il est :

- $a_{ij}$  ( $i = 1, \dots, 5 ; j = 1, \dots, 18$ ) =  $r_{ifjdo}, r_{ifjd1}, \dots, r_{ifjdn}$

Une chaîne d'impacts comprend un impact direct (do), des impacts indirects  $dm$  ( $m = 1, \dots, n$ ). Elle est de longueur ( $n$ ) [9].

Pour une région  $f_j$  ( $j = 1, \dots, 18$ ), la famille  $df_j$  des impacts directs et indirects des risques climatiques est :

- $df_j$  ( $j = 1, \dots, 18$ ) =  $a_{1j} \cup a_{2j} \cup a_{3j} \cup a_{4j} \cup a_{5j}$

Les éléments d'une famille  $df_j$  ( $j = 1, \dots, 18$ ) pourraient être des impacts économiques, sociaux, humains, environnementaux, infrastructurels, institutionnels ou politiques.

Une famille  $df_j$  ( $j = 1, \dots, 18$ ) d'impacts des risques climatiques pourrait engendrer une famille  $\Delta df_j$  de répercussions économiques, sociales, environnementales, humaines, institutionnelles et politiques pour toute la France.

La famille  $df$  des impacts des risques climatiques sur les régions de France du cadre scientifique Badolo NordClimProspect est :

- $df = df_1 \cup df_2 \cup \dots \cup df_{18}$

La famille des répercussion des impacts des risques climatiques sur les dix-huit régions est :

- $\Delta df = \Delta df_1 \cup \Delta df_2 \cup \dots \cup \Delta df_{18}$

Le passage d'une configuration de vulnérabilité ( $f$ ) de la France aux risques climatiques à une configuration de résilience ( $\hat{f}$ ) est caractérisée par :

- $df \approx \emptyset$

Le corpus global de vulnérabilité des régions de France aux risques climatiques est la matrice  $B(5, 18)$ . Un élément  $b_{ij}$  ( $i = 1, \dots, 5 ; j = 1, \dots, 18$ ) est le sous-ensemble des facteurs de vulnérabilité de la région  $f_j$  ( $j = 1, \dots, 18$ ) au risque  $r_i$  ( $i = 1, \dots, 5$ ) :

- $b_{ij}$  ( $i = 1, \dots, 5 ; j = 1, \dots, 18$ ) =  $v_{rifjdo}, v_{rifjd1}, \dots, v_{rifjdn}$

Le groupe  $v_{rifjdm}$  ( $m = 0, \dots, n$ ) de facteurs de vulnérabilité est le groupe de facteurs de vulnérabilité à adresser pour atténuer l'impact  $r_{ifjdm}$  ( $m = 0, \dots, n$ ).

La famille  $vf_j$  ( $j = 1, \dots, 18$ ) de facteurs de vulnérabilité d'une région  $f_j$  ( $j = 1, \dots, 18$ ) aux risques climatiques est :

- $vf_j$  ( $j = 1, \dots, 18$ ) =  $b_{1j} \cup b_{2j} \cup b_{3j} \cup b_{4j} \cup b_{5j}$

La famille de facteurs de vulnérabilité des régions de France aux risques climatiques  $vf$  est

- $vf = vf_1 \cup vf_2 \cup \dots \cup vf_{18}$

Le passage d'une configuration de vulnérabilité ( $f$ ) à une configuration de résilience ( $\hat{f}$ ) est également caractérisée par :

- $vf \approx \emptyset$

Le corpus global de solutions de résilience des régions de France aux risques climatiques est la matrice  $C(5, 18)$ . Un élément  $c_{ij}$  ( $i = 1, \dots, 5 ; j = 1, \dots, 18$ ) est le sous-ensemble des solutions de résilience de la région  $f_j$  ( $j = 1, \dots, 18$ ) au risque  $r_i$  ( $i = 1, \dots, 5$ ) :

- $c_{ij} = z_{rifj0}, z_{rifj1}, \dots, z_{rifjn}$

Le groupe  $z_{rifjdm}$  ( $m = 0, \dots, n$ ) de solutions de résilience est le groupe de solutions de résilience à implémenter pour atténuer l'impact  $r_{ifjdm}$  ( $m = 0, \dots, n$ ).

La famille  $z_{fj}$  de solutions de résilience d'une région  $f_j$  ( $j = 1, \dots, 18$ ) aux risques climatiques est :

- $z_{fj}$  ( $j = 1, \dots, 18$ ) =  $c_{1j} \cup c_{2j} \cup c_{3j} \cup c_{4j} \cup c_{5j}$

La famille  $z_f$  de solutions de résilience des régions de France aux risques climatiques est

- $z_f = z_{f1} \cup z_{f2} \cup \dots \cup z_{f18}$

Les éléments de la famille  $z_f$  pourraient être des solutions économiques, sociales, humaines, environnementales, scientifiques, technologiques, infrastructurelles, institutionnelles ou politiques. Elles sont des solutions de réaction, d'anticipation et de transformation.

La figure (2) décrit le schéma de résilience du cadre scientifique Badolo NordClimProspect. Il comprend trois horizons de résilience : un horizon  $\delta_1$  de résilience à court terme, un horizon  $\delta_2$  de résilience à moyen terme et un horizon  $\delta_3$  de résilience à long terme.

Les familles d'informations du schéma de résilience sont :

- la famille  $df$  des impacts des risques climatiques sur les régions ;
- la famille  $vf$  des facteurs de vulnérabilité des régions aux risques climatiques ;
- la famille  $z_f$  des solutions de résilience des régions aux risques climatiques ;
- la famille  $\Delta df$  des répercussions des impacts des risques climatiques sur les régions ;
- la famille  $\Delta vf$  de facteurs de vulnérabilité de la France aux répercussions des impacts des risques climatiques sur les régions ;
- la famille  $\Delta z_f$  des solutions de résilience aux répercussions des impacts des risques climatiques sur les régions.

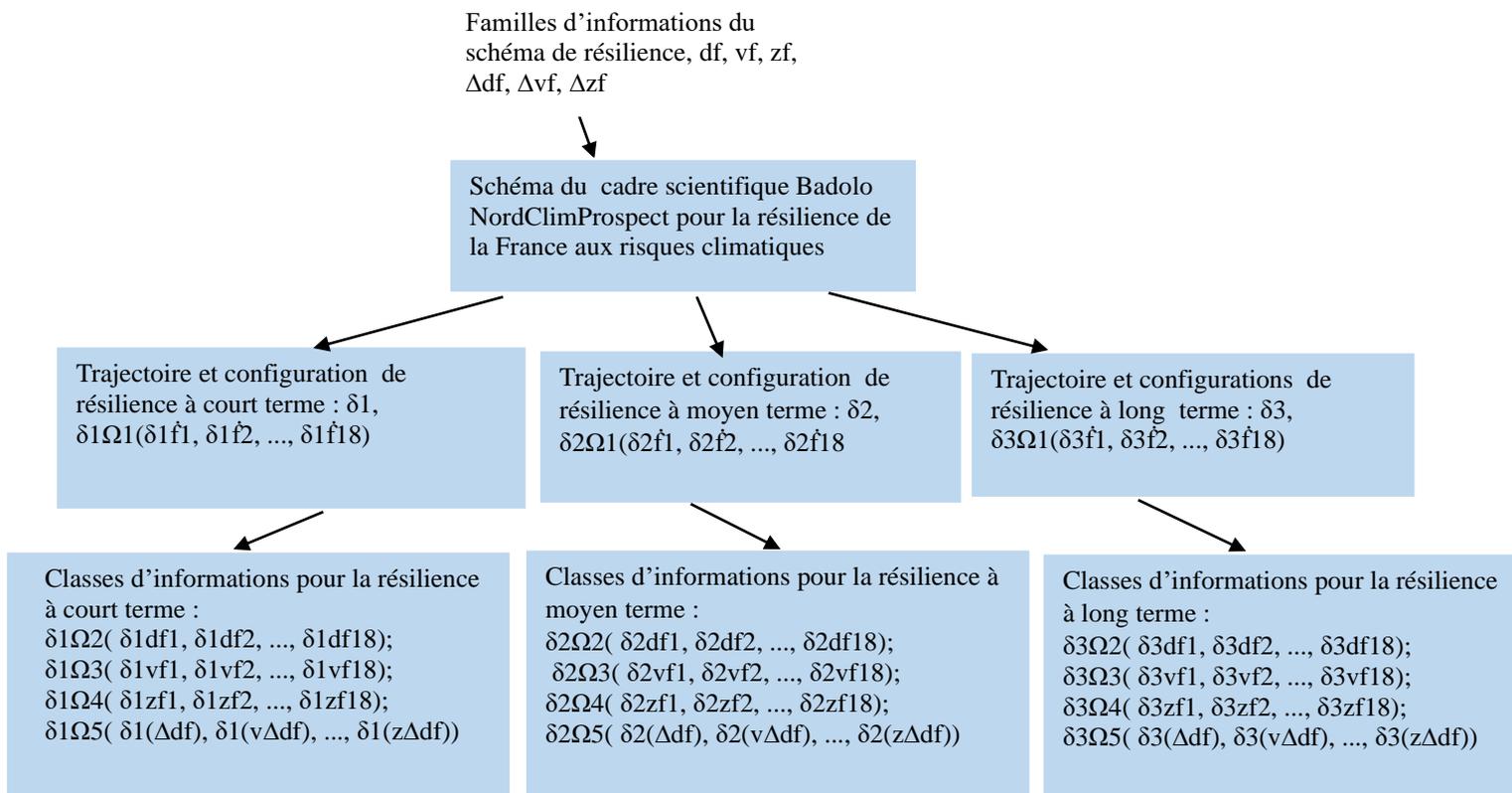


Figure (2) : Schéma du cadre scientifique Badolo NordClimProspect pour la résilience de la France aux risques climatiques

A un horizon  $\delta_i$  ( $i = 1, 2, 3$ ) de résilience est associé un groupe de classes d'informations :

- le vecteur  $\delta_i\Omega_1(\delta_{if1}, \delta_{if2}, \dots, \delta_{if18})$  des configurations partielles de résilience à réaliser ;
- le vecteur  $\delta_i\Omega_2(\delta_{idf1}, \delta_{idf2}, \dots, \delta_{idf18})$  des classes des impacts des risques climatiques à atténuer ;

- le vecteur  $\delta i\Omega 3(\delta ivf1, \delta ivf2, \dots, \delta ivf18)$  des classes des facteurs de vulnérabilité à réduire ;
- le vecteur  $\delta i\Omega 4(\delta izf1, \delta izf2, \dots, \delta izf18)$  des classes des solutions de résilience à implémenter ;
- le vecteur  $\delta i\Omega 5(\delta i(\Delta df), \delta i(v\Delta df), \delta i(z\Delta df))$  des familles des répercussions des impacts des risques climatiques, des vulnérabilités aux répercussions des impacts des risques climatiques et des solutions de résilience aux répercussions des risques climatiques à considérer.

Les variables du cadre scientifique Badolo NordClimProspect pour suivre la progression de la France vers la résilience sont :

- le financement pour protéger la France des risques climatiques ;
- les coûts économiques des impacts des risques climatiques ;
- les coûts sociaux des impacts des risques climatiques ;
- les coûts environnementaux des impacts des risques climatiques ;
- les coûts humains des impacts des risques climatiques ;
- les coûts institutionnels des impacts des risques climatiques ;
- les coûts politiques des impacts des risques climatiques ;
- les coûts des solutions économiques aux risques climatiques ;
- les coûts des solutions environnementales aux risques climatiques ;
- les coûts des solutions scientifiques aux risques climatiques ;
- les coûts des solutions technologiques aux risques climatiques ;

La variation d'une variable (x) de mesure de la progression vers la résilience est

- $\lim_{x \rightarrow 0} f = \hat{f}$

#### 4. Discussion

Des bases de connaissances et d'outils décisionnels pertinentes et efficaces sont l'un des facteurs qui déterminent la robustesse et la qualité des configurations de résilience de systèmes nationaux aux risques climatiques. De telles bases de connaissances devraient être multidimensionnelles, multirisques et intégrer les impacts indirects des risques climatiques. Les objectifs des trajectoires de résilience qu'elles fondent sont des configurations spécifiques de résilience à des horizons de résilience indiqués. Le cadre scientifique Badolo NordClimProspect suggère une démarche, des familles d'informations et des schémas de résilience pour réaliser des trajectoires de résilience répondant aux critères de pertinence, d'efficacité et d'impact.

La littérature scientifique propose des cadres scientifiques pour construire la résilience de systèmes nationaux aux risques climatiques [10-14]. Les résultats présentés dans cet article s'inscrivent dans cet effort de consolidation et d'amélioration des connaissances et des outils à la décision pour des configurations nationales de résilience. Ils proposent toutefois des orientations nouvelles pour la résilience climatique. Une démarche basée sur des confirmations partielles de résilience est proposée. Ces configurations de résilience sont réalisées par des segments de trajectoire de résilience. Les familles des impacts des risques climatiques intègrent les impacts indirects des risques climatiques pour prendre en compte les spécificités contextuelles. Les familles de facteurs de vulnérabilités intègrent les vulnérabilités économiques, sociales, humaines, environnementales, scientifiques, technologiques, institutionnelles et politiques. Les familles de solutions de résilience comprennent des solutions de réaction, d'anticipation et de transformation de types économique, social, environnemental, scientifique, technologique, institutionnel et politique. Le schéma de résilience, sur la base des spécificités contextuelles, indique des parcours de résilience pour répondre aux besoins de résilience à des horizons de résilience spécifiés. Chaque segment de parcours de résilience est fondé par des classes d'informations spécifiques. Une contribution particulière du cadre scientifique Badolo NordClimProspect est l'ensemble de variables pour mesurer la progression de la France vers la résilience aux risques climatiques.

Le cadre scientifique Badolo NordClimProspect suggère des indications pour une gouvernance de la résilience aux risques climatique basée sur les résultats et fondée par des familles d'information et des schémas de résilience spécifiques et innovants.

#### 5. Conclusion

L'objectif de cet article est les bases des connaissances et d'outils décisionnels pour des approches efficaces de la résilience de la France aux risques climatiques. Le principal résultat de cet article est le cadre scientifique Badolo NordClimProspect pour la construction de la résilience de la France aux risques climatiques. Il suggère une démarche, des familles d'informations et des schémas pour concevoir, planifier, implémenter, suivre et évaluer des

actions de réalisation de configurations de la France sur lesquelles les risques climatiques n'ont des impacts directs et indirects résiduels. Le cadre scientifique Badolo NordClimProspect propose un parcours de résilience fondé par les besoins de résilience climatique des dix-huit régions de France. Il procède par des configurations partielles de résilience à court, moyen et long terme. Il comprend un ensemble de variables pour suivre l'évolution de la France vers la résilience.

Le cadre scientifique Badolo NordClimProspect est un nouveau développement scientifique qui suggère une démarche, des familles d'informations et des schémas de résilience pour améliorer la pertinence, l'efficacité et l'impact des actions de résilience de la France aux risques climatiques et de catastrophes. Son implémentation va requérir un modèle de management global et territorial de l'adaptation utilisant un système approprié de mesure de la progression vers des situations de résilience.

## Références

1. Emma L Yule, Kate Donovan, June Graham, The challenges of implementing adaptation actions in Scotland's public sector, *Climate Services*, Volume 32,2023,100412,ISSN 2405-8807,<https://doi.org/10.1016/j.cliser.2023.100412>.
2. Sirkku Juhola, Lisa Westerhoff, Challenges of adaptation to climate change across multiple scales: a case study of network governance in two European countries, *Environmental Science & Policy*, Volume 14, Issue 3,2011, Pages 239-247, ISSN 1462-9011,<https://doi.org/10.1016/j.envsci.2010.12.006>
3. G. Robbert Biesbroek, Rob J. Swart, Timothy R. Carter, Caroline Cowan, Thomas Henrichs, Hanna Mela, Michael D. Morecroft, Daniela Rey, Europe adapts to climate change: Comparing National Adaptation Strategies, *Global Environmental Change*, Volume 20, Issue 3,2010,Pages 440-450,ISSN 0959-3780,<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2010.03.005>.
4. Christina Papadaskalopoulou, Maria Kasidoni, Vasiliki Panaretou, Konstantinos Moustakas, Theodoulos Mesimeris, Maria Loizidou, Review of the current EU framework on adaptation to climate change and assessment of the relative adaptation framework in Cyprus, *Desalination and Water Treatment*, Volume 57, Issue 5,2016, Pages 2219-2231, ISSN 1944-3986,<https://doi.org/10.1080/19443994.2015.1107179>.
5. Mullan, M., Kingsmill, N., Agrawala, S., Matus Kramer, A. (2015). National Adaptation Planning: Lessons from OECD Countries. In: Leal Filho, W. (eds) *Handbook of Climate Change Adaptation*. Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-38670-1\\_38](https://doi.org/10.1007/978-3-642-38670-1_38)
6. Smit, B., Burton, I., Klein, R. *et al.* The Science of Adaptation: A Framework for Assessment. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* **4**, 199–213 (1999). <https://doi.org/10.1023/A:1009652531101>
7. Judith Klostermann & Kaj Sandt & Mike Harley & Mikael Hildén & Timo Leiter & Jelle Minnen & Nico Pieterse & Leendert Bree, 2018. "[Towards a framework to assess, compare and develop monitoring and evaluation of climate change adaptation in Europe](#)," *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, Springer, vol. 23(2), pages 187-209, February.
8. Berrang-Ford, L., Ford, J.D., Lesnikowski, A. *et al.* What drives national adaptation? A global assessment. *Climatic Change* **124**, 441–450 (2014). <https://doi.org/10.1007/s10584-014-1078-3>
9. Mathieu BADOLO. ClimResilience, a global climate resilience framework, <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3942168/v1>]
10. Friedman, E. Climate resilient development pathways boost inclusive national adaptation action. *npj Clim. Action* **3**, 84 (2024). <https://doi.org/10.1038/s44168-024-00166-6>
11. Cockfield, G. (2013). Governing Adaptation Policies and Programmes. In: Cadman, T. (eds) *Climate Change and Global Policy Regimes*. International Political Economy. Palgrave Macmillan, London. [https://doi.org/10.1057/9781137006127\\_5](https://doi.org/10.1057/9781137006127_5)
12. Ford, James D., et al. "How to Track Adaptation to Climate Change: A Typology of Approaches for National-Level Application." *Ecology and Society*, vol. 18, no. 3, 2013. JSTOR, <http://www.jstor.org/stable/26269369>. Accessed 24 Oct. 2024.
13. Mimura, N., R.S. Pulwarty, D.M. Duc, I. Elshinnawy, M.H. Redsteer, H.Q. Huang, J.N. Nkem, and R.A. Sanchez Rodriguez, 2014:Adaptation planning and implementation. In: *Climate Change 2014: Impacts,Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L.White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 869-898.
14. Rickards LA, Alexandra J, Denham T and Sanders A (2024) Five tensions in climate adaptation research. *Front. Clim.* 5:1215171.doi: 10.3389/fclim.2023.1215171