

# Groupe de la Banque africaine de développement Complexe de l'Économiste en chef



## Note d'information sur le marché

Volume 1, numéro 1  
1<sup>er</sup> juillet 2010

## Risques climatiques, dynamique de la température et assurance en Afrique du Sud

### Sommaire

- Introduction
- Données
- Modèles statistiques pour la prévision et l'évaluation des produits dérivés climatiques
- Conclusions

### Introduction

D'après le Programme des Nations unies pour l'environnement, les émissions de gaz à effet de serre depuis l'an 2000, au moins jusqu'à la légère réduction observée pendant la crise de 2008-2009, ont atteint un niveau dépassant le pire des scénarios prévus par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Le réchauffement de la planète entraîne des sécheresses croissantes dans les grandes régions du monde. Parallèlement, l'on note une augmentation de l'intensité des cyclones tropicaux, des ouragans et des orages, avec des averses violentes et des inondations prononcées qui causent la dégradation de la couche fertile du sol dans des zones antérieurement arides. C'est ainsi que le sommet mondial de Copenhague sur les changements climatiques a été organisé en décembre 2009 dans le but de trouver des solutions en vue de la réduction des émissions de gaz à effet de serre, de l'établissement d'un système de vérification des émissions et de la réduction du déboisement.

Des bases ont été jetées pour la mise en place d'un nouveau secteur financier impliquant des marchands de carbone, des échanges de droits d'émission du CO<sub>2</sub> et un marché des produits dérivés climatiques fondé sur l'assurance de pouvoir acheter des droits d'émission de CO<sub>2</sub> à un certain prix à l'avenir. Les dérivés climatiques constituent un secteur en pleine croissance du marché

des dérivés à travers le monde.

Les produits dérivés climatiques sont apparus en 1997, à la suite du phénomène El Niño. Cela a permis aux entreprises tirant leurs revenus d'activités liées au climat de mesurer la nécessité de couvrir leurs risques climatiques saisonniers. Les produits dérivés climatiques sont d'importants outils en matière de gestion des risques. Leur rentabilité dépend d'indices météorologiques axés sur des facteurs climatiques.

La majorité des transactions relatives aux produits dérivés climatiques s'effectue aux États-Unis certes, mais un marché croissant de participants et de types de contrats se développe à travers la planète. En Europe, cette croissance est plus accentuée en France et au Royaume-Uni, qui sont suivis de près par la Scandinavie et l'Allemagne. Ailleurs dans le monde, l'Asie a également enregistré une croissance rapide. Les instruments des dérivés climatiques englobent les swaps, les options, les tunnels d'option dont le rendement dépend de variables climatiques telles que la température moyenne, les degrés-jour de chauffage (HDD) et de refroidissement (CDD), l'humidité, les températures maximales et minimales. Il est intéressant de noter que 1/7<sup>e</sup> des économies industrialisées est vulnérable aux changements climatiques. Les contrats des dérivés de température sont les plus répandus, représentant au moins 80 % des opérations, et ils se négocient sur le Chicago Mercantile Exchange (CME) pour les principales villes américaines. Le présent article est

Mthuli Ncube  
[m.ncube@afdb.org](mailto:m.ncube@afdb.org)  
+216 7110 2062

Charles Leyeka Lufumpa  
[c.lufumpa@afdb.org](mailto:c.lufumpa@afdb.org)  
+216 7110 2175

Leonce Ndikumana  
[l.ndikumana@afdb.org](mailto:l.ndikumana@afdb.org)  
+216 7110 2076

Auteurs : Prof Mthuli Ncube, Économiste en chef et Vice-président, Banque africaine de développement & Sambulo Malumisa (Wits University)

---

*La majorité des transactions relatives aux produits dérivés climatiques s'effectue aux États-Unis certes, mais un marché croissant de participants et de types de contrats se développe à travers la planète*

---

*Une mesure du volume d'énergie requis pour le chauffage pendant la journée est appelée HDD, tandis que CDD renvoie à une mesure du volume d'énergie requis pour le refroidissement pendant la journée.*

axé sur les produits dérivés de température.

Une mesure du volume d'énergie requis pour le chauffage pendant la journée est appelée HDD, tandis que CDD renvoie à une mesure du volume d'énergie requis pour le refroidissement pendant la journée. Les contrats portent sur le HDD et le CDD cumulatifs observés pendant un mois à une station météorologique. Ils sont payés en espèces peu après la fin du mois, une fois que la valeur du HDD et du CDD est connue. L'acheteur du produit dérivé climatique est dédommagé par le vendeur à concurrence d'un montant qui compense ses pertes commerciales réelles causées par des conditions climatiques défavorables. À titre illustratif, un propriétaire de parc d'attractions achètera une option de vente de CDD rentable s'il s'en suit une longue saison froide. La valeur accumulée avec cette option de vente longue lui permettra de compenser le manque à gagner lié à l'absence des clients pendant cette saison froide. Si par contre, la période couverte s'avère anormalement chaude, de sorte que l'indice du CDD est au-dessus de l'indice de référence, alors l'option de vente expirera sans valeur. Le propriétaire du parc d'attractions aura probablement atteint ses objectifs en matière de gestion des risques, dans la mesure où les revenus accrus générés compensent le prix de cette «police d'assurance». Il est important de préciser qu'il existe une différence notable entre les dérivés climatiques et l'assurance, étant donné que les contrats d'assurance exigent de présenter une demande d'indemnisation et de fournir la preuve d'un sinistre, une place de choix étant accordée au risque moral. En outre,

l'assurance sert généralement à couvrir des dommages associés à des événements peu fréquents causant des pertes importantes, et non à des événements à haut risque ou entraînant des dégâts limités, tels que les mauvaises conditions atmosphériques.

L'utilisation des produits dérivés climatiques dans d'autres industries et d'autres pays n'a pas été généralisée. Peu de placements dans d'autres secteurs de l'économie ont expérimenté cette mesure simple. De plus, des utilisations alternatives peuvent impliquer des difficultés en termes de situations et de risques non normalisés, en fonction des actifs non liquides, non financiers. Il est peu probable que cette situation de manque de liquidités change, étant donné que le climat est par nature un produit strictement localisé et non normalisé. D'autres raisons qui favorisent cette faible utilisation sont notamment : le manque de liquidités pour des contrats spécialisés de produits dérivés climatiques, les incertitudes liées à l'évaluation de ces titres, la disponibilité de données historiques pertinentes, la définition d'une variable appropriée qui constitue le fondement de l'incertitude, et le simple fait que le climat soit un actif non commercialisable et l'absence d'un marché structuré pour les produits dérivés climatiques, comme c'est le cas en Afrique du Sud.

*«L'analyse est menée sur la série chronologique des températures journalières moyennes calculées comme moyenne arithmétique des valeurs journalières maximales et minimales»*

*«Pour ce qui est de Johannesburg, le relevé de température contient 18 341 observations, du 1er/1/1960 au 31/3/2010»*

## Données

L'ensemble de données contient des relevés de températures maximales et minimales exprimées en degrés Fahrenheit. L'analyse est menée sur la série chronologique des températures journalières moyennes calculées comme moyenne arithmétique des valeurs journalières maximales et minimales. Johannesburg, Le Cap, Durban et Bloemfontein ont été choisies parce qu'elles sont les quatre villes principales de l'Afrique du Sud, mais aussi en raison de la disponibilité de relevés précis de température de ces villes pour les cinquante dernières années dans des stations météorologiques analogues<sup>1</sup>. L'établissement du relevé de température pour chacune de ces villes va maintenant être analysé en détail.

Le Cap : le relevé de température contient 18 341 observations, depuis le 1<sup>er</sup>/1/1960 jusqu'au 31/3/2010. La série chronologique est constituée à l'aide de données collectées dans deux stations

météorologiques. Pour ce qui est de Johannesburg, le relevé contient 18 341 observations, depuis le 1<sup>er</sup>/1/1960 jusqu'au 31/3/2010. La série chronologique est constituée à l'aide de données collectées dans trois stations météorologiques.

Durban : le relevé contient 18 341 observations, depuis le 1<sup>er</sup>/1/1960 jusqu'au 31/3/2010. La série chronologique est constituée à partir des données collectées dans une station météorologique. S'agissant de Bloemfontein, le relevé contient 18 341 observations, depuis le 1<sup>er</sup>/1/1960 jusqu'au 31/3/2010. La série chronologique est constituée à partir des données collectées dans deux stations météorologiques.

**Tableau 1 : Statistiques sommaires**

	Bloemfontein	Le Cap	Durban	Johannesburg
Moyen	60,72256	62,31211	69,60246	60,85293
Médian	62,06000	62,15000	69,71000	62,15000
Maximum	86,81000	86,36000	86,81000	82,13000
Minimum	31,64000	32,00000	32,00000	30,92000
Std. Dev.	10,82908	7,150938	6,185510	7,855664
Asymétrie	-0,229119	0,075014	-0,059700	-0,438172
Platikurtique	1,979572	2,307180	2,259852	2,513880
Observations	18341	18341	18341	18341

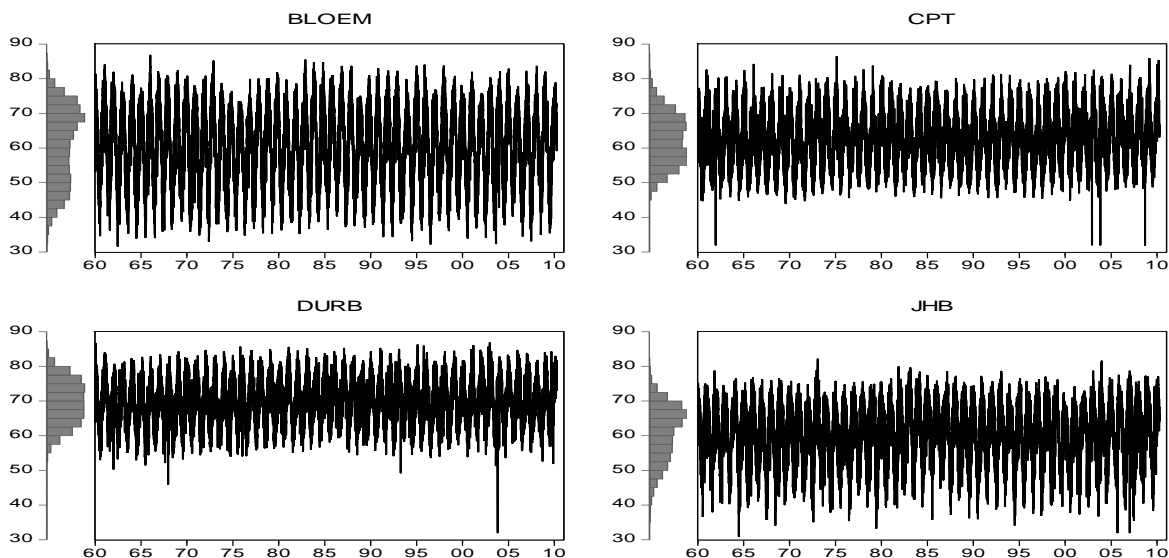
<sup>1</sup> L'ensemble des données a été fourni par les Services météorologiques de l'Afrique du Sud. Pour tous les ensembles de données, les valeurs manquantes ont été traitées en calculant la moyenne des relevés adjacents. Suivant Campbell and Diebold (2004), toutes les occurrences du 29 février ont été supprimées.

Il ressort du tableau ci-dessus que Durban est la ville la plus chaude en moyenne, et elle enregistre la plus faible variabilité en température journalière moyenne. Bloemfontein enregistre une variabilité relativement élevée en température journalière moyenne. Toutes ces villes présentent des différences entre les moyennes de l'échantillon de température pour chaque échantillon, tel que présenté ci-dessus. Il existe de nombreux ouvrages sur les différents modèles de fixation des prix des produits dérivés climatiques. Les résultats relatifs au comportement des données semblent indiquer qu'une évolution chronologique constituera une composante importante d'un modèle de température journalière moyenne pour les quatre villes.

L'asymétrie mesure le degré de symétrie des distributions. Une distribution symétrique a une asymétrie égale à 0. Dans le cas des résultats présentés dans le tableau ci-dessus, les données de la température journalière moyenne sont symétriques, dans la mesure où elles sont très proches de zéro.

L'aplatissement mesure la correspondance entre la forme de la distribution des données et la distribution gaussienne. Une distribution gaussienne a un aplatissement de 0. Une distribution plus plate a un aplatissement négatif, et une distribution en forme de pic a un aplatissement positif. Les données des quatre villes présentent des distributions en forme de pic, comme le confirme le diagramme ci-dessous. Les degrés-jour utilisés dans les produits dérivés climatiques sont calculés comme différence de la température journalière moyenne à partir de 65 degrés Fahrenheit. Un HDD est calculé en soustrayant la température journalière moyenne de 65 degrés Fahrenheit. Un CDD est calculé en soustrayant 65 degrés Fahrenheit de la température journalière moyenne. Il ne saurait y avoir à la fois un HDD et un CDD pour une même journée, étant donné que la température journalière moyenne ne peut être que soit supérieure soit inférieure à 65 degrés. Une température inférieure à 65 degrés entraîne une accumulation de HDD, alors qu'une température supérieure à 65 degrés entraîne une accumulation de CDD. Dans l'hémisphère sud (nord), la saison de HDD (CDD) va de mai à septembre, alors que la saison de CDD (HDD) s'étend de novembre à mars.

**Figure 1 : Températures journalières moyennes 1960-2010**



## Modèles statistiques en matière de prévision et d'évaluation des dérivés climatiques

Une approche directe en matière d'évaluation de la valeur de l'écart minimum prévisionnel d'un contrat de dérivé climatique consiste à modéliser directement les CDD cumulatifs, en supposant qu'il existe des relevés historiques de température pour un horizon plus lointain, dans la mesure où les degrés-jour cumulatifs affichent un comportement très proche de la normale. Un modèle d'évolution quadratique simple est proposé pour les CDD cumulatifs suivant le modèle général ci-dessous :

$$C_t = \eta_0 + \eta_1 Trend_t + \eta_2 Trend_t^2 + \epsilon_t$$

Où  $\epsilon_t$  est actuellement distribué, ayant ainsi la même distribution aléatoire et étant absolument indépendant. L'évaluation des paramètres de ce modèle donne le résultat suivant :

Les statistiques descriptives des CDD cumulatifs indiquent que pour Johannesburg et Durban, la distribution des CDD cumulatifs est légèrement désaxée vers la droite, comme en témoigne la moyenne qui est supérieure à la médiane. Pour Cape Town et Bloemfontein, elle est légèrement désaxée vers la gauche. Johannesburg enregistre le plus faible écart-type. Ces caractéristiques des distributions ressortent également du diagramme du CDD cumulatif dans la figure ci-dessous. Les CDD semblent être les mieux favorables aux records historiques en matière d'évaluation des produits dérivés de la température. Cependant, suivant l'approche conventionnelle, nous pouvons conclure sans risque de nous tromper que les CDD cumulatifs sont distribués de façon aléatoire dans la mesure où les distributions marginales occultent le fait que les CDD sont fortement corrélés au fil du temps ((Cléments et al (2008)). Cela confirme le manque de fiabilité d'une simple fixation des prix basée sur les records historiques.

$$E(Ct)_{Le\ Cap} = 6,25 - 0,0022Trend + 0,0000Trend^2 + 0,246\epsilon_t$$

(0,0954) (0,0086) (0,0002) (0,1451)

$$E(Ct)_{Johannesburg} = 5,83 + 0,0095Trend - 0,0001Trend^2 + 0,2889\epsilon_t$$

(0,1610) (0,0146) (0,0003) (0,1422)

$$E(Ct)_{Durban} = 7,17 + 0,014Trend - 0,0003Trend^2 - 0,0585\epsilon_t$$

(0,046) (0,0042) (0,0000) (0,1570)

$$E(Ct)_{Bloemfontein} = 6,77 - 0,0380Trend + 0,0008Trend^2 + 0,5328\epsilon_t$$

(0,1037) (0,0094) (0,0002) (0,1375)

Les chiffres entre parenthèses représentent des erreurs-types. Durban et Bloemfontein ont une évolution et des termes d'une évolution quadratique significatifs. Johannesburg a un tracé d'une évolution et Le Cap a un tracé pour un terme quadratique. Ces résultats sont graphiquement représentés par les schémas de séries chronologiques du CDD cumulatif dans la figure 2 ci-dessous.

**Tableau 2: Statistiques sommaires de CDD 1960-2010**

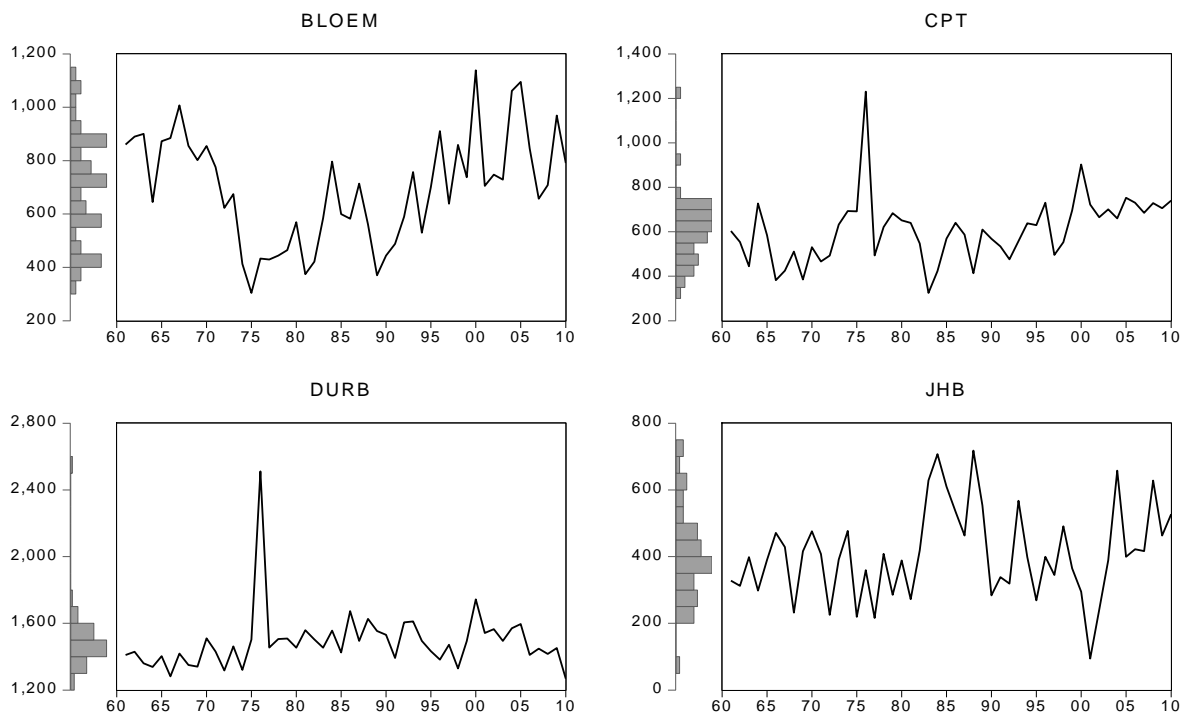
	Le Cap	Johannesburg	Durban	Bloemfontein
moyenne	607,8	404,5	1479,6	693,1
médiane	610,4	398,6	1454,9	705,4
sdev	146,7	134	186,9	202,6
max	1229,9	717,8	2511	1138,4
min	325,1	94,2	1054,1	304,1

Les statistiques descriptives des CDD cumulatifs indiquent que pour Johannesburg et Durban, la distribution des CDD cumulatifs est légèrement étalée vers la droite, comme en témoigne la moyenne qui est supérieure à la médiane. Pour Le Cap et Bloemfontein, elle est légèrement étalée vers la gauche. Johannesburg enregistre le plus faible écart-type. Ces caractéristiques des distributions ressortent également du diagramme du CDD cumulatif dans la figure ci-dessous. Les CDD apparaissent raisonnables pour soutenir l'utilité des relevés historiques pour fixer le prix des produits dérivés de la température. Cependant, suivant l'approche conventionnelle, nous pouvons conclure que les données disponibles montrent que les CDD cumulatifs ne sont distribués de façon identique, dans la mesure où les distributions marginales occultent le fait que les CDD sont fortement corrélés au fil du temps ((Cléments et al (2008)). Cela confirme le peu de fiabilité d'une simple fixation de prix basée sur les relevés historiques.

Des modèles d'évaluation simples peuvent également être construits à partir d'un écart-type adapté à un ensemble de données historiques des CDD ou HDD mensuels. L'étape suivante consistera à intégrer le produit de l'écart-type dans les gains de l'option. Les gains attendus d'une option de CDD, ou sa valeur théorique, sont simplement déterminés par la formule suivante :

$$(1) \quad M \int_{CDD=0}^{\infty} P(CDD)Q(CDD)dCDD$$

Figure 2: CDD cumulatifs 1960-2010



Où  $P(\text{CDD})$  représente la distribution de probabilité des CDD,  $Q(\text{CDD})$  représente les gains de l'option en unités de CDD,  $M$  est le nombre de dollars par CDD spécifiés dans le contrat, et  $d(\text{CDD})$  est la valeur différentielle. La valeur estimée varie en fonction du prix de levée de l'option, de la distribution de probabilité des CDD, et du nombre de dollars par CDD. Une formule simple et généralement adéquate de fixation du prix des options individuelles peut être dérivée pour le cas d'une distribution gaussienne des CDD ou des HDD. En supposant que la moyenne et l'écart-type des CDD ou HDD d'une localité sont connus, l'estimation approximative du prix de l'option devient simple : l'expression algébrique lie le cours d'une option à trois facteurs principaux :

1. L'écart-type de la distribution ;
2. L'écart entre le prix de levée de l'option et la valeur de la moyenne ;
3. Le nombre de dollars par degrés-jour spécifié dans le contrat.

Si nous définissons un prix de levée de l'option normalisé en termes de nombre d'écarts-types de ce prix par rapport à la valeur de la moyenne, le coût de l'option sera alors facilement calculé sur la base de la formule suivante :

$$(1) Y = -0,03X^3 + 0,22X^2 - 0,5X + 0,4$$

Où  $Y$  représente la valeur estimée d'une option et  $X$  l'écart-type du prix de levée de l'option par rapport à la moyenne.

#### Valeur de l'option :

$$\text{Le Cap} = R10\ 000 * 0,27 * 147 = R396\ 900$$

$$\text{Johannesburg} = R10\ 000 * 0,66 * 134 = R884\ 4000$$

$$\text{Durban} = R10\ 000 * 0,4 * 187 = R748\ 000$$

$$\text{Bloemfontein} = R10\ 000 * 0,33 * 203 = R669\ 900$$

La valeur estimée n'inclut pas la «prime de risque» exigée par le vendeur de l'option pour le risque pris. Cependant, cette formulation simple fournit une base de référence à partir de laquelle le prix d'une option peut être fixé. Le défi majeur auquel sont confrontés les acteurs du marché des options est la détermination d'une moyenne et d'un écart-type pouvant servir de données de référence.

**Tableau 3 : Évaluation du calcul de la valeur de l'option à l'aide d'un CDD**

	Le Cap	Johannesburg	Durban	Bloemfontein
Moyenne	607	405	1480	693
Ecart-type	147	134	187	203
Prix de levée de l'option	800	600	1800	800
Axe X	0,31	0,48	0,22	0,15
Axe Y	0,27	0,66	0,40	0,33
Spécification	R 10 000/Degré 1Jour	R10 000	R10 000	R 10 000/Degré 1Jour

## Conclusion

Le présent article a présenté le rôle des produits dérivés climatiques en tant qu'outil de gestion des risques. En tant que classe alternative d'instruments financiers, les produits dérivés climatiques jouent un rôle majeur en matière d'amélioration du profil risque-rendement dans les décisions relatives à l'allocation des actifs. En outre, contrairement à l'assurance, les produits financiers basés sur le climat permettent aux entreprises de se prémunir des risques climatiques, et de réaliser des bénéfices par la spéculation. Un modèle simple peut donner une idée approximative du coût d'une option. Toutefois, des modèles précis sont requis en vue d'une utilisation généralisée des produits dérivés climatiques en tant qu'outils de gestion des risques. La finesse de tels modèles serait reflétée dans la représentation correcte de la valeur réelle de la créance sur un indice de CDD.

La difficulté reste cependant le niveau élevé de complexité à surmonter pour parvenir à un modèle correct, étant donné qu'entre autres facteurs, le climat est un produit non commercialisable. Le modèle général qui a gagné les faveurs en ce qui concerne la précision est le processus du mouvement brownien de retour à la moyenne (MRBM) avec des erreurs autorégressives de premier ordre et des sauts répartis selon une distribution log-normale. D'autres méthodes d'évaluation des dérivés climatiques utilisées englobent notamment des modèles stochastiques et l'approche actuarielle ou «Burn Analysis». L'utilisation des dérivés climatiques en Afrique du Sud pourrait constituer un instrument majeur en matière de couverture des risques climatiques.