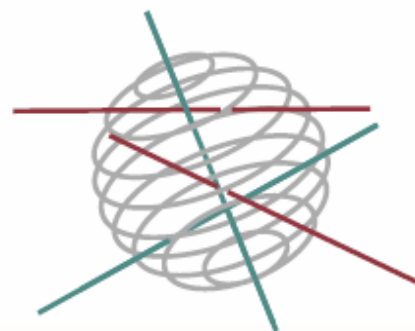


SSD

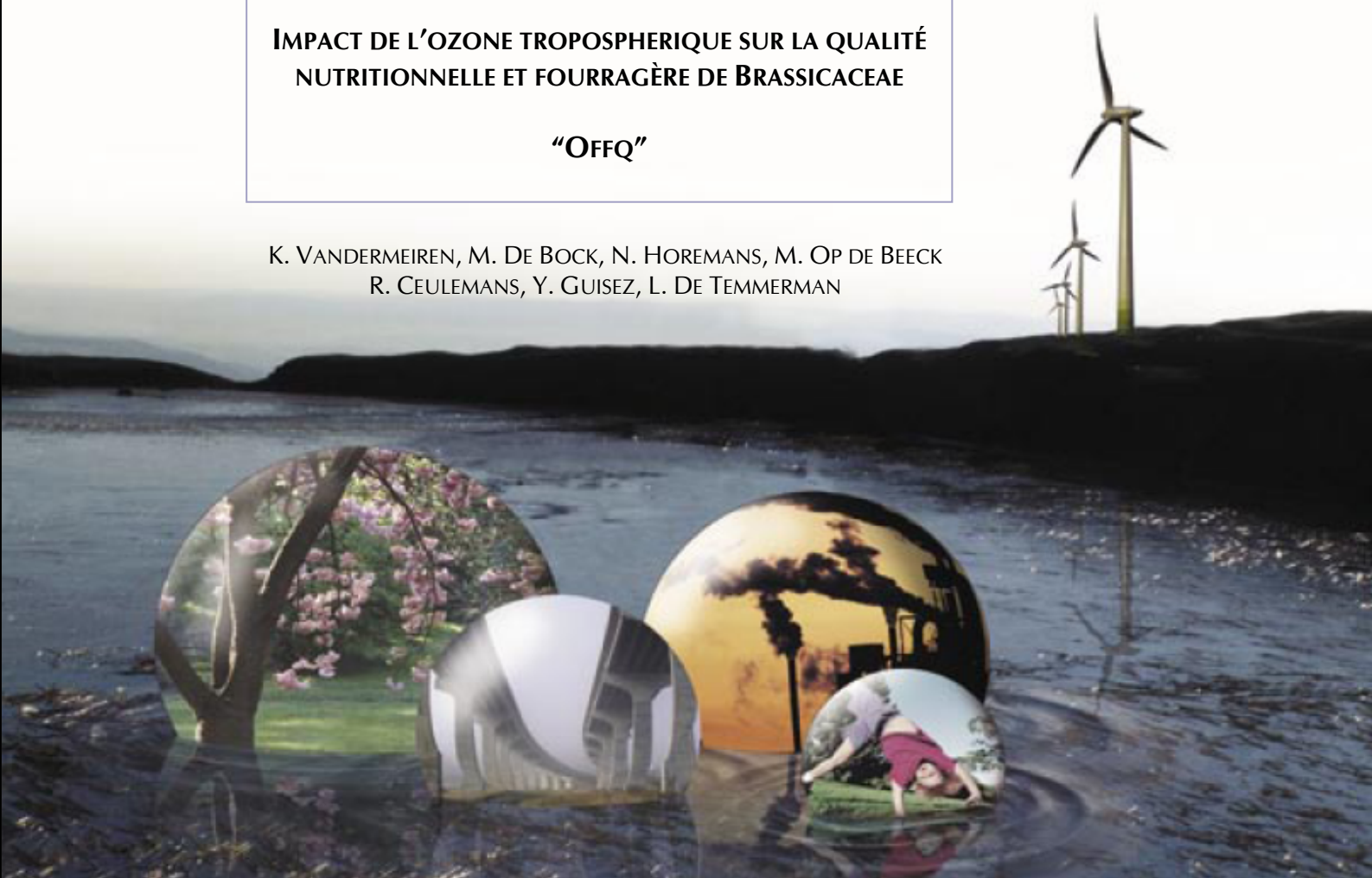
SCIENCE FOR A SUSTAINABLE DEVELOPMENT



IMPACT DE L'OZONE TROPOSPHERIQUE SUR LA QUALITÉ NUTRITIONNELLE ET FOURRAGÈRE DE BRASSICACEAE

“OFFQ”

K. VANDERMEIREN, M. DE BOCK, N. HOREMANS, M. OP DE BEECK
R. CEULEMANS, Y. GUISEZ, L. DE TEMMERMAN



ENERGY



TRANSPORT AND MOBILITY



AGRO-FOOD



HEALTH AND ENVIRONMENT



CLIMATE



BIODIVERSITY

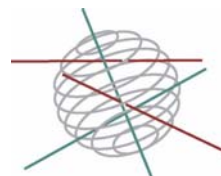


ATMOSPHERE AND TERRESTRIAL AND MARINE ECOSYSTEMS



TRANSVERSAL ACTIONS





Agro-Alimentaire

RAPPORT FINAL PHASE 1
RESUME

**IMPACT DE L'OZONE TROPOSPHERIQUE SUR LA QUALITÉ
NUTRITIONNELLE ET FOURRAGÈRE DE BRASSICACEAE**

"OFFQ"

SD/AF/02A

Karine Vandermeiren (VAR)
Maarten De Bock (UA)
Nele Horemans (UA)
Maarten Op de Beeck (UA)
Reinhart Ceulemans (UA)
Yves Guisez (UA)
Ludwig De Temmerman (VAR)

Février 2009





Wetenschapsstraat 8
B-1000 Brussels
Belgium
Tel: +32 (0)2 238 34 11 – Fax: +32 (0)2 230 59 12
<http://www.belspo.be>

Contact person: Christine Mathieu
+32 (0)2 238 34 93

Neither the Belgian Science Policy nor any person acting on behalf of the Belgian Science Policy is responsible for the use which might be made of the following information. The authors are responsible for the content.

No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without indicating the reference

K. Vandermeiren, M. De Bock, N. Horemans, M. Op De Beeck R. Ceulemans, Y. Guisez, L. De Temmerman. ***Impact de l'ozone troposphérique sur la qualité nutritionnelle et fourragère de Brassicaceae "OFFQ"***. Rapport final Phase I Résumé. Bruxelles : Politique scientifique fédérale 2009 – 6 p. (Programme de recherche La Science pour un Développement Durable)

Résumé

Durant les deux expériences de screening successives en chambres climatiques fermées, 4 cultivars différents de *Brassica napus* (colza) et de *Brassica oleracea* L. cv Italica (brocoli) ont été testés quant à leur sensibilité relative à l’O₃. Le but était, sur la base d’une brève exposition aiguë à l’O₃, de sélectionner le cultivar le plus sensible pour les expériences en champ. Ces expériences ont en outre étaient utilisées pour mettre au point en laboratoire les techniques biochimiques et moléculaires et pour tester les mesures de fluorescence et de photosynthèse. Malgré le nombre réduit de répétitions, un certain nombre de conclusions provisoires ont pu être tirées :

- L’exposition aiguë à l’O₃ a provoqué dans le brocoli une diminution significative de l’antioxydant ASC, indépendamment du cultivar testé. La concentration en GSH, en revanche, ne s’est pas trouvée modifiée.
- Aucune modification significative de la teneur totale en glucosinolate (GSL) des feuilles n’a été constatée, mais une augmentation pour la gluconapine et la glucobrassicinapine a cependant été notée dans le colza.
- Il est ressorti des mesures physiologiques et biochimiques dans l’expérience aiguë que les variations sur les mesures étaient grandes. Sur la base de ces résultats, il a été décidé d’augmenter le nombre de répliques dans les expériences suivantes.
- Au cours des expériences d’exposition aiguë à l’ozone, une diminution de l’activité de photosynthèse et de la teneur en chlorophylle a été observée, mais cet effet n’était significatif que pour un nombre restreint de cultivars.
- Sur la base de leur réponse physiologique à l’O₃, les cultivars Monaco (brocoli) et Ability (colza) ont été sélectionnés pour les expériences OTC (chambre Open-Top).

Cette expérience aiguë à l’O₃ a été répétée en 2008, mais avec un seul cultivar par type (Monaco et Ability) et avec des concentrations en O₃ supérieures afin d’accroître la fiabilité des résultats. Cette exposition a entraîné, contrairement à la première série, des dommages visibles aux feuilles pour ce qui est du colza. Les mesures de fluorescence ont permis de constater pour les deux espèces une baisse de l’efficacité de la photosystème consécutive à une diminution du nombre de centres de réaction photochimiques actifs (significative pour le brocoli). Cela allait en outre de pair avec une tendance à la perte d’énergie à hauteur de l’antenne de chlorophylle. Les résultats biochimiques de cette expérience sont actuellement encore incomplets. Dans le brocoli, la capacité antioxydative totale et la teneur en GSL totale des feuilles ont augmenté, et ce à l’inverse de la première série d’expériences.

L’objectif principal des expériences en chambre Open-Top consistait à vérifier quel peut être l’effet d’une augmentation prolongée, plus modérée des concentrations en O₃ sur le rendement et la qualité de *Brassica napus* et de *Brassica oleracea* cv Italica, et ce dans des conditions semi-champ. En relation avec les aspects de sécurité et de santé de la chaîne alimentaire, l’attention s’est surtout portée dans ce cadre sur les changements de teneur en GSL et vitamines dans les légumes de brocoli et dans les graines de colza.

Surtout pour le colza, les différences de conditions climatiques entre les deux saisons de pousse avaient été importantes. Une sécheresse persistante a gêné la croissance pendant la première saison de pousse (2007). Surtout dans les OTC’s, il y avait une réduction notable de la densité de plantes en comparaison avec les OP (60 pl/m²

contre 90 pl/m²). Le courant d’air constant dans les OTC’s a entraîné une évaporation supérieure de l’eau du sol. Cette croissance irrégulière est probablement également à la base de quelques résultats contradictoires en 2007. Des concentrations environnementales supérieures d’O₃ et une croissance plus uniforme ont valu des résultats d’une fiabilité supérieure en 2008. Ainsi, en 2008, lors du traitement O₃ le plus élevé, des dommages visuels clairs ont été constatés dans les deux espèces. Les conditions météorologiques moins favorables en 2007 ont également limité le nombre de mesures en champ. En 2008, la pousse et les paramètres physiologiques ont pu être suivi toutes les semaines dans les OTC’s. De ce fait, le nombre de mesures dans les OP’s a toutefois dû être limité, comme proposé par le comité de suivi.

L’exposition à des concentration accrues en O₃ entraîne un certain nombre de modifications physiologiques chez le colza, que l’on peut généralement associer à une sénescence accélérée juste après la période de floraison. Cela s’exprimait notamment par une diminution accélérée de la surface des feuilles, de l’activité de photosynthèse (A_{sat}) et de la teneur en chlorophylle. La diminution de l’efficacité photochimique ressortait également clairement des paramètres de fluorescence : baisse de l’efficacité photochimique potentielle et effective, indice de performance, nombre de centres de réaction photochimique actifs par surface de feuille, les différents flux d’énergie en photosystème II, mais en revanche une hausse de la perte d’énergie à hauteur de l’antenne de chlorophylle. Ces effets dépendent du stade de développement phénologique de la feuille. Les mesures de chlorophylle sur les feuilles du dessus, plus jeunes, et sur les feuilles plus anciennes situées plus bas montrent que ce phénomène se produit dans toutes les feuilles, mais que les effets deviennent plus marqués à mesure que les feuilles vieillissent.

Cela explique en outre pourquoi, contrairement au colza, aucune différence de photosynthèse et d’efficacité photochimique n’a été constatée dans les feuilles supérieures du brocoli. En effet, le brocoli est récolté avant la période de floraison et avant que la sénescence n’intervienne. Les feuilles inférieures du brocoli réagissent cependant avec une diminution de la photosynthèse consécutive de l’exposition accrue à l’O₃. Il ressort en outre que les paramètres de fluorescence mesurés après adaptation à l’obscurité présentent une sensibilité légèrement supérieure à l’O₃ par rapport aux mesures d’échange gazeux.

Les analyses biochimiques des échantillons sont actuellement encore en cours. En 2007, une augmentation de la capacité antioxydante (TAC) sous l’influence de l’O₃ a été constatée. Les concentrations de α -tocopherol (TOC) dans les feuilles de brocoli connaissent une forte hausse pendant la transition du stade végétatif au stade génératif. Les deux années, une diminution de TOC consécutive de l’O₃ a été constatée dans les feuilles de brocoli pendant la phase générative. Les feuilles de colza présentaient pendant la croissance générative une tendance à la diminution tant de l’ASC total que réduit, tandis que le phénomène opposé se produisait dans le brocoli. Ce dernier a également été constaté après l’exposition aiguë à l’O₃.

Comme déjà mentionné, la croissance irrégulière du colza en 2007 a pour conséquence que les effets sur le rendement et la qualité sont difficiles à interpréter. Les résultats de 2008 présentent une meilleure fiabilité. La dose la plus élevée d’exposition à l’O₃ (NF⁺⁺) a causé une diminution du rendement des graines de 29%. Bien que non significative en 2007, une même réduction a été constatée lorsque le rendement du niveau d’exposition le plus élevé a été comparé avec celui du

niveau intermédiaire (NF⁺). Il existe une corrélation avec la diminution du poids de mille grains. Les graisses et les protéines sont les deux fractions les plus importantes dans les grains de colza (60% de la masse totale). La teneur en protéine n’a pas été influencée par l’O₃. En 2008, l’O₃ a toutefois induit une diminution sensible de l’acide oléique et du pourcentage d’huile. En revanche, une hausse de l’acide linoléique et du pourcentage d’acides gras saturés a également été observée. La même tendance a également été constatée en 2007 lorsque nous comparons le traitement NF⁺⁺ avec NF⁺.

L’augmentation de l’acide linoléique est importante pour l’alimentation humaine étant donné qu’il s’agit d’un acide gras oméga 6 que nous ne sommes pas capables de synthétiser nous-mêmes. Dans le fourrage pour bétail, un excès de GSL peut avoir de graves conséquences. Des doses trop élevées entraînent notamment une diminution de la digestibilité, un grossissement de la glande thyroïde et une anémie. Dans ce contexte, il est important que la concentration en GSL du colza reste dans des limites de sécurité déterminées. Dans nos expériences, les grains de colza contiennent principalement de la progoitrine, gluconapine et 4OH-glucobrassicine. L’O₃ n’a pas entraîné de changement significatif de la concentration totale en GSL, et des changements dans la composition en GSL n’ont pas non plus été observés.

Le rendement de brocolis frais, vendables, montrait une nette réduction de poids consécutive de l’augmentation des concentrations d’O₃. Cette tendance n’a cependant pas été constatée en 2008, malgré les niveaux supérieurs d’O₃ cette année-là. Cette tendance se retrouve également dans le poids à sec de différentes parties de la plante. Aucune explication n’a encore pu être donnée à ces résultats contradictoires. Cela pourrait être imputable à la récolte plus précoce en 2008 ou à une différence d’absorption d’O₃ entre les deux années. Une première paramétrisation de la conductance stomatique pour l’O₃ indique déjà clairement l’existence d’une grande variation dans l’absorption relative d’O₃ en fonction des conditions climatiques. Le brocoli présente, malgré une exposition AOT40 inférieure, quand même une absorption d’O₃ cumulative relativement supérieure à celle du colza. Ces données requièrent certainement un examen plus approfondi pour mettre en lumière des relations claires entre absorption d’O₃ et réponses quantitatives, pour pouvoir ainsi mieux évaluer les risques liés à l’O₃.

La qualité du brocoli en relation avec l’homme est surtout déterminée par la teneur en protéines, vitamines et GSL. Les deux saisons, aucune différence significative n’a été trouvée dans les teneurs en protéines. Pour les vitamines non plus, aucune différence n’a été constatée en 2007. Les données de 2008 ne sont cependant pas encore disponibles. L’exposition prolongée à l’O₃ a néanmoins provoqué une augmentation significative des GSL aliphatiques (glucoiberine et glucoraphanine). Ce dernier est le GSL le plus courant dans le brocoli. Toutefois, aucune augmentation significative de la teneur en GSL totale n’a été constatée. Une certaine diminution des GSL indoliques (glucobrassicine et néoglucobrassicine), bien que non significative, pourrait en être responsable.

Cette modification de la relation entre GSL aliphatiques et indoliques est importante pour la santé humaine. Les propriétés anticarcinogènes sont en effet surtout imputables aux GSL aliphatiques comme la glucorapha

En résumé, nous pouvons affirmer que la première phase du projet OFFQ a été réalisée selon le planning prévu, à l’exception des déterminations moléculaires qui ont pris un peu de retard. Grâce aux avis du comité de suivi et au renforcement des effectifs, ce problème a été résolu et ces informations seront disponibles dans le courant de 2009. Les résultats de cette première phase de projet confirment clairement qu’une pollution croissante à l’O₃ entraîne des modifications physiologiques et biochimiques dans les espèces brassica étudiées. Il convient encore d’examiner si les effets sur la qualité de la récolte peuvent influencer de manière importante les aspects de santé et de sécurité de la chaîne alimentaire. Le défi de la deuxième phase de ce projet consiste en outre à faire le lien entre les effets physiologiques et biochimiques et les changements au niveau moléculaire.