

“Un demi siècle d’expérience”



Rapport sur la recherche scientifique concernant les restaurations des fortifications de Naarden, ville forte aux Pays-Bas.

J. Kamphuis, S.A.P. Nooren, M.C. Brouwers et A.J.W. Hoek.



La situation géographique de Naarden, avec les principales lignes de défense, les *Waterlinie* (paysages inondables) qui protégeaient Amsterdam et le cœur des Pays-Bas. En gris, autour de la capitale, la *Stelling van Amsterdam* (position d'Amsterdam) En violet: l'ancienne *Hollandse Waterlinie*. En jaune foncé: la nouvelle *Hollandse Waterlinie*, démontrant bien la position de Naarden, stratégique pour la défense d'Amsterdam. En jaune clair: la *Grebbelinie*, qui aurait du retenir l'ennemi à une plus grande distance d'Amsterdam en 1940.
 (Source: "Sterk water, de Hollandse Waterlinie". Utrecht 2002.)

**Titre original: *Onderzoek restauraties Vesting Naarden*
La Haye, 2010**

Traduction et additions:

Carlos Scheltema
carlos@scheltema.org

Jan van Tuin
jan-van-tuin@planet.nl

Septembre 2011



Au premier plan: la courtine entre les bastions *Oranje* et *Katten*, restaurée, dénudée, montrant la fortification prête à un siège.

A l'arrière-plan: le bastion *Katten* en 2010, restauré, couvert d'arbres, montrant la situation en temps de paix.

(RGD 2010).

Préface

par Nicolas Faucherre.

Le patrimoine militaire a longtemps été le parent pauvre d'une bonne gouvernance en termes de restauration des monuments historiques. À cet état de fait qui marque le second XXe siècle, deux causes principales peuvent être identifiées.

D'une part, les forteresses sont longtemps restées l'apanage du champ militaire, qui a privilégié la réactualisation au détriment de la patrimonialisation, le fait militaire étant a priori antinomique avec le fait patrimonial ; par suite, cet état de fait a entraîné pour le grand public un relatif désintérêt pour ces masses hermétiques, auxquelles il manquait — pour comprendre l'intelligence tactique, la résistance des matériaux au choc et l'économie de moyens qui avaient présidé à leur érection — les clés d'une culture scientifique et technique désormais obsolète.

D'autre part, l'attention du restaurateur n'était portée que sur la seule maçonnerie, dont la restitution selon des techniques traditionnelles entraînait des surcoûts considérables, compte tenu du talutage des escarpes plus exposées que dans d'autres champs patrimoniaux aux chocs thermiques et des coups auxquels, par destination première, elle avait pu être exposée ; cet état de fait a longtemps fait ignorer la subtile rencontre de la maçonnerie avec l'eau, la terre damée et le couvert végétal qui caractérise ces ensembles fortifiés, hors du commun par leur échelle territoriale et que nous raconte, mieux que nulle part ailleurs, Naarden.

L'étude présentée ici, que j'ai la joie de préfacier, affirme avec beaucoup de rigueur et de conviction la nouvelle déontologie de la restauration du patrimoine militaire classique qui se fait jour actuellement en Europe, dans la suite des écoles de restauration québécoises et finlandaises. À cet égard, la restauration exemplaire menée au bastion Katten de Naarden se place à la rencontre de quatre démarches concomitantes. Une saine application de la charte de Venise, d'une part, qui intègre les notions de réversibilité, de conservation des textures originelles et de lecture des états successifs. Une prise en compte du monument dans sa globalité, d'autre part, qui porte une attention extrême à toutes les composantes de la fortification et à leur mariage fusionnel. L'observation archéologique fine de la structure lors du démontage et la convocation de nombreuses méthodes scientifiques permettant la datation et la caractérisation des matériaux, par ailleurs, qui permet d'approcher au plus prêt la texture originelle du monument. La volonté, enfin, de ne pas restituer là où commence l'hypothèse, ce qui permet de conserver l'esprit des lieux et la magie de la ruine, sans intervention dénaturante.

Le principal mérite de l'étude est de faire comprendre l'importance d'une gestion empirique du monument, basée sur l'observation des comportements d'une maçonnerie sur le long terme et sur l'amélioration constante des techniques de restauration en tenant compte des erreurs antérieures. D'où la nécessité d'une gestion centralisée de la restauration et d'un observatoire des techniques employées. Certaines observations sur le long terme aboutissent ainsi au contraire de ce que le sens commun considèrerait juste, comme par exemple les effets néfastes de la végétation sur le rempart, qui s'avèrent partiellement ineptes.

En somme, cette expérience originale sur la gestion sanitaire du patrimoine militaire mérite pleinement d'être publiée et diffusée vers les praticiens de la restauration, tant elle recèle d'observations importantes sur les désordres causés par des gestes de sauvegarde malencontreux ! D'où l'importance de documenter chaque geste comme chaque matériau exogène introduit en structure et de surveiller l'évolution des pathologies pour en déterminer les causes anthropiques.

Naarden s'offre désormais comme le laboratoire de cette nouvelle philosophie et des bonnes pratiques de la restauration pour l'ouvrage de brique et de terre gazonnée baignant dans l'eau. Formulons le vœu que ce Naarden-là fasse beaucoup d'enfants !

Nicolas Faucherre

- Professeur des universités (Nantes)

- Professeur associé à l'école de Chaillot

- Expert Unesco pour le patrimoine fortifié et représentant français d'Icofort

- Responsable de l'équipe de castelologie du Centre d'études Supérieures de Civilisation médiévale (UMR 6223 du CNRS, Poitiers)

Table des matières.

	Recherche scientifique concernant les restaurations des fortifications de Naarden, ville forte aux Pays-Bas.	1
1	Introduction	2
2	Description de l' objet des recherches	3
2.1	Histoire générale	3
2.2	Histoire des méthodologies de restauration	5
3	Motifs des recherches sur la méthodologie des restaurations	11
3.1	Introduction	11
3.2	Le bastion <i>Oranje</i>	13
3.3	Le bastion <i>Katten</i>	15
3.4	Objets à problématique pareille	16
3.5	Autres publications sur les restaurations des fortifications de Naarden	18
4	Dessein des recherches sur la méthodologie de la restauration du bastion <i>Katten</i>	18
4.1	Pourquoi ces recherches ?	18
4.2	Coordination et participants	19
5	Différents domaines de recherche	20
5.1	Introduction	20
5.2	Histoire de la construction	20
5.3	Histoire de la verdure	23
5.4	Maçonnerie: mortier de hourdage, mortier de rejointoiement et briques	24
5.5	Structure du sol	30
5.6	Végétation	31
5.7	Régime des eaux	36
6	Conclusions les plus importantes	38
7	Recommandations pour les restaurations futures	42
7.1	Recherches et conséquences	42
7.2	Restauration et éthique: de la vision au plan d'exécution	43
7.3	Ambition: l'avenir des fortifications de Naarden.	43
7.4	Méthodologie de la restauration et de l'entretien	43
7.5	Plan de gestion de la végétation sur le bastion <i>Katten</i>	44
8	Questions à étudier	45
	Glossaire	47
	Sur les auteurs	47
	Littérature	48



Flanc droit du bastion *Katten* après la restauration. (RGD)

Recherche scientifique concernant les restaurations des fortifications de Naarden, ville forte aux Pays-Bas.

A la veille de la restauration du bastion Katten, qui fait partie de la ville forte de Naarden aux Pays Bas, des questions critiques surgirent sur la vision et la méthodologie suivies jusqu'à ce moment pour les restaurations des fortifications de la ville. L'Etat, qui est le propriétaire de ce monument important, a confié l'entretien et la gestion au Rijksgebouwendienst (le service national pour les bâtiments appartenant à l'Etat). Ce service est un directeur-général du ministère de l'Intérieur. En 2006, le Rijksgebouwendienst (désormais abrégé RGD) a commencé des recherches visant une révision des méthodes employées jusque là. Ces recherches semblaient nécessaires après la découverte de fautes dans l'exécution des restaurations précédentes dans les fortifications, après les problèmes survenus lors de la récente réception des travaux à la demi-lune no. 6 et vu l'état actuel du bastion Oranje déjà restauré.

A fin d'arriver, pour le bastion Katten, à une méthode de restauration bien fondée et offrant des possibilités plus larges d'être appliquées aux maçonneries massives en général. Le bastion Katten a été intégralement examiné en étudiant tant les interventions architectoniques que l'influence de la végétation et la composition précise des terrassements.

Une conclusion largement soutenue est que la végétation existante sur le bastion *Katten*, qui comprend arbres, broussailles et herbes, n'a pas nécessairement une influence négative sur la maçonnerie des bâtiments. Les arbres et les plantes à proximité des murs recouverts de terre, ont en général leurs racines dans la terre et non dans les murailles. Seulement là où les maçonneries et les joints sont endommagés, des semis ont la possibilité de se développer dans la maçonnerie. Leurs racines peuvent alors causer des dégâts considérables.

En outre il se révéla que la composition des masses de terre avait une grande influence sur l'écoulement des eaux de pluie. Une masse de terre telle que celle sur le bastion *Katten*, couverte d'une épaisse couche d'humus, a une grande capacité d'accumulation d'eau. A travers elle, les eaux s'écoulent graduellement. Avec une pareille composition de la couche de terre, celle-ci ne se dessèche guère, même pas pendant des sécheresses prolongées. Les restaurations précédentes ont perturbé les couches de terre, ce qui a causé une dégradation considérable de ces propriétés favorables. En cas de déplacement de la couche de terre, il est donc important de le faire très soigneusement.

Les recherches démontrent que les algues et les lichens présents n'ont pas d'influence négative sur la maçonnerie. Souvent au contraire, ils contribuent positivement au régime des eaux souterraines et au transport de l'eau.

Les membranes en matière synthétique, utilisées pour les restaurations antérieures, causent en général plus de dégâts qu'ils n'en préviennent. La pratique a démontré que la matière vieillit assez rapidement. A cela s'ajoute que là où les membranes sont déchirées ou bien leurs joints mal soudés, leur imperméabilité n'est plus intacte. L'ensemble d'affaissements et d'applications fautives des membranes a causé de fausses nappes phréatiques (des poches d'eau), d'où l'eau ne peut s'échapper. Les dalles de recouvrement en pierre de taille, posées lors des restaurations précédentes, n'y étaient pas à l'origine. Non seulement elles ont modifié l'aspect des fortifications en fut modifié, mais il s'avéra qu'elles contribuent négativement au système capillaire de l'évacuation des eaux de pluie.

On a constaté que les travaux de redressement et de restauration des murs recouverts de terre doivent se faire après le mois de mars et avant le mois de novembre, si des mortiers de chaux et de trass sont utilisés.

Là où les nouvelles briques et les nouveaux jointoiments rejoignent l'ouvrage existant, il est de toute importance d'être conscient de leurs propriétés mutuelles. En général, la brique et les joints doivent avoir la même capacité d'évacuation de l'humidité.

Au bastion *Katten*, les propriétés de la maçonnerie, tels que les propriétés hygroscopiques de la brique et la composition des mortiers pour la maçonnerie et pour les jointoiments, sont actuellement exactement connus.

La mise au point d'un plan de gestion et d'entretien est en somme essentiel pour maintenir le bastion en une condition optimale. L'entretien régulier des maçonneries et des végétations selon des prescriptions fixes et contrôlées peut prévenir beaucoup de dégâts.

1 Introduction

Naarden est la référence nationale par excellence pour la restauration des murs plein massif des fortifications. Dans l'ébauche du rapport *Recherche de la méthodologie des restaurations à Naarden* de Kamphuis et Brouwers (2006), les auteurs concluent déjà que la vision datant de 1964 sur les restaurations mérite un regard critique. Ce qui y a donné lieu étaient les différents problèmes dans les fortifications. Grâce à l'augmentation des connaissances des matériaux et des causes de dégâts, il doit être possible d'arriver à des solutions plus durables.

Une recherche démarra fin d'arriver à une vision et une méthodologie solide pour le bastion *Katten*. Différents disciplines et bureaux de recherches y sont engagés, de sorte qu'il est question d'une exploration intégrale du bastion *Katten*. Les recherches se concentraient sur la composition, la construction et le fonctionnement de la maçonnerie existante et celle à restaurer.. Un autre thème important était la relation entre la maçonnerie et la verdure.

La recherche a été ordonnée et coordonnée par la RGD et exécutée pas à pas par les différents partis engagés.

Le rapport présent commence avec l'histoire de la ville forte et la raison de ces recherches. Suivent le détail de l'organisation de la recherche et l'énumération des participants.

Le chapitre 5 éclaire de manière plus détaillée les objets des recherches. Les résultats des recherches sont présentés dans le chapitre 6. Finalement les conclusions et les recommandations suivent dans les chapitres 7 et 8.

Pendant les recherches et les restaurations surgirent de nouvelles questions, qui n'ont pas encore été toutes résolues. Les recherches forment donc également une base pour la continuation de recherches visant ces questions, menant finalement à une meilleure compréhension et une meilleure sauvegarde de notre patrimoine.



1 Grand arbre qui absorbe l'eau et tient ainsi le sol sec. Casemate au bastion *Promers*. (RGD 2006)

2 Description de l' objet des recherches

2.1 Historique.

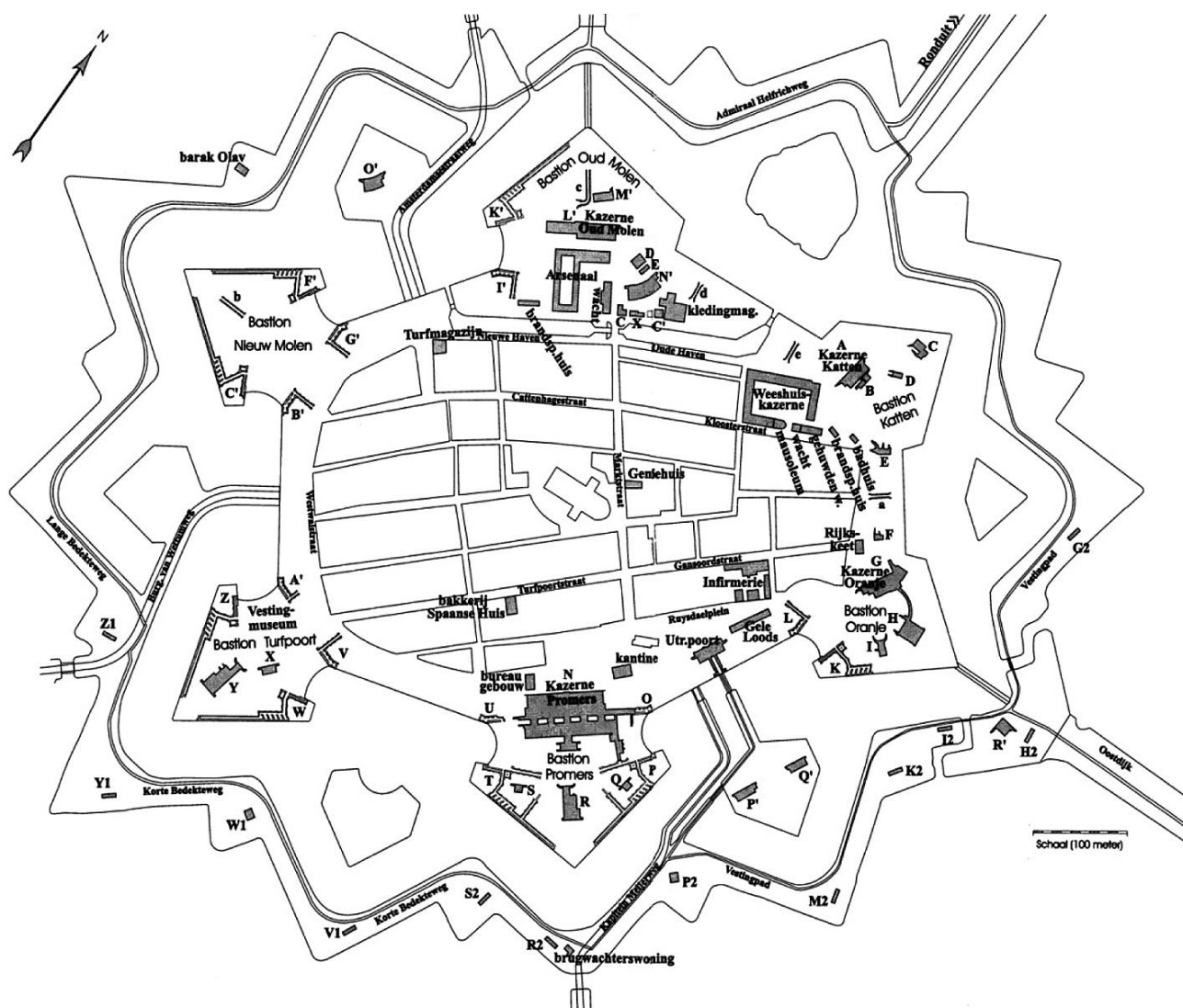
Faisant partie de la grande ligne de défense par inondation, la *Hollandse Waterlinie*, la ville forte de Naarden verouillait jadis l'accès vers Amsterdam. Cet accès inondable longeait la côte méridionale de la mer intérieure le *Zuyderzee*. En 1926, Naarden perdit son classement d' objet militaire et ne joua dès lors plus de rôle dans la *Waterlinie*.

La ville forte, qui fut en 1921 inscrite dans la liste provisoire des monuments historiques classés, fut au moment de son déclassement en 1926 en grande partie transférée au ministère, alors de l'Education nationale, des Arts et des Sciences. Depuis 1961 la gestion de ses intérêts transmis se trouve confiée au RGD. (Note du traducteur : le RGD fait actuellement partie du ministère des Affaires Intérieures et des Relations du Royaume.)

Quelques éléments, dont le ministère de la Défense faisait encore usage, ont été transférées pendant les deux décennies suivantes. Actuellement, la responsabilité pour les fortifications incombe en premier lieu sur le RGD. Il va sans dire que la commune de Naarden et le RGD sont des partenaires importants en ce qui concerne l'entretien, la gestion et l'emploi des fortifications.



2 Photo aérienne de la ville forte de Naarden. Encerclés en rouge : à gauche le bastion *Oud-Molen*, à droite le bastion *Katten*. (RGD)



3 Dessin de la ville forte de Naarden. Les bâtiments numérotés portent des numéros qui leur sont attribués par le Ministère de la Guerre au 19^{me} siècle. (Kips 2001)

Par suite de la guerre Franco-Allemande de 1870, la *Vestingwet* (loi sur les fortifications) fut votée en 1874. Cette loi a conduit entre autres à une modernisation totale de la *Nieuwe Hollandse Waterlinie*, la ligne de défense dont Naarden faisait partie. A Naarden, cette modernisation s'achevait aux environs de l'année 1880. Plus tard, la ville forte n'a été mise et tenue en état de défense qu'une seule fois: à la veille et pendant la Grande Guerre (28 juillet 1914 – 11 novembre 1918) Après, presque aucun entretien eut lieu pendant la période où Naarden était un objet militaire.



4 La demi-lune no. 6 devant la courtine entre les bastions *Oranje* et *Promers*. Les réparations au mur de revêtement sont bien visibles. (RGD)

2.2 Histoire de la méthodologie de restauration

Introduction.

En 1964, la RGD a commencé la restauration des fortifications de Naarden. On supposait que les fortifications entières pourraient être restaurées en un cycle continu. En réalité les choses se sont passées différemment. Il y a eu de longues discontinuités et actuellement un bastion et demi, dont le bastion *Katten* (note du traducteur : en 2011 seulement un demi bastion, la restauration du bastion *Katten* étant achevée.) et deux demi-lunes attendent leur restauration. (Scheltema-Vriesendorp 2005) (note du traducteur : la note réfère à un article sur les restaurations que Elisabeth Scheltema née Vriesendorp a publié en 2005 dans *Tussen Vecht en Eem*, la revue de l'histoire régionale.)

Points de départ et vision en 1964.

Les restaurations pendant les quarante années précédentes ont été exécutées selon les principes choisis en 1964. C'est surtout la fondation Néerlandaise Menno van Coehoorn qui a en ce temps apporté plusieurs point de départ et qui les a fixés sous forme de directives. (Comité Technique de la fondation Menno van Coehoorn 1981. Ces directives étaient en grande lignes :

- l' éloignement de la plus grande partie de la végétation ;
- la pose sous les terrassements d'une membrane étanche, déversant les eaux pluviales jusqu'à environ huit mètres derrière les murailles ;
- le recouvrement des murailles par des dalles de pierre bleue (pierre d'Ecausine) ;
- le remplacement de presque toute les maçonneries jugées mauvaises.

But de la restauration était de montrer une ville forte prête à se défendre. Pour cela les murailles et les ouvrages en terre seraient remis soit à l'état où ils se trouvaient en 1874 – 1880, soit à l'état du 17^{me} siècle, comme au bastion *Nieuw Molen* (Moulin Neuf) en éloignant la plus grande partie de la végétation. L'idéal était l'aspect d'une ville forte prête à subir un siège.

Hélas on a manqué d'établir pour ces restaurations des visions sur l'emploi et la gestion. Presque aucun entretien n'a donc eu lieu après que les restaurations furent achevées. Seul le fauchage des herbes hautes était prévu comme entretien périodique. Au milieu des années '90 les premières interrogations sur cette vision et cette méthodologie de restauration surgirent.

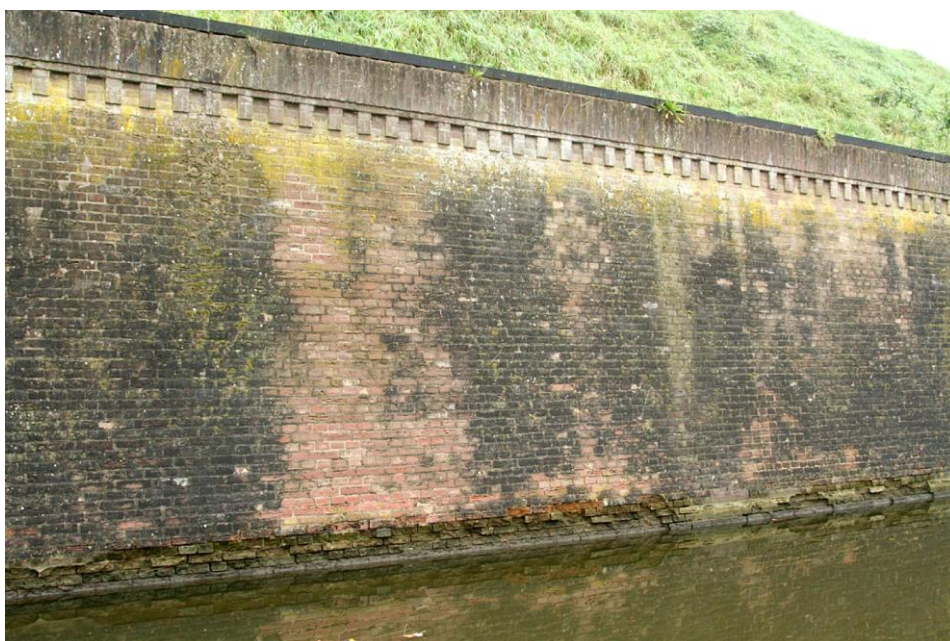
A la veille de la restauration des derniers éléments de fortifications revêtus de brique (le bastion *Katten* et la moitié droite du bastion *Oud Molen* (Vieux Moulin) le RGD veut, en utilisant l'évaluation des restaurations durant les 40 années précédentes, en venir à un renouvellement du programme d'exigences pour la restauration de ces éléments. Cette évaluation devra également mener à des recommandations pour la gestion des éléments déjà restaurés et ceux qui seront encore restaurés. Ceci est surtout important pour les murailles recouvertes de terre, les terrassements et les casemates vides et non louées, qui même après leur restauration furent à peine entretenus. En plus de la vision appliquée aux restaurations, une vision sera rédigée pour l'emploi et la gestion quotidiens. La vision sur la gestion est en premier lieu une responsabilité du RGD, la vision sur l'emploi devra être un produit collectif du RGD et d'autres institutions. (Particulièrement la commune et le service de l'Etat pour le patrimoine culturel.)

Les restaurations depuis 1964 jusqu'à 2003.

En 1964, les restaurations ont commencé avec la restauration de la moitié gauche du bastion *Oud Molen*. (Vieux Moulin) La vision sur la restauration et la méthodologie appliqués sont fixés en deux directives de la fondation Menno van Coehoorn, les *recommandations concernant les mesures pour parer aux problèmes d'humidité dans les locaux et les murailles recouverts de terre*. (Comité Technique de la fondation Menno van Coehoorn 1981) Il en est résulté une image de la ville forte Naarden en état d'alerte, avec des ouvrages de terre à profils accentués et dénués de végétation. Dans les 40 années suivantes, on ne s'est guère écarté de cette vision introduite en 1964.

L'entretien en retard aux fortifications était en 1964 la raison la plus importante pour entamer les restaurations. Les dégâts apparents aux maçonneries, caractéristiques pour l'entretien en retard, étaient surtout en rapport avec l'eau traversant les murs des fortifications et des percements d'eau dans les gîtes recouvertes de terre. Le problème à résoudre le plus important pour la restauration des fortifications était donc la présence d'eau à des endroits indésirables. Ce problème connaît plusieurs aspects :

- des ruissellements d'eau dans les gîtes recouvertes de terre ;
- l'apparition d'eau à la surface des murailles recouvertes de terre;
- les dégâts par la congélation de l'eau absorbée dans les murailles.



5 Face gauche du bastion Oranje. Les terrassements devenus hydrophobes dirigent les eaux pluviales vers l'extérieur du mur, qui en est partiellement rincé. Les plantes qui poussent juste en dessous des dalles de recouvrement, démontrent que l'eau s'écoule également par-dessous ces dalles. (RGD 2008)

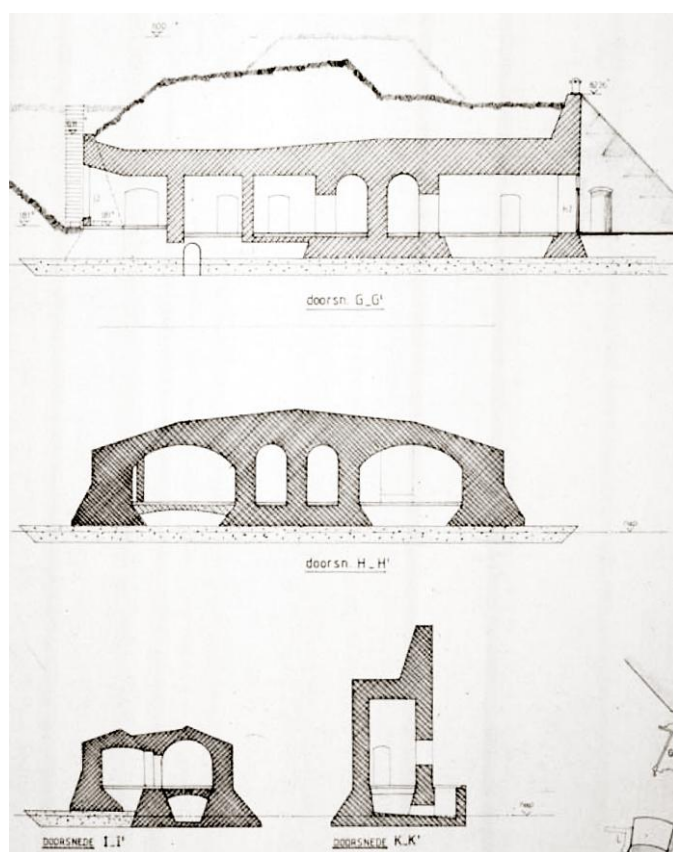
Pendant la restauration du bastion Oud Molen (1964-1966) on a cherché une solution pour empêcher l'eau de s'accumuler derrière le mur de revêtement. Le problème en question étaient les dégâts causés par la congélation de l'eau absorbée par le mur. Pour éviter la pénétration de l'eau dans les murs de soutènement, on a déblayé la terre sur et derrière ces murs et de poser jusqu'à environ huit mètres à partir du sommet du mur de revêtement une couche imperméable pratiquement horizontale, avec une inclinaison dans la direction du terreplein. La couche imperméable consistait au premier abord en un produit à base de bitume, nommé *Hydrofaan*. Pendant les années '80, à la place du produit à base de bitume, on employait des membranes en matière plastique de différentes fabrications, en général à base de PVC.

Pour empêcher l'eau de pénétrer par le haut dans les murs de revêtement, des dalles de pierre bleue (pierre d'Ecausine) ont été posées sur le couronnement du mur. Les joints entre les dalles ont été mastiqués. A cause du vieillissement du mastic les joints deviennent des sources de fuites d'eau vers le mur sous-jacent.

Le problème des produits imperméables est leur vieillissement assez rapide et le fait que leurs propriétés les rendent à peine ou pas du tout réparables. Les membranes à base de PVC perdent leur élasticité et s'émiettent de sorte qu'après quelques années elles ne sont plus réparables. D'ailleurs, la garantie ne s'étend pas plus loin. Surtout, la lumière ultraviolette (UV) et les acides du sol causent une accélération rapide du vieillissement. Les membranes à base de bitume sont également tellement corrodées par les acides du sol et par l'ultraviolet, qu'après quelques années il n'en reste que leur trame en fil de verre. De même, les fixations des membranes au maçonneries ne sont pas durables. La pratique démontre que les fixations avec des lattes en bois dur, les chevilles, les vices et les bandes en acier inoxydable ne fonctionnent pas plus que cinq ans.

Aux restaurations à l'aide de membranes, les problèmes suivants se sont avérés pratiquement insolubles :

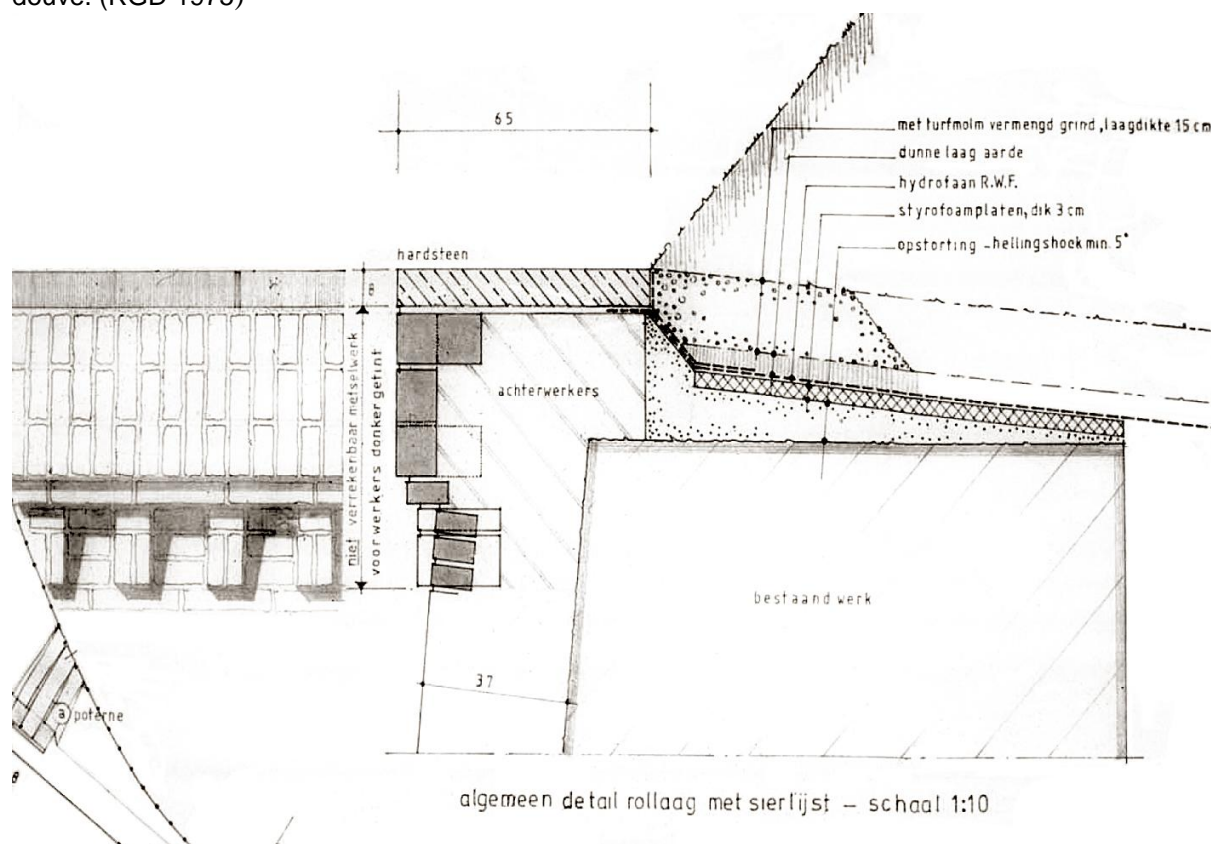
- les extrados des voutes des couloirs et des casemates à canons situées directement derrière les murs de revêtement, empêchent la pose des membranes avec un inclinaison vers le terreplein ;
- les tubes de ventilation et d'écoute percent les membranes; il est pratiquement impossible de rendre ces percements étanches.



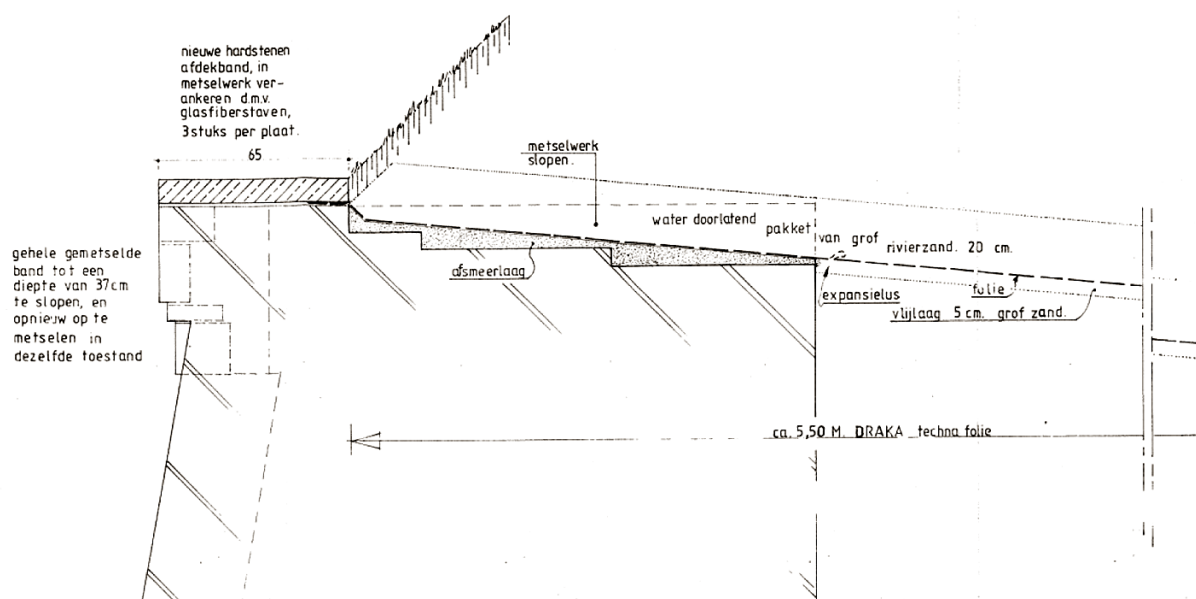
6 Coupe d'un gîte couvert de terre. Après l'invention de l'obus explosif, on a augmenté l'épaisseur du recouvrement de terre jusqu'à environ un mètre et demi. (RGD)



7 La terre des terrassements a été déstabilisée lorsqu'elle a été déposée temporairement dans la douve. (RGD 1975)



8 Coupe de la crête du mur de revêtement à l'endroit où on a fixé une membrane étanche qui s'étend sous la terre du terrassement. (RGD)



9 Coupe illustrant la façon dont on attendait que les eaux de pluie entrées dans le terrassement seraient empêchées d'entrer dans le mur de revêtement par l'apport d'une membrane étanche, fixée entre la maçonnerie du mur et les nouvelles dalles de recouvrement en pierre bleue et s'étendant sous la terre du terrassement.

Dans les années '80, en plus des membranes, on forait des trous à pieux remplis de sable ou de gravier. Ceux-ci avaient pour but d'accélérer l'évacuation des eaux vers la nappe phréatique. L'idée était que l'eau déversée par les membranes serait évacuée par ces pieux et ainsi n'arriverait pas dans les murs. Cependant le sable dans ces pieux forés se densifie rapidement, de sorte qu'après peu de temps le drainage cesse.

Après la pose des couches imperméables, la terre était remise en place et les profils réétablis. D'un certain nombre de restaurations, il est connu que la terre enlevée pour pouvoir mettre en place les couches imperméables était temporairement déposée dans la douve intérieure, en guise de digue pour pouvoir abaisser le niveau de l'eau entre cette digue et les murs de revêtement, afin de pouvoir restaurer la maçonnerie en dessous du niveau de l'eau. Après la terminaison des travaux, on remettait en place la terre déplacée mais les couches de terre originales étaient alors mélangées. De la stratification originale de la terre des ouvrages, il ne restait plus rien. On a employé cette méthode jusqu'en 2003 pour la restauration de la demi-lune n° 6.



10 La demi-lune no. 6 après la réception en 2003. Les mottes de gazon se détachent par endroits, ce qui rend la membrane sous-jacente sensible à des dégâts. (RGD)



11 A gauche : des photos fixées aux murs de revêtement pendant le festival de la photographie. A droite : les fixations derrière les dalles de recouvrement ont percé la membrane étanche. (à comparer aux coupes dessinées, fig. 8 et 9) (A.J.W.Hoek 2007)

3 Motifs des recherches sur la méthodologie des restaurations

3.1 Introduction

La raison directe de ces recherches est la réception de la demi-lune n° 6 en 2003. Après peu de temps on a découvert des erreurs d'exécution. Les problèmes de la méthodologie appliquée suscitèrent des questions sur les principes de restauration suivis jusqu'à ce moment. Après la réception de la demi-lune n° 6, les défauts suivants se manifestaient à plusieurs endroits:

- De l'eau traversant les murailles recouvertes de terre, et qui entraînait de la chaux et du sable.
- Dalles en pierre se détachant à plusieurs endroits.
- Membranes venant au jour par l'affouillement des ouvrages en terre.
- Talus perdant le profil désiré en peu de temps.
- Sérieuses fuites d'eau dans tous les gîtes recouverts de membranes imperméables.



12 Déchirure de la membrane étanche, causée par la trop grande fréquentation du gazon. Les eaux de pluie peuvent ainsi pénétrer dans le sol sous la membrane et ensuite ne peuvent s'écouler nulle part.

En ce qui concerne les problèmes d'humidité dans les gîtes, une nuance doit être apportée. Il s'agit ici de bâtiments militaires qui ne servaient qu'à un séjour court.

Les causes générales d'humidité dans les gîtes recouverts de terre sont à grouper comme suit:

- La présence de trous par lesquels l'eau entre librement (et parfois en quantités considérables), par exemple autour des tubes de ventilation.
- L'humidité causée par le fait que les bâtiments sont recouverts de terre dans laquelle l'eau de pluie se fraye un chemin, et l'humidité ascensionnelle depuis les sols et les fondations. En ce qui concerne l'imperméabilité, on distingue deux types de mur. Les gîtes d'avant 1870 se caractérisent par des voûtes en maçonnerie plein massif qui sont directement recouvertes de terre. Pour les gîtes d'après 1870 on a construit des murs creux à coulisse, par lesquels l'eau était évacuée par un système ingénieux. Ces gîtes-ci sont à peu près étanches, mais pas entièrement exempts d'humidité.
- Les sols sont directement posés sur la terre. Ceci cause de la froideur et de l'humidité ascensionnelle. Cette humidité y a toujours été et elle résulte de la mentalité spartiate des ingénieurs militaires. On ne peut guère remédier à cette humidité et à ses suites, comme la peinture qui s'écaille. Il faudra donc convaincre dès le début les utilisateurs futurs qu'ils ne peuvent pas disposer d'un gîte qui répond aux règlements modernes relatifs à la construction.



13 Malgré la présence de la membrane étanche, les eaux coulent par-dessus la crête du mur et même à travers le mur. La cristallisations des sels transportés par les eaux cause l'aspect taché.

Initiative et signalement de la problématique.

Vu les problèmes signalés ci-dessus, l'ingénieur E.J. Brans du RGD a donné en 1995 une première ébauche pour en venir à un inventaire des solutions choisies au cours des années. Le dessein de cette recherche était de découvrir une cohérence entre un problème constaté et sa solution. Il serait ainsi possible d'avoir le choix entre plusieurs solutions alternatives pour les restaurations suivantes. Par le fait que l'ingénieur Brans a trouvé un autre employeur, cette recherche systématique a été temporairement suspendue. En 2006, le RGD l'a reprise ce qui résultait en l'aperçu des ingénieurs Kamphuis et Brouwers. (2006)

La fondation Menno van Coehoorn avait déjà émis des conseils supplémentaires au profit de la restauration des fortifications de la ville forte. (Comité Technique de la fondation Menno van Coehoorn 1981). Un ou deux des membres de ce Comité ont été engagés aux restaurations de la ville forte de Naarden.

Problématique de la maçonnerie en bref

La problématique rencontrée initialement, en particulier aux murs de revêtement, se laissent résumer comme suit :

- Les briques qui se délitent à la surface de l'eau.
- Erosion des joints où s'implantent graminées et mousses.
- Le détachement de plaques de la maçonnerie.
- L'érosion des assises de briques posées de chant couronnant les murs de revêtement, ce qui permet à une végétation de graminées, de buissons et même d'arbres d'y pousser.
- Exsudations d'eau et par cela des dépôts de minéraux et de sels sur la surface des murailles. (Carbonates et sulfates de calciques)

3.2 Le bastion *Oranje*

Pour se faire une idée globale, on a comparé les bastions *Oranje* et *Katten*.

Le bastion *Oranje* a été restauré mi-années '80 par la pose d' une membrane imperméable en matière plastique sous la couche de terre. Les couches de terre ont été enlevées, déposées temporairement dans l'eau de la douve et ensuite redéposées pêle-mêle sur la membrane. Au bastion *Oranje*, la membrane a considérablement freiné fortement la formation de végétations et l'évacuation des eaux. A certains endroits, la membrane s'est affaissée et des poches d'eau se sont formées.

Les forages à plusieurs endroits au bastion *Oranje* montrent le profil d'un sol aride, sableux et mélangé. Les grandes plantes ne peuvent à peine y pousser par la petite profondeur où les membranes sont placées. De ce fait un sol plus varié ne pourra pas se former et les graminées continueront à dominer.

En plus, le sol sableux très perméable est très sensible au dessèchement, ce qui cause que les plantes qui malgré tout ont pu s'y établir, périssent pendant des périodes de sécheresse. (*Mulder & Franzen 2006*)



14 Au bastion *Oranje* aussi, la terre des terrassements a été déstabilisée lorsqu'elle a été déposée temporairement dans la douve. (RGD 1980)

Par la végétation uniforme limitée à des graminées, le sol devint hydrophobe. (*Dekker, Hamminga & Dijkstra 1991*) L'eau n'est pas, ou à peine, absorbée par le sol. Pendant des averses, une petite partie de l'eau sera absorbée par les racines de l'herbe, mais la plus grande partie ira ailleurs en s'écoulant par la surface. Ceci cause l'assèchement du sol, parce que l'eau n'est pas absorbée par le sol mais s'écoule vers le bas des remparts. Les terres étant rendues hydrophobes de façon naturelle, d'importants courants d'eau qu'on appelle des courants prioritaires se sont formés. (*Kamphuis et Brouwers, 2006*) Les racines des herbes sécrètent une substance hydrophobante qui enveloppe les grains de sable, ce qui cause l'hydrophobie du sol. (*Dekker, Hamminga et Dijkstra 1991*)



15 Un exemple de dégâts typique. La membrane étanche surgit à plusieurs endroits. Sa dégradation est fortement accélérée par les rayons UV. (A.J.W.Hoek, 2003)

Pendant les restaurations, on a foré des pieux de sable aux extrémités des membranes imperméables, ayant pour but de faire rapidement écouler l'eau vers la nappe phréatique. Cependant, la composition de la terre des ouvrages s'avère être si sableuse qu'elle est presque identique à celle des pieux de sable ; ceux-ci sont donc à peine utiles. (note du traducteur : les pieux de sable sont des cylindres forés verticalement dans le sol et ensuite remplis de sable à gros grains)

Par des interviews on a constaté qu'à Naarden, peu après la pose des membranes imperméables, celles-ci ont été perforées juste derrière les dalles en pierre qui couvrent la crête des murs. Ces dommages sont produits par ignorance, particulièrement pour la fixation d'immenses photos contre les murs de revêtement pendant la Biennale de la Photographie. De ce fait le système n'est plus étanche. A ces endroits, le remède est devenu pire que le mal car l'humidité y arrive d'une façon concentrée dans la crête des murs.

Les murs de revêtement du bastion *Oranje* semblent moins homogènes que ceux du bastion *Katten*. Les murs y souffrent davantage d'exsudations qui laissent des traces de dépôts de fer et de chaux. Encore de grandes parties des murs sont couverts de lichens. Beaucoup de ces fuites semblent se produire aux jonctions des parties hétérogènes des murailles. Le cœur des murailles date du 17^e siècle, les parements partiellement de 1874 et partiellement des restaurations des années 1980. Aux endroits les plus récemment restaurés, les murailles manifestent la majorité de ces fuites.

Les problèmes surgis durant les restaurations des décennies passées et la situation telle qu'on la trouve actuellement au bastion *Oranje* forment la base des recherches décrites dans ce rapport et leur tendent un miroir et un système de références.

3.3 Le bastion *Katten*

La restauration de ce bastion n'a commencé qu'en 2008. Pendant de longues années le bastion se trouvait dans un état vierge et non restauré. Ceci se voit clairement sur plusieurs photos aériennes. Depuis la Deuxième Guerre Mondiale, la verdure sur ce bastion consiste en futaies serrées.

Tout le bastion a été renouvelé pendant les années 1873 – 1875 en rapport avec le changement des conceptions militaires. Dans cette période le bastion a été muni de quelques bâtiments et préparé à être équipé de canons modernes.

Le bastion *Katten* est le plus petit des bastions de Naarden, avec un saillant aigu et des flancs droits et courts. Il est muni, le long de la douve, de murs de revêtement de 3,5 mètres de haut. Le terrain intérieur est occupé par un cavalier (en néerlandais *Kat*, d'où le nom *Katten*). Ce cavalier consiste en un rehaussement en terre pour l'emplacement de canons, qui est à tous les côtés plus haut que les murs de revêtement. Ce cavalier est le point culminant de toutes les fortifications. A l'intérieur du cavalier, le bâtiment 'B' offre un gîte d'abri pour les militaires et une remise pour les canons. Sur le bastion se trouvent également une casemate à canons (le bâtiment 'C') et un abri (le bâtiment 'D') sur le bastion. Dans ces deux bâtiments se trouve un magasin à poudre, dont les parois sont des murs creux ; le vide entre les murs garde le mur intérieur à sec.

La douve le long du bastion *Katten* était à l'origine en communication avec les eaux salées de la Zuyderzee. L'ensemble des bastions *Oranje*, *Katten* et *Oud-Molen*, formait une protection de l'arrière-pays contre l'eau. Les bastions *Oranje* et *Oud-Molen* sont construits à moitié dans de l'eau salée et à moitié dans de l'eau douce. En 1932 la Zuyderzee est devenue un lac à eau douce. Il est remarquable que l'eau salée et l'air marin n'aient pas laissés à ces bastions des traces de dommages typiques pour le sel. Mêmes des forages à plus grande profondeur n'ont pas révélé des dommages qui ont trait au sel. (*Groot & Gunneweg 2009*)



16 La congélation a causé l'éclat de feuilles de briques aux murs de revêtement à Maestricht. (RGD, 2007)

3.4 Objets à problématique pareille

Pendant la période entre l'automne 2006 et le printemps 2007 les chercheurs ont interviewé plusieurs personnes et visité quelques objets afin de rassembler des références pour la problématique et des solutions pour l'exécution des travaux à la forteresse Naarden. (*Kamphuis & Brouwers, 2006*) Sur tous les chantiers visités les restaurateurs ont suivi la vision sur la restauration et la méthodologie (1964), telle qu'elle a été élaborée pour Naarden (Comité Technique de la fondation Menno van Coehoorn 1981) Là aussi, on a découvert des exemples de dommages similaires.

Dans ce but, on a visité entre autres deux citadelles, une lunette et une place forte. L'approche choisie sur ces chantiers et la problématique à résoudre ne sont pas simplement applicables à la forteresse de Naarden, mais elles ont néanmoins menés à de nouvelles compréhensions des visions sur la restauration. Les interviews étaient axés sur les problèmes déjà mentionnés, à savoir :

- Les écoulements d'eau à travers les murs de revêtement.
- La dégradation de la maçonnerie.
- Les glissements des terrassements.

Un des interviews (Breda) a révélé que les minéraux dilués dans l'humidité de la maçonnerie, se cristallisent de façon frappante à la surface du mur et y prennent l'aspect de cristaux de glace. Cette forme de dégâts est connue à plusieurs objets aux Pays-Bas, par exemple à Gorinchem, Maastricht et également à Naarden.

Après avoir été dessalée, la maçonnerie de la lunette B à Breda, dont de grandes plaques se sont détachées (illustration 18) a été injectée de mortier pour la rendre plus homogène. La masse thermique a ainsi été réparée.

L'influence positive de la végétation sur l'hydrologie des terrassements –une des questions de la recherche actuelle- est reconnue à plusieurs objets mais, on pouvait s'y attendre, n'a jamais été examinée.

Il s'avérait à un grand nombre d'objets étudiés que les algues et les lichens forment une couche hydrophobe. Cette hydrophobie naturelle est différente de celle obtenue artificiellement par l'application sur la brique d'une couche hydrophobe invisible et ne doit donc pas y être comparée. L'hydrophobation par application au pistolet ou à la brosse a des effets divers sur la maçonnerie et l'hydrologie. Il mènerait trop loin d'en énumérer tous les avantages et les désavantages, mais un inconvénient important en est son irréversibilité. La maçonnerie ainsi traitée laisse passer l'humidité d'une façon différente, surtout en ce qui concerne le transport d'eau liquide. L'effet qui se produit est



de courte durée à la surface, et dure longtemps dans une couche de la brique d'environ un centimètre d'épaisseur. Un grand inconvénient en est l'effet défavorable sur le temps qu'il faut pour que la maçonnerie redevienne sèche. L'effet hydrophobe de la végétation concerne uniquement la végétation à la surface. Celle-ci agit comme couche protectrice, qui n'a que relativement peu d'influence sur la capacité de la maçonnerie de devenir sèche. Quand le vent lance la pluie à grande force contre la maçonnerie, alors seulement l'eau pénètre à travers la végétation. Par l'éloignement de la végétation, l'effet hydrophobe de la végétation disparaît. La maçonnerie sous-jacente reste inchangée.

17 Les différences de la solidité des briques et du mortier ont causé cet espèce de dégât. La congélation en est la cause, là où le mortier est plus solide que la brique ou inversement. Maastricht. (RGD 2007)



18 L'humidité du mur gèle sous forme de cristaux et forme aussi des glaçons. Un phénomène pareil se voit dans des grottes à stalactites. Lunette B à Breda avant la rénovation. (Rothuizen Van Doorn 't Hooft, Eric-Jan Brans)



19 Différentes espèces de lichens se voient juste en dessus du niveau de l'eau. Des végétations et des arbres peuvent pousser dans des murs dégradés et des joints ouverts. Dégâts à Naarden. (RGD)

3.5 Autres publications sur les restaurations des fortifications de Naarden

La restauration des fortifications de Naarden est amplement traitée dans des publications de la fondation Menno van Coehoorn. (Comité Technique de la fondation Menno van Coehoorn 1981 ; Scheltema 2009) (Note du traducteur : Scheltema est madame Elisabeth Scheltema née Vriesendorp, qui a publié dans une revue de l'organisation régionale *Tussen Vecht en Eem* le résultat de sa recherche dans les archives du RGD) La discussion concernant la vision sur les principes de restauration et sur la méthodologie y occupent une place centrale.

La philosophie de la restauration a été reconsidérée à la fin du vingtième siècle par le RGD en coopération avec la commune de Naarden. Le service de l'Etat, le RGD, a pour cela été soutenu par la fondation Menno van Coehoorn. (Scheltema 2009) La raison de cette discussion était l'interruption du cycle de restaurations commencé en 1964, après la réception des travaux à la demi-lune no. 6. Cette interruption causait un moment de réflexion chez les partis engagés. La coupe d'arbres et la taille des broussailles au bastion *Katten* restaient restreints et la recherche des causes de dégât aux parties des fortifications déjà restaurées commença.

L'article publié dans la revue de la fondation Menno van Coehoorn *Saillant*, no. 1-2009 partage les constatations de l'ébauche du rapport de Brouwers et Kamphuis. (Scheltema 2009 ; Kamphuis et Brouwers 2006). Le bastion *Katten* est le premier bastion qui sera restauré d'après la méthodique de restauration reconsidérée, où la méthode de restauration suivie jusqu'à maintenant a cédé sa place à des points de départ qui envisagent la consolidation plutôt que la restauration. Les conceptions changées mènent à plus de consolidation des maçonneries existantes et ensuite à un entretien plus régulier, tant aux bâtiments qu'aux végétations. Au début cela mènera à des coûts plus élevés, mais à la longue ces dépenses seront récupérées car elles éviteront la nécessité de restaurations complètes. (Scheltema 2009)

Dans l'article dans la revue de la fondation *Tussen Vecht en Eem*, Mme Elisabeth Scheltema décrit en 2005 l'histoire de la ville forte et les restaurations exécutées jusqu'alors. (Scheltema-Vriesendorp 2005) Dans cet article, la reconsidération de la vision sur la restauration est de nouveau décrite ; les changements visibles de la philosophie y sont décrits comme un revirement positif.

4 Dessein des recherches sur la méthodologie de la restauration du bastion *Katten*

4.1 Pourquoi ces recherches ?

La problématique signalée généralement, décrite dans le chapitre précédent, menait aux premiers doutes si les points de départ auxquels on est resté fidèle pendant quarante ans étaient bien les justes. A cause de cela, la Direction *Vastgoed* (Immobilier) et l'Atelier de l'Architecte-en-chef de l'Etat ont pris en 2005 l'initiative d'entreprendre des recherches. L'analyse s'est concentrée sur les trois points suivants : les questions techniques, une question sur l'éthique et la question sur le futur usage des fortifications.

- Quelles sont les solutions techniques qui mènent à de nouvelles directives concernant la méthode de restauration de maçonneries massives ? Les dégâts aux maçonneries des restaurations déjà terminées forment une raison pour chercher des solutions techniques pour résoudre ces problèmes et pour ne plus considérer la méthode de restauration suivie jusqu'à présent comme évidente.

- La manière de restaurer suivie jusqu'à maintenant est-elle encore de ce temps, du point de vue de l'éthique de la restauration ? Les conceptions actuelles sur la conservation de notre patrimoine ne correspondent pas aux restaurations exécutées jusqu'à maintenant.

- Les projets ne devraient-ils pas anticiper sur la façon dont les fortifications seront montrées et mises à la disposition du public ? La société a changée depuis 1964 et non seulement la discipline du public a bien changé, mais la récréation et l'éducation jouent actuellement un rôle de plus en plus important.

4.2 Coordination et participants

Le but de la recherche était de se former une opinion intégrale des restaurations déjà terminées, comme celle du bastion *Oranje*, et de la restauration du bastion *Katten*, qui était encore à entreprendre. De plus en plus, la relation entre la végétation et la maçonnerie allait occuper une place centrale. Au début, c'étaient seulement la maçonnerie, le comportement de l'humidité et de l'eau et l'influence de la verdure qui entraient en ligne de compte. A mesure que les recherches avançaient, différents autres aspects ont été mis au clair.

En coopération avec les conseillers de l'Atelier de l'Architecte des Bâtiments de l'Etat, la Direction de l'Immobilier du RGD a mis en mains de la Direction Conseils et Architectes (A&A) la coordination des activités. Des collaborateurs de la Direction A&A ont entamé ces recherches en 2005 en recueillant des informations internes et externes, en formulant des questions à des institutions de recherche, en interviewant, en rapportant, en dressant des conclusions et en faisant des propositions finales à la Direction de l'Immobilier du RGD.

Plusieurs partis se sont occupés des questions à examiner, chacun dans son domaine.

C'est par exemple Alterra qui a étudié les domaines suivants. (Mulder & Franzen 2006) :

- la composition des terrassements ;
- les niveaux de la nappe phréatique ;
- les transports d'eau et d'humidité à travers les murs de revêtement et les murs des gîtes ;
- les dégâts dont la cause doit encore être étudiée ;
- les végétations ;
- les algues et les lichens.

Alterra est l'institut pour la connaissance de l'environnement vert, né au Centre de Recherches de l'université de Wageningen. Alterra dispose d'un vaste champ d'expertises dans le domaine de l'environnement vert et de son utilisation sociale durable. En ceci, Alterra a été soutenu par l'archéologue P.F.J.Franzen, par I.Borkent du bureau-conseil Bosland et par A.Aptroot du bureau-conseil pour la Bryologie et la Lichenologie. (Borkent 2006 ; Borkent 2009 ; Aptroot 2006)

Alterra a surveillé jusqu'en 2006 les tuyaux de sondage placés pour la recherche et étudié comment le sol se rétablissait après l'été sec de 2006. (Mulder & Franzen 2006) Alterra a également creusé un profil de travers derrière un mur de revêtement et étudié d'où les algues bleues (cyanophycée) obtiennent leur eau. (Mulder & Franzen 2006) (Note du traducteur : ces algues provoquent de laides colorisations à l'extérieur des murs de revêtement.)

L'institut de recherches indépendant TNO Bâtiment et Sol a fait des recherches sur les maçonneries, entre autres du bastion *Katten*. (Nijland & Van Hees 2007) Ce bureau de TNO fait des recherches innovatrices pour les pouvoirs publics et des entreprises. Elles visent l'aménagement, l'emploi et la gestion de façon durable de l'environnement bâti, de l'infrastructure et du sol. Afin d'étudier la composition des maçonneries et les causes des dégâts, on a entre autres exécuté des forages. TNO B&S a été assisté par le cabinet d'architectes Van Hoogevest, qui a livré les illustrations de ces recherches et a méticuleusement tout enregistré en dessins.

Un nombre de carottes de sondage du bastion *Katten* a été rassemblé pour examiner la composition de la maçonnerie et de ses joints, et pour déterminer les degrés d'humidité et de salinité des murs de revêtement. Le rapport de ces recherches contient des recommandations pour la composition des mortiers pour la maçonnerie et pour le jointoiement. Pour la restauration des murs de revêtement, Van Hoogevest a mis au point un devis contenant la composition du mortier pour la maçonnerie. (Van Hoogevest Architectes 2007) Au chantier, l'entrepreneur a soumis à l'approbation de la direction des travaux trois exemples de mortier différents. Ces propositions étaient en contradiction avec les recommandations antérieures. A propos de ceci le RGD a chargé l'agence de recherche Groot-Gunneweg à Delft de faire une recherche similaire en guise d'un « second opinion ». (Groot & Gunneweg 2009a) Groot-Gunneweg est un bureau-conseil indépendant, spécialisé dans la recherche, la consultation et l'assistance dans le domaine de la restauration et de la rénovation de maçonneries, de jointoiement et de crépis.

Préalable aux recherches et au rapportage, Mme E. Vink à Nieuwvaal a fait de vastes recherches dans les archives. Elle a rassemblé tous les dessins, les devis et la correspondance concernant les fortifications entières de Naarden et les a rendus accessibles.

André Viersen du Bureau de l'histoire de la construction et de l'architecture (la BBA) exécutera une reconnaissance historique de la construction. Au moment de la rédaction de ce rapport on ne pouvait donc pas encore en disposer, mais durant les restaurations il y aura un rapportage continuel des nouvelles découvertes.

Les constatations seront recueillies dans le rapport de l'histoire de la construction, qui sera parachevé après la terminaison de tous les travaux.

5 Différents domaines de recherche

5.1 Introduction

L'influence de la verdure sur la maçonnerie occupe une place centrale dans cette recherche. Pour arriver à une nouvelle méthodique de restauration pour le bastion *Katten*, de différents aspects ont été examinés concernant la stratification du sol et la végétation. On a examiné le profil historique du sol, on a inventorié la végétation et on a étudié le régime des eaux souterraines du bastion.

En outre on a ébauché une vision sur la gestion comprenant plusieurs profils de végétation.

Afin de retenir une vue générale sur les disciplines qui sont totalement différentes et qui s'influencent mutuellement, les domaines suivants ont été définis :

- l'historique de la construction ;
- l'histoire de la verdure ;
- les maçonneries, les mortiers et les briques ;
- la stratification du sol et l'archéologie ;
- la végétation ;
- le régime des eaux ou l'hydrologie.

Chaque domaine a été étudié en prêtant attention aux points communs et aux chevauchements des domaines. Pour beaucoup de questions, des conclusions directes ne peuvent pas être données. Cependant, beaucoup de nouvelles conceptions se sont produites qui occasionnent la poursuite des recherches.

5.2 Historique de fortifications

La ville forte de Naarden est située au bord de l'ancienne Zuyderzee. La partie des fortifications du côté de la mer faisaient partie de la protection contre celle-ci. Les fortifications comprennent une double enceinte de douves. Dans la douve intérieure, devant les saillants des bastions *Oud-Molen* et *Oranje*, des batardeaux munis de dames séparaient l'eau douce de l'eau salée de la mer. En dessus et à l'arrière des murs de revêtement se trouvent des terrassements en sable pour retenir les boulets de canon. Ces terrassements sont recouverts de terre ou d'argile.

Des trois bastions qui forment le front du côté de la mer, le bastion *Katten*, la moitié gauche du bastion *Oranje* et la moitié droite du bastion *Oud-Molen* ont des flancs simples, perpendiculaires à la courtine. Les autres moitiés des bastions *Oranje* et *Oud-Molen* et les quatre autres bastions ont des flancs en retrait, de forme concave; devant les flancs hauts se trouvent des flancs bas pour l'emplacement de canons. A l'origine, aucun bâtiment ne se trouvait à la surface des bastions. Des casemates à canon se trouvaient dans les faces des bastions, à l'exception du bastion *Katten*, la moitié droite du bastion *Oud-Molen* et la moitié gauche du bastion *Oranje*. En 1873, lors de la modernisation des fortifications, les bastions *Katten* et *Oranje* ont été munis de casemates à canon et des casernes ont été construites aux entrées des bastions Promers, Oranje, Oud-Molen et Katten. Sous chaque caserne se trouve une cave-citerne. (Kips 2001)

La recherche dans les archives s'est uniquement concentrée sur les aspects de la construction des murs de revêtement du bastion *Katten* et les dégâts y découverts.



20 Mur lézardé, exsudation d'eau et dépôts de minéraux à la Porte d'Utrecht à Naarden. (André Hoek 2004)

Le long de la douve, les murs des flancs et des faces des bastions sont des murs de soutènement d'une forte épaisseur, qui compliquent l'escalade de la forteresse. Ces murs sont des constructions en maçonnerie massive. Ils s'élèvent presque à pic. Au 17^{me} siècle, leur crête a été munie d'une corniche dentée et d'assises de briques posées de chant. L'épaisseur de ces murs varie de 1500 à 2000 millimètres ; ils sont massifs et composés de briques de 215 x 105 x 52 mm., gabarit courant aux Pays-Bas et communément appelés *Waalformaat*.

Aux endroits des contreforts, l'épaisseur des murs peut augmenter jusqu'à cinq mètres. Les contreforts, qui renforcent les murs de revêtement, se trouvent contre la face intérieure de ceux-ci et sont maçonnés sans soin. Les contreforts sont lézardés là où ils sont joint au mur. (Van Hoogevest Architectes 2007) Aux endroits où le mur joint le contrefort l'appareillage est sauvage et ne suit pas un motif déterminé ; les hauteurs des assises ne correspondent pas les unes aux autres.

Les maçonneries ont été effectuées du côté parement, le mortier souffle de toutes parts et les bavures n'ont pas été éloignées. Manifestement la terre a servi de coffrage perdu. La maçonnerie des contreforts a été exécutée de la même façon, les briques et le mortier sont identiques à ceux de l'assise de chant.

On a trouvé à 1900 mm. en dessous de la crête du mur une bande de mortier tombé, ce qui indique que le comblement des couches de terre des terrassements s'est réparti sur plusieurs phases..

La crête du mur est formé d'assises de chant, sur lesquels a été appliquée une couche de mortier-ciment. A certains endroits du bastion *Katten*, des dalles de béton avaient été posées sur la crête du mur ; leurs joints sont remplis de bitume. Aux bastions déjà restaurés, tel que le bastion *Oranje*, la crête est couverte de dalles de pierre bleue. La plus grande partie du mortier dans lequel les dalles sont calées a été emporté par l'eau. Les joints entre les dalles ont été mastiqués. (Van Hoogevest Architectes 2007) Là où, par un manque d'entretien, le mastic dans les joints s'est desséché et fissuré, de grandes quantités d'eau de pluie entrent dans la partie supérieure du mur.

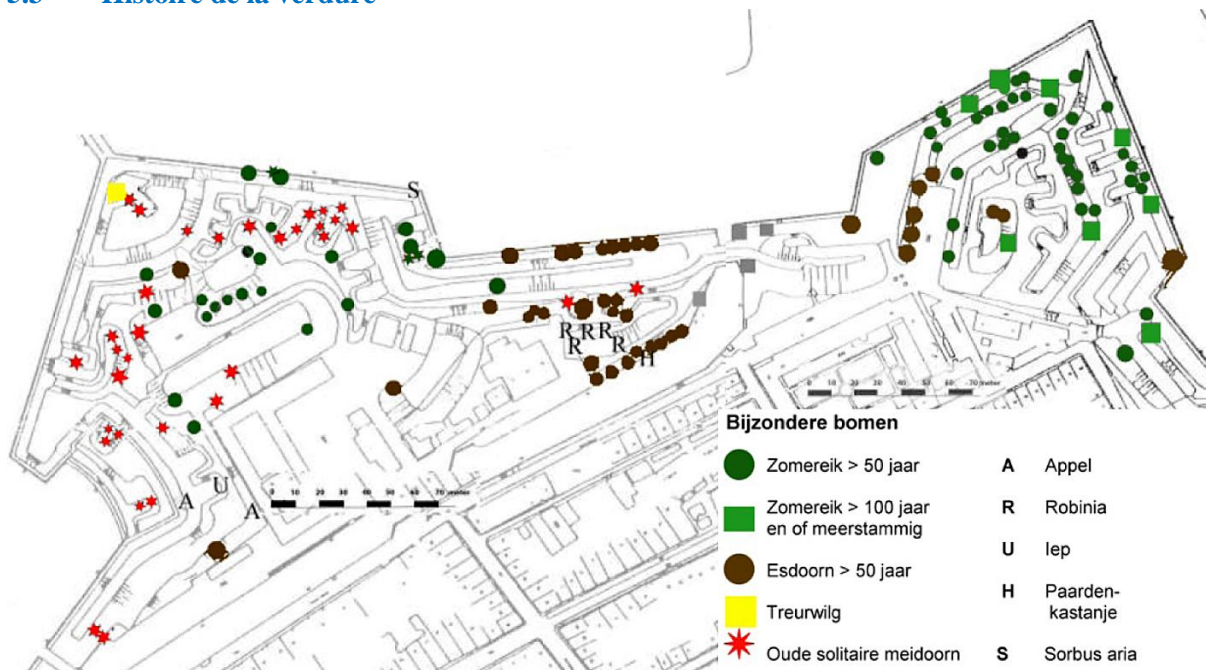


21 A gauche la partie du mur datant du 17^{me} siècle, à droite la maçonnerie extérieure (enduite de mortier sur la crête) qui est appliquée lors d'une restauration au 19^{me} siècle. Un arbre a pu pousser entre les deux. La feuille extérieure à l'épaisseur d'une demie brique s'est détachée par les effets du gel. Courtine entre les bastions *Katten* et *Oud-Molen*. (RGD 2009)



22 Lors des fouilles derrière le mur de la courtine entre les bastions *Katten* et *Oud-Molen* on a pu constater l'épaisseur et la construction du mur de revêtement et des contreforts. A l'intérieur du mur il n'y a ni de dégâts par le gel ni des racines de plantes. (RGD 2009)

5.3 Histoire de la verdure



23 Inventaire des arbres aux bastions *Oud-Molen* (à gauche) et *Katten* (à droite). Zomereik=chêne rouvre ; Esdoorn=érable ; Treurwilg=saule pleureur ; Oude solitaire meidoorn=vieille aubépine solitaire ; A=Appel=pommier ; R=Robinia=robinier ; U=Iep=orme ; H=Paardenkastanje=marronnier ; S=Sorbus aria=sorbier (Borkent 2006)

Lors du début des recherches, le bastion *Katten* n'était pas encore restauré et se trouvait dans un état vierge. Sur des photos aériennes, le bastion vert et boisé se discerne nettement. A la fin de la deuxième guerre mondiale, il n'y avait plus un seul arbre sur les fortifications. Tout ce qui pouvait servir de combustible y avait passé. Au bastion *Katten* plusieurs souches qui avaient subsisté ont produit de nouvelles pousses. (Borkent 2009)

Certains arbres aux bastions *Katten* et *Oud-Molen* font donc partie du boisement d'origine historique. Le bastion *Katten* n'a pas été entretenu depuis 1964.

La végétation sur les fortifications a été enlevée par suite de la méthodologie suivie depuis 1964. Il y avait deux motifs. Primo, l'idée que sur les fortifications prêts à un siège il n'y avait que de l'herbe. On a voulu recréer cet aspect par les restaurations. Secundo, on était persuadé que les arbres et les plantes étaient nuisibles aux maçonneries. Les deux motifs sont dépassés. La conception que les fortifications doivent finalement présenter l'image d'une forteresse dénudée et prête à un siège est abandonnée depuis longtemps. Depuis des décennies déjà, le RGD a accueilli la donnée que les fortifications étaient dénudées par ci et couvertes de végétation par là. En outre on est d'avis que même à l'état prêt au siège, la superficie de la végétation a dû être plus étendue.

Des recherches supplémentaires sur la verdure devront se concentrer sur la végétation d'origine formée par des arbres et des buissons. On devra également prêter attention à un pacage éventuel et à la verdure correspondante sur les talus des terrassements.

L'analyse par le bureau-conseil Alterra & Bosland a déjà démontré entre-temps que la végétation sur les terrassements forme de l'humus. Ceci favorise un régime équilibré des eaux. (Borkent 2006 ; Borkent 2009)

Leur recherche a aussi révélé que les arbres et les plantes qui poussent auprès de la maçonnerie n'y causent pas nécessairement de dégâts. Ce sujet sera traité en plus de détails dans le chapitre sur la composition des terrassements et sur le régime des eaux.

5.4 Maçonnerie: mortier de hourdage, mortier de rejointoiement et briques

Au bastion *Katten*, d'importants dégradations sont visibles, par exemple des déformations (ventre de bœuf), des plaques de briques tombées à l'eau et beaucoup de rejointoiements entamés par le gel. En outre, la maçonnerie est rongée par les intempéries et il y a des efflorescences gênantes de minéraux sur la surface des murs. On cherche à se former une idée des causes de ces dégâts. Les recherches ont visé la composition et l'application des mortiers et des briques utilisés, ainsi que les dégâts apparus.

Mortier de hourdage et mortier de rejointoiement

Le mortier utilisé à l'origine est composé de chaux et de trass. Pour des réparations au saillant du bastion *Katten* au 19^{me} siècle on a utilisé du ciment Cazius. Le ciment Cazius est un mortier de chaux au pouzzolanes de limon ou d'argile cuits ; il a été inventé par Unico Cazius à Utrecht. La pouzzolane artificielle consiste de limon ou d'argile cuit et elle fonctionne de la même façon que le trass. Le mortier à base de ciment Cazius a été utilisé fréquemment entre 1792 et 1840, surtout pour des constructions hydrauliques. Les additifs donnent au mortier une couleur rose. (Van Balen et al 2003 ; 68-9 ; 93 ; Nijland & Van Hees 2007)

Les mortiers contenant de la chaux et du trass, ainsi que ceux composés avec du ciment Cazius, se durcissent plus rapidement que les mortiers contenant seulement de la chaux. Ces espèces de mortier réagissent cependant lentement en comparaison avec des mortiers à base du ciment Portland moderne. La maçonnerie à base des anciens mortiers garde pendant longtemps sa propriété de pouvoir se déformer. Même après le durcissement du mortier, cette propriété subsiste là où il s'agit de déformations lentes. Les mortiers à base de chaux et de trass retiennent longtemps l'humidité, ce qui les expose à des dégâts dus au gel.

Pour les réparations ultérieures, on a utilisé un mortier de rejointoiement à base de ciment Portland. La fabrication de ce ciment a commencé au début du 19^{me} siècle. Un mélange de pierre calcaire - tel que la marne- de silicium et d'oxydes de fer et d'aluminium est calciné ; le clinker ainsi obtenu est moulu en poudre. Ainsi se forme un liant hydraulique pour les mortiers. (Van Balen et al 2003, 76-7)

Une propriété caractéristique du mortier de rejointoiement à base de ciment Portland est sa forte densité. Par endroits le ciment Portland dans la muraille est gravement rongé par des sulfates, provenant probablement des briques sous-jacentes plus tendres.

Au début le ciment Portland a uniquement été utilisé pour de crépis durs et étanches. C'est seulement plus tard, de façon hésitante à partir de 1860 et aux Pays-Bas surtout après la fondation de la première industrie néerlandaise de la fabrication de ciment, que le ciment Portland a commencé à être utilisé comme liant dans les mortiers de hourdage. (v.m. André Viersen) Un problème associé à l'utilisation du ciment Portland, sont les minuscules fissures entre la brique et le mortier des joints, qui se forment surtout là où le mortier a contenu trop de ciment ou quand les briques n'ont pas été suffisamment humidifiées préliminairement. De l'eau peut s'infiltrer dans la maçonnerie des murs en entrant capillairement par ses fissures. Ces eaux ne peuvent quitter la maçonnerie que difficilement, surtout quand un mortier trop dur et trop dense par un surcroît de ciment a été utilisé. (Groot & Gunneweg 2009a) Ceci peut mener à des dégâts, tant par le gel que par la salinité. (Van Balen et al. 2003, 144-50)

Le mortier à chaux frais qui se trouvait plus profondément dans la maçonnerie n'a pas toujours eu la possibilité de se lier complètement au CO₂, de sorte que le mortier à l'intérieur contient encore beaucoup d'hydroxyde de calcium soluble. Transporté par l'humidité sortant du mur, cet hydroxyde de calcium peut en plein air se transformer en carbonate de calcium. Esthétiquement, les croûtes qui se forment ainsi sont jugées très gênantes. En général elles sont trop dures pour se laisser enlever sans causer de dégâts. Et il est impossible de les écarter par un procédé chimique, puisque la composition chimique des croûtes est la même que celle du liant durci du mortier.

Groot et Gunneweg avancent l'hypothèse que la lixiviation de la chaux est causée par le fait que les murs de soutènement ne sont exposés à l'air libre que d'un seul côté. Derrière le mur épais, la terre exclut presque entièrement le contact de la chaux du mortier avec l'air libre et l'empêche ainsi de se durcir. Le durcissement est possible là où les joints sont plus ou moins poreux, mais la carbonatation complète ne va rarement à plus d'une demie brique de profondeur. Par conséquent, le mortier n'est stable que jusqu'à cette profondeur. Par le renouvellement du rejointoiement avec un mortier plus dur et

plus dense, l'eau ne peut pas se stocker et ensuite s'évaporer graduellement ; elle se concentre dans l'épaisseur d'une demie brique à l'extérieur du mur. L'eau venant de l'intérieur du mur se concentre à cet endroit jusqu'au moment où la pression hydrostatique la fait sortir par les minuscules fissures en entraînant l'hydrate de chaux qui va se carbonater en contact avec l'air libre. (Groot & Gunneweg 2009a). L'eau coule sur l'extérieur du mur et forme des stalactites par la carbonatation.



24 Exsudations entraînant des traces de fer provenant du sol derrière le mur et de la chaux provenant de la maçonnerie. Bastion *Oranje*, face gauche. (RGD)

Des échantillons des mortiers de la maçonnerie historique, particulièrement ceux venant de l'intérieur des murs, ont démontré que la porosité d'un mortier riche en liants atteint des valeurs élevées, probablement parce que les mortiers n'ont pas complètement durci. (Groot & Gunneweg 2009a) Les analyses des échantillons démontrent en outre qu'il s'agit de mortiers bâtards de trass, riche en liants. En principe ce sont des préparations de mortiers étanches. Au 18^{ième} et au 19^{ième} siècles, on les utilisait notamment pour la construction de murs et de caves étanches.

A plusieurs endroits les murs de soutènement ont visiblement des dégâts causés par le gel, par suite d'une trop grande humidité de la maçonnerie. Récemment, des essais de congélation et de dégel ont démontré que dans notre climat, un mortier de chaux complètement durci est bien résistant au gel. Une analyse méticuleuse a démontré que là où il y eu des dégâts causés par le gel, des mortiers de jointoiement non-poreux à base de ciment ont été utilisés. (Nijland & Van Hees 2007 ; Van Balen et al.2003, 144-7)



25 Feuille de maçonnerie détachée par le gel. Bastion *Katten*, face gauche. (RGD, A&A)

En plus de la trop grande humidité des murs des fortifications et du suintement de l'eau à la surface des murs de soutènement, il y a eu le problème que de grands pans de mur ayant l'épaisseur d'une demie brique se sont détachés des murs. (fig. 25, 36,37) Quand l'humidité pénètre assez profondément dans les murs et se congèle, les tensions peuvent devenir si grandes qu'un mur mince se déforme ou que d'un mur épais des plaques de l'épaisseur d'un demie brique s'en détachent. C'est un phénomène bien connu, qui souvent s'avère être en relation aux rejointoiements réparés à l'aide de mortiers trop denses, qui contiennent souvent du ciment Portland. (Van Balen et al. 144)

Traitement et durée du traitement

Il est également important de prêter attention à la manière d'exécution des maçonneries et des rejointoiements. Historiquement et traditionnellement parlé, il est plausible que depuis le mois de novembre jusqu'au mois de mars on n'utilisait pas de mortiers à base de chaux et de trass, parce que les températures basses retardent leur durcissement. (Groot & Gunneweg 2009b) Le durcissement des mortiers ainsi composés dure quelques mois et il est important que pendant ce temps la masse ne se dessèche pas.

Pendant tout le temps de l'existence de la maçonnerie, les rejointoiements doivent être tenus en bonne condition, surtout quand les rejointoiements ont été appliqués après l'achèvement de la maçonnerie et qu'il n'est donc pas question que les joints ont été lissés en montant. L'entretien doit être de sorte que les murs se comportent continuellement comme une masse thermique homogène. En cas de réparations, il est de toute importance de les exécuter de façon à ce que l'ensemble de la maçonnerie, donc la pierre, le mortier à hourdage et le mortier de rejointoiement, forment une masse aussi homogène que possible avec la maçonnerie originale. Il s'avère que la température et le degré d'humidité de l'air, de la pierre et du mortier ont tous une influence sur le résultat final.



26 Côté intérieur du mur de la courtine entre les bastions *Oranje* et *Katten*. Recouvrement de la crête par du béton et par un enduit de mortier. (RGD, 2003)

Résultats des recherches sur les mortiers

Les recherches, d'abord menées par TNO et ensuite par Groot & Gunneweg, ont résulté à un grand nombre de préparations de mortiers différents et à de marques commerciales de mortier pour le bastion *Katten*. (Nijland & Van Hees 2007 ; Groot & Gunneweg 2009a) Au bastion *Katten*, les joints qui ont été lissés en montant sont encore présents sur de grandes surfaces. Beaucoup d'autres ont été rejointoyées, en général à l'aide de mortiers durs à base ciment Portland. Dans la majorité des cas ces joints réparés ont déjà été poussés hors de la maçonnerie.

Après l'analyse des mortiers trouvés, plusieurs préparations de différents fournisseurs ont été minutieusement comparées et testées. Deux de ces mortiers ayant pratiquement les mêmes qualités ont été choisis, à savoir : (Groot & Gunneweg 2009a)

- Le mortier de restauration livré par Jahn, pour les cas où on préfère un mortier n'exigeant que peu d'entretien et ayant un bas coefficient de travail. Ce mortier est plus coûteux que l'autre, sa structure des pores est très ouverte mais il a comme liant du ciment Portland. La quantité en ciment est cependant choisie de telle façon que le mortier de jointoiement n'est pas trop dense pour être compatible à la matière existante.

- La préparation de Nebest K&B, pour les cas où l'on préfère un mortier meilleur marché. Au chantier, ce mortier exige cependant plus de temps de préparation et aussi plus de maintenance. La direction et le groupe de soutien ont choisi cette deuxième préparation, en fixant une seule recette pour le mortier de hourdage et le mortier de jointoiement (Groot & Gunneweg 2009a) :

Recette no.1 – mai 2009 : 1,3 *Harlingerkalk* (chaux ostréicole ; *Harlingen* est le nom du fournisseur) 0,4 trass *Tubag* (*Tubag* est le nom du fournisseur) 2,8 sable de construction < 2 mm.

En septembre 2009, il s'est avéré que le traitement de ce type de mortier est difficile. Les maçons ont de la peine à le traiter et selon eux il n'est pas assez onctueux pour bien y poser les briques. Aussi après peu de temps on a commencé au chantier d'ajouter du ciment Portland au mortier. (Groot & Gunneweg 2009c) Au laboratoire on a changé la composition de ce type de mortier en y ajoutant du ciment de laitier. Les avantages de ce mortier sont qu'il est plus facile à traiter et qu'on peut l'utiliser pendant des périodes froides.

Recette no. 2 : 1,3 chaux ostréicole, 0,4 trass *Tubag*, 0,25 ciment au laitier de haut fourneau, 3,2 sable de construction < 2 mm.

Les jointoiments existants qui ne seront pas remplacés, ont néanmoins été examinés bien que cela n'ait pas mené au choix d'un mortier de jointoiment spécialement conçu pour les réparations. Au bastion *Katten* on a trouvé de grandes quantités de joints lissés en montant, à côté de joints restaurés en utilisant du mortier à base de ciment Portland. (Nijland & Van Hees 2007) Les joints qui sont encore en très bon état, y compris ceux à base de ciment Portland, ne seront pas remplacés.

La recherche ne s'est pas spécifiquement occupée de la façon de maçonner, ni des circonstances lors de ces travaux. Une recherche pourra être entreprise sur le degré désirable de l'humidité des briques et du mortier qui seront utilisés.



27 Coupe du mur où l'on voit l'éclatement d'une feuille de la maçonnerie et les racines poussant dans les fentes. Face gauche du bastion *Katten*. (RGD 2007)

Briques

Les caractéristiques des maçonneries sont les suivants.

Dimensions des briques (Van Hoogevest Architectes 2007) :

- Coté douve (surface visible) type 3 : environ 215 x 100 x 45 mm., format appelé Rijn ou d'Utrecht, moulée à la main.
- Assise de bahut (bande de briques posées de chant à la crête du mur dans le terrassement) : type 3 , voir ci-dessus.
- Maçonnerie ascendante depuis les contreforts jusqu'à l'assise de bahut dans le terrassement, type 2 : environ 220 x 100 x 40 mm.
- Maçonnerie ascendante dans le terrassement type 1 : environ 215 x 100 x 40 mm.
- Maçonnerie des contreforts : type 2, voir ci-dessus.

Finition des maçonneries (Van Hoogevest Architectes, 2007)

- Coté douve (visible) : jointoyé.
- Assise de bahut dans le terrassement : jointoyé, barbotiné.
- Maçonnerie ascendante dans le terrassement : gros oeuvre avec bavures.
- Maçonnerie ascendante des contreforts, depuis le pied jusqu'à 6,90 m. : limousinage, joints lissés à la brosse.

TNO et Groot-Gunneweg ont fait des recherches sur les briques et les mortiers utilisés, afin d'élaborer des préparations appropriées pour la consolidation du bastion *Katten*. Groot & Gunneweg ont établis les exigences suivantes pour la qualité des murs au dessus du niveau de l'eau des douves (Groot & Gunneweg 2009a)

Ces exigences fourniront une brique solide, dure et dont l'absorbition d'eau est modérée. Il n'y a que peu de briqueteries aux Pays-Bas qui pourraient produire des briques de restauration qui y répondent. (Groot & Gunneweg 2009a) L'échantillonnage des briques sur couleur, qualité et propriétés est très important.

Van Hoogevest a globalement tracé la carte et dessiné l'état technique des maçonneries. (Van Hoogevest Architectes 2007). Les différentes espèces des travaux ont été discernés comme suit :

- Le nettoyage.
- Le renouvellement de la maçonnerie sur toute l'épaisseur du mur.
- Le remplacement de la maçonnerie jusqu'à l'épaisseur d'une brique et demi.
- Le renouvellement limité aux jointoiments seuls.

Pour la méthode des restaurations au bastion *Katten*, l'accent sera surtout mis sur le redressement, la réparation des dégâts et la prévention de dégrafsations possibles, et non sur le renouvellement total de grandes parties des maçonneries.

5.5 Structure du sous-sol

Les découvertes géologiques et archéologiques ont une valeur pour les recherches, bien qu'elles soient hors du champ des recherches. On a trouvé lors des déblaiements à la courtine entre les bastions Katten et Oud-Molen, à l'extérieur du terrassement du dix-neuvième siècle, une couche épaisse de démolitions d'environ 160 cm. Cette couche repose sur une couche d'une épaisseur d'environ 30 cm, formée hétérogènement de sable peu limoneux ou légèrement argileux, ayant des taches grises claires et foncées et contenant de petits morceaux d'argile. Cette couche s'étend sous le terrassement du dix-neuvième siècle. La surface de cette couche consiste en une mince couche gris-bleue qui s'est densifiée et qui s'étend de façon irrégulière. La face inférieure de cette couche dérangement est marquée par une mince bande ferrugineuse. Il est presque certain que ce sont des restes d'un chemin couvert du dix-septième siècle.

Le chemin couvert est resté intact sous les remblais du dix-neuvième siècle. Il a disparu sous la récente couche de démolitions ; à cet endroit, le chemin couvert formait une mince couche entre deux remparts de terre.

En dessous de ceci on a trouvé le profil du sol original. La couche inviolée de sable primitive a une épaisseur d'environ 40 à 50 cm et fait partie d'une couche de sable formée par le vent, qui recouvre d'anciennes couches du paysage original. Sur ce paysage légèrement ondulant la ville de Naarden a été fondée en 1351, après avoir été détruite à un autre endroit.

Le vrai fond du sous-sol du bastion *Katten* se constitue d'une couche de sable d'origine morainique et fluvoglaciaire. Elle a été rehaussée de sable provenant des sablières autour de la ville. Les sols de la ville fortifiée ont ainsi acquis une structure plus ou moins bonne, améliorée encore par les boisages. Le sol est bien pénétré par des racines et perméable. En cas de pluie, la plus grande partie de l'eau est retenue par les feuillages et en été les arbres garantissent une évaporation relativement rapide. Les eaux peuvent s'écouler rapidement par la bonne perméabilité des sols.

La couche supérieure des sols du bastion, d'une épaisseur de 30 à 80 cm, consiste en un paquet de sable noir, légèrement limoneux, de finesse moyenne et contenant de l'humus. La recherche par Alterra a mis au jour qu'il est presque certain que cette couche provient des sablières et a servi d'assise supérieure des terrassements des remparts et aux environs de 1874 pour couvrir les crêtes. (Mulder & Franzen 2006) L'humus a été apporté pour empêcher le sable d'être emporté par le vent. A part cela, l'humus lie le sol de sorte que les terrassements en sable gardent leur profil. Depuis 1874 ce paquet de sol n'a pas été touché et entre temps une couche naturelle d'humus s'est formée. L'humus se forme par la décomposition de matériaux végétaux et animaux. La présence d'humus dans le sol est d'une grande importance par ses effets stabilisants qui répriment les oscillations extrêmes des taux d'humidité et de salinité. Des forages jusqu'à six mètres en dessous du niveau du terrain ont été exécutés afin d'examiner les différents horizons. (Kamphuis & Brouwers 2006)

Les fouilles derrière la courtine entre les bastions Katten et Oud-Molen ont démontré, en grandes lignes, quatre niveaux de remblais. (Van Hoogevest Architectes, 2007) La partie inférieure consiste en une couche de sable stratifiée, celle du milieu est manifestement un rempart et la partie en dessus de celle-ci est un rehaussement et un renforcement datant de la fin du dix-neuvième siècle. La partie à la surface consiste en une couche de sable fin dont la couleur varie du noir au gris, qui est peu ou légèrement limoneux et qui contient de l'humus ; l'épaisseur de cette couche varie de 30 à 80cm. En dessous de cette couche le terrassement consiste de sable relativement fin, ayant des taches dont la couleur varie de jaune clair à brun foncé, de caractère légèrement argileux et contenant des morceaux d'argile d'origine marine. A l'endroit du talus ce paquet a une épaisseur de 1,4 m au maximum et fait saillie pardessus du rempart du dix-septième siècle.

Le rempart du dix-septième siècle consiste en une couche de sable faiblement limoneux, de couleur variant du noir au gris foncé et contenant de l'humus. En dessous de cette couche se trouvent quelques couches de rehaussement, formés de sable assez fin, taché de gris et un peu argileux. On pense que ces couches sont apportées au fur et à mesure de la construction de la maçonnerie des murs et des contreforts.

Pour les recherches c'est une question pertinente de savoir jusqu'à quel point la composition du sol est d'importance pour le régime des eaux souterraines. Le degré de perméabilité et la capacité d'accumuler l'humidité sont des données précieuses.

5.6 Végétation

Algues, cyanophycées, mousses et lichens.

La végétation sur les murs du bastion *Katten* se compose principalement de mousses et d'algues. En comparaison à l'entier des fortifications, leur présence est restreinte par l'orientation du bastion vers le nord-est. Par nature les murs se couvrent de végétation. Les premiers à s'y établir sont des algues et des lichens, suivies par des mousses et finalement des plantes vasculaires apparaîtront.

A quel point les algues, les cyanophycées ou les lichens dominent ou sont présents, dépend surtout de l'humidité du mur et de l'ensoleillement. Les taches noires et grises sur les murs de soutènement sont des cyanophycées. (Borkent 2007) Quels algues, mousses et lichens sont présents et en quelle mesure, cela dépend surtout de l'humidité atmosphérique. Plus l'air est humide, plus il y a des mousses et moins de lichens. (Aptroot 2006)

Une mince couche d'algues et la végétation de lichens s'avère à peine nuisible à la maçonnerie et peut même la protéger par la formation d'une couche qui empêche sa dégradation. La mousse forme souvent une couche plus épaisse et peut ainsi retenir de l'eau et des semis. A long terme ceci peut nuire à la maçonnerie.

La plupart des taches blanches, jaunes et noires sur les murs des fortifications sont des lichens qui poussent de nature sur la pierre et la brique. Aux Pays-Bas, les fortifications de Naarden sont connues comme le biotope où l'on trouve la plus grande diversité de lichens rares. Une de ces espèces est par exemple *Verrucaria Caerulea* ; un lichen de couleur bleuâtre, ayant des spores remarquablement étroites. Cette espèce ne pousse presque à nulle part ailleurs aux Pays-Bas. Aux fortifications de Naarden, la végétation des lichens est stable. Durant les vingt dernières années, seulement deux espèces ont disparu. Une nouvelle espèce s'est implantée récemment : *Bacidia Adastra*. (Aptroot 2006) L'espèce la plus remarquable est *Trentepohlia Aurea*, feutré et de couleur orange, qui est très rare aux Pays-Bas. (Aptroot 2006)

La recherche se concentre surtout sur l'effet protectrice de la végétation sur les murs. Les formes de végétation nuisible ne sont cependant pas négligées.

Arbres, buissons et plantes

Arbres, arbustes et plantes constituent une partie importante de la végétation sur les fortifications de Naarden. Jusque maintenant on a pensé que les racines des arbres et des plantes ligneuses pénètrent toujours dans la maçonnerie et la désagrègent. Au cours des recherches et des restaurations, cette notion a été corrigée. Il était à examiner à quel point la végétation cause vraiment des dégâts.

Le Bureau d'Ecologie Zoon qui examinait la végétation au bastion *Katten* a dressé un inventaire de la flore. (Zoon 2008) Ensemble avec l'archéologue Paul Franzen, le bureau-conseil Bosland a fait deux recherches sur l'influence des arbres sur les fortifications. (Borkent 2009)

Point de départ de la première de ces recherches, sous forme de fouilles, était la supposition que les arbres sur les fortifications n'y causent pas forcément des dégâts. (Borkent 2009) Des trous ont été creusés à deux endroits, juste à côté des souches d'un érable et d'un sorbier, qui avaient été abattus avant les excavations. Il s'avéra que les grosses racines se trouvent surtout juste en dessous de la surface. Plus on descendait dans le sol, plus les racines devenaient fines et plus elles s'éloignaient du mur. La recherche démontre que ces arbres n'ont pas causé de dégâts aux murs ni par leur poids ni par leurs racines.



28 Phase des fouilles antérieure à celle qui est illustrée par les photos 21 et 22. Souche d'un arbre abattu; ses racines ne sont pas entrées dans la maçonnerie. (RGD 2009)



29 Un grand nombre d'espèces de mousses et de lichens se trouvent sur les fortifications de Naarden. Des graines de plantes vasculaires et ligneuses peuvent être retenues par les mousses et ensuite éclore dans des joints ouverts, où leur racines peuvent causer des dégâts, ce qui est à peine le cas par les lichens. (André Hoek)



30 L'arbre sur le mur de revêtement ne s'enracine pas dans la maçonnerie mais dans le sol derrière le mur ; l'arbre ne cause donc pas de dégâts au mur mais au contraire, il tient le mur sec. Bastion *Katten*, flanc de droite. (RGD)



31 Eclatement d'une feuille de maçonnerie, causé par la graine d'un arbre qui s'est installée dans un joint d'où le mortier de jointoiment avait disparu et où l'arbre a pu développer des racines. Courtine entre les bastions *Katten* et *Oud-Molen*. (RGD)



32 Différentes espèces de lichens et de végétations sur les terrassements en dessus du mur de revêtement. L'arbre est un des arbres examinés. Bastion *Katten*, face de droite. (RGD)



33 Une racine qui cherche le chemin le plus facile. Un joint défailant forme un bon passage vers la terre nutritive. (Jan Kamphuis, 2009)



34 Cette membrane bitumeuse et étanche s'est détachée et livre aux racines un passage libre vers le sous-sol nutritif. (André Hoek)

En suite des conclusions de cette première recherche, on a examiné trois vieux arbres qui poussent sur les pentes des talus à côté du ou sur les murs du bastion *Katten*. (Borkent 2009) Ici également on était surpris de ne guère y trouver de dégâts, voir même aucune dégradation. Apparemment c'est dans le sol et non dans les murailles que les racines des arbres cherchent leur chemin qui mène à l'eau et aux matières nutritives. Elles cherchent le chemin le plus facile. Les racines cherchent le plus possible leur chemin par les grands pores ouverts. Les espaces qui se trouvent dans la maçonnerie et dans les jointoiments sont en général trop étroits pour les racines d'un diamètre qui leur donnerait assez de force pour y pénétrer. Vraisemblablement c'est aussi le cas dans un sol très sec et dur. Cette deuxième recherche confirme les conclusions de la première. (Borkent 2009)

Une recherche complémentaire devra démontrer si ces résultats s'appliquent à toute la flore. Il est connu que les racines de certaines plantes peuvent produire des acides où se dissolvent les pierres calcaires. Ainsi les racines peuvent pourtant se frayer un chemin. Il est également connu que les racines de certains arbres peuvent développer une très haute pression qui ouvre même les plus petites fissures.

Un des trois arbres examinés pousse exactement sur la crête du mur. Il s'est révélé cependant que la plupart de ses racines se sont développées dans le sol à côté du mur. Dans tous les cas examinés, le poids des arbres n'a pas causé de dégâts à la muraille, bien que la plupart de ces arbres aient au moins vingt mètres de hauteur et pèsent deux à trois tonnes.

Une nouvelle question de recherche concerne l'influence du poids sur les bâtiments sous-jacents. La pression dynamique que les arbres peuvent exercer sur les constructions sous-jacentes reste à être examinée.

5.7 Régime des eaux

Les terrassements des remparts du bastion *Katten* sont composés de sable, sur lequel est apportée une couche épaisse de terre contenant de l'humus. Les eaux de pluie sont absorbées par la couche d'humus, y restent pendant un certain temps et ensuite elles sont conduites à des couches situées à une plus grande profondeur. Le résultat de cette 'gestion des eaux' est que les arbres et les plantes peuvent absorber de l'eau pendant une période plus ou moins longue. Le résultat est d'une part que la végétation ne se dessèche pas, d'autre part que les murailles ne sont pas exposées à des taux d'humidité élevés durant une longue période. Parce que le bastion *Katten* n'a pas été restauré, le sol forme le fond stable qui fait que les eaux de pluie s'écoulent graduellement, que la terre ne se dessèche pas et que les plantes et les arbres n'ont pas d'effet nuisible sur les murs de revêtement.

Le niveau de l'eau dans les douves qui entourent la ville fortifiée ne varie presque pas. (Mulder & Franzen 2006) Par le fait que le sol derrière les murs de revêtement est du sable, le niveau de la nappe phréatique est pratiquement égal à celui des douves. Au bastion *Katten*, les eaux de pluie trouvent leur chemin vers la nappe phréatique à travers la couche d'humus qui sert de zone tampon. Ici, pendant l'été chaud et sec de 2006, il n'y a guère été question de symptômes de dessèchement.

Le joint sous les dalles de recouvrement au bastion déjà restauré *Oranje*, qui lui avait bien été restauré, se révélait être encore juste humide du côté de la douve. Du côté des terrassements le joint était sec. La végétation y montrait de sérieux symptômes de dessèchement, sauf au bord des dalles de recouvrement où les plantes étaient restées plus ou moins vertes. Les eaux de pluie s'écoulant sur les talus se concentraient dans les fissures et dans les vides sous les dalles de recouvrement en pierre bleue. Pendant la période de sécheresse, ces eaux capillaires étaient tout juste suffisantes pour les plantes poussant directement contre la dalle de recouvrement.

La composition de la terre des terrassements restaurés est hétérogène ; l'élément principal est le sable. (Mulder & Franzen 2006) Par la présence de la membrane imperméable posée derrière le mur de revêtement, les plantes ne peuvent pas former des racines à suffisamment de profondeur, ce qui a causé que seulement une végétation de graminées de variété très limitée a pu y subsister.

La végétation uniforme d'herbe en combinaison avec un sol sablonneux rend la terre hydrophobe. Les eaux de pluie qui tombent sur les terrassements sablonneux où il ne pousse que de l'herbe, forment des rigoles et de petites canalisations à la surface par lesquelles les eaux s'écoulent. Après une période de sécheresse, la plus grande partie des eaux de pluie n'est pas absorbée ni par l'herbe ni par le sol sablonneux. Alors les eaux se précipiteront en grandes quantités par les ruisseaux formés qui débouchent concentrés à certains endroits aux pieds des talus, où les eaux entreront dans la crête du mur.

La membrane imperméable qui a été posée dans les parties des fortifications déjà restaurées peut empêcher de grandes quantités d'eau de s'écouler dans des directions non voulues, mais peut également former de grandes poches d'eau qui ont l'apparence de nappes phréatiques. Ceci a plutôt aggravé qu'amélioré le régime des eaux souterraines des bastions restaurés.

Le choix des matériaux et de la manière de réalisation des travaux joue un rôle important quand il s'agit de remplacer ou de réparer les dalles de recouvrement des murs de soutènement. On doit tenir compte du fait que les nouvelles dalles ne feront pas partie du système capillaire du mur de soutènement. En outre il est important de se rendre compte qu'à l'origine les murs les murs n'étaient jamais couverts de dalles. Ils étaient couverts d'une couche de mortier étanche. Des recherches supplémentaires de recherche devront être faits sur le finissage original de la crête du mur et de son effet sur l'hydrologie des murailles, afin de faire les justes choix lors des restaurations.



35 Les dalles en pierre bleue sont humides par l'action capillaire du mur qu'elles recouvrent, sauf du côté du terrassement. Là, la végétation deshydrate la pierre ce qui cause les taches claires et sèches à la surface de la pierre. Détail saillant : pendant l'été sec du mois d'août 2006, l'herbe était verte seulement le long de la pierre humide, tandis qu'ailleurs toute la végétation était fanée. Bastion *Oranje*, face de gauche. A l'arrière plan, un des deux batardeaux avec deux dames. (RGD)

6 Conclusions les plus importantes

Maçonnerie, mortiers et briques

Un entretien régulier et systématique permettra de signaler les dégâts et les dégradations dès qu'ils se présentent, ce qui limitera les dégâts. C'est par le manque d'un plan de gestion que ni un entretien préventif, ni des réparations ont eu lieu, ce qui a causé que peu après les restaurations déjà, on a pu voir de nouvelles dégradations.

Le transport de l'humidité dans le mur se fait principalement par les joints. Ceci explique le détachement de plaques de briques, causé par la congélation de l'eau qui s'est infiltrée dans les joints. Ce phénomène se produit surtout là où la densité du jointolement empêche la déshydratation des joints. L'eau s'accumule derrière le jointolement. Sa congélation cause une haute pression qui peut mener à l'éclat d'une feuille de briques à l'épaisseur d'une demie brique. (Van Balen et al. 2003, 144-7 ; 148-fig.14 et 15)

Composition du sol

Contrairement à la situation au bastion *Oranje*, au bastion *Katten* les terrassements stables, qui s'y sont formés durant 130 ans, n'ont pas été perturbé par l'homme. Lors de leur création, on les a recouvert d'une couche épaisse de terre contenant de l'humus. Cette couche a pu se développer au cours des années par la décomposition de matériaux d'origine végétale et animale. La présence de beaucoup d'humus dans la couche supérieure n'est pas seulement importante pour la végétation ; la modération des fluctuations extrêmes des taux d'humidité et de salinité en est également un effet. (Mulder & Franzen 2006 ; Borkent 2006)

Végétation

L'influence positive des lichens et des algues est démontrée à plusieurs objets. L'observation de leur action hydrophobe a été intéressante. Ils forment une petite couche hydrophobe. (Borkent 2006 ; Borkent 2009)

La thèse que les arbres et les plantes ont par définition une influence néfaste sur la maçonnerie s'est avérée fautive. (Kamphuis & Brouwers 2006 ; Mulder & Franzen 2006 ; Borkent 2009) Aucune relation entre la végétation et les dégâts aux maçonneries n'a été démontrée. Ni le poids ni les racines des arbres causent la dégradation des murailles, comme on a pu constater à quelques objets examinés. (Borkent 2009) Les arbres sur les murs des fortifications favorisent plutôt la régulation hydrométrique dans le sol. (Mulder & Franzen 2006) L'effet des racines est plutôt un bon drainage du sol. En outre, les racines d'un assez grand arbre absorbent quotidiennement beaucoup d'eau. L'aridité de la terre, les courants d'eau nuisibles et de fausses nappes phréatiques se formeront moins vite par la présence d'une végétation variée. (Mulder & Franzen 2006)

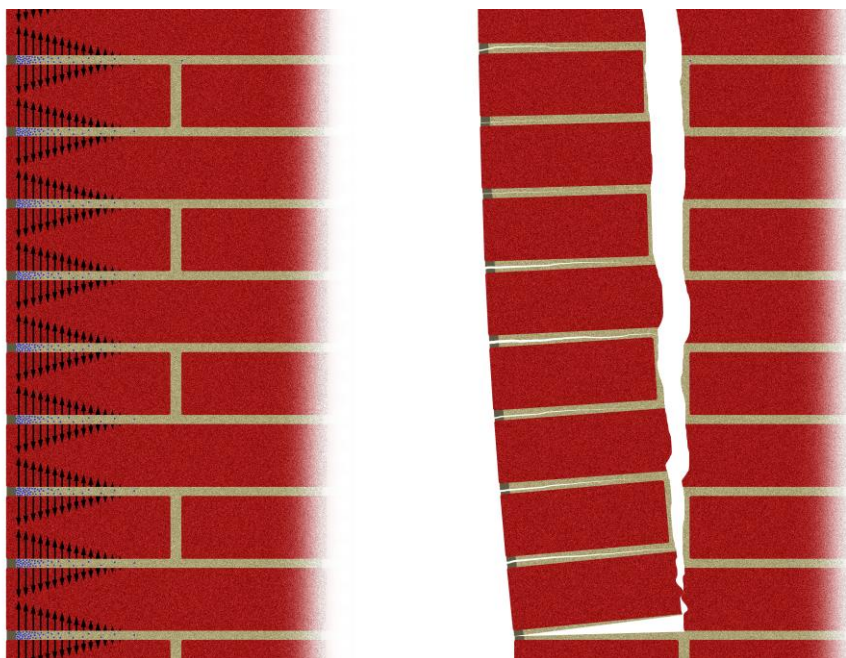
Aux endroits où l'humidité est favorable et où il y a des substances nutritives se développent des graines d'arbres et de plantes. Ceci implique qu'elles peuvent également se développer là où le mortier de jointolement est absent ou bien là où les briques sont endommagées. Une fois enracinées dans la maçonnerie, les arbres et les plantes ne manqueront certainement pas à contribuer finalement à la dégradation des murailles. Les racines qui ont pénétré dans la maçonnerie ne l'attaquent pas seulement par leur pression. Elles peuvent également sécréter des acides où se dissout le calcaire. (Borkent 2009) Dans les murs secs, les arbres et les plantes ne s'enracinent pas. Les racines ne peuvent pas pénétrer dans les murs durs et sains, sans fissures ou cavités. Des semis peuvent se développer dans les joints et dans les fissures qui se forment dans les maçonneries dégradées par le gel et les intempéries. Ces formes de dégâts peuvent être prévenues par l'entretien structurel. (Borkent 2006)

La végétation présente ne fournit malheureusement pas de points de départ ni des indications qui puissent résoudre la question des taux élevés d'humidité dans les murs. (Borkent 2009)

Trois arbres examinés se trouvent déjà depuis plus de trente ans sur les murs ou à proximité. Au bastion *Katten*, des fouilles ont démontré qu'ils n'ont pas endommagé la maçonnerie. Depuis 1870, leur poids énorme n'a pas déformé ni endommagé les murailles. Il n'est donc pas nécessaire d'abattre des arbres par précaution. Au contraire, ils gardent les terrassements à sec, amortissent les fluctuations de la température et contribuent à une perception romantique des fortifications. (Borkent 2009)

En dessus de la couche de sable qui contient de l'humus, un nouvel horizon organique s'est formé. Cette couche favorise la formation de racines, ce qui a causé la grande variété de plantes, de buissons et d'arbres. La perméabilité de la couche supérieure du sol régularise l'écoulement des eaux de pluie. (Mulder & Franzen 2006)

La brique n'est que superficiellement rongée par les lichens ; il n'est donc pas nécessaire de les enlever. Par contre, les mottes de mousse doivent être surveillées car en retenant de l'eau elles peuvent causer des dégâts. (Aptroot 2006)



36 A gauche : derrière les jointoiments trop denses, l'humidité s'accumule et quand elle gèle, cela cause une très haute pression dans la feuille extérieure de la maçonnerie. A droite on voit la seule manière dont cette pression peut se décharger dans un mur épais : le détachement en forme sphérique d'une mince feuille extérieure. Un mur mince prendra entièrement la forme sphérique.



37 Détachement d'une feuille de maçonnerie de l'épaisseur d'une demie brique par l'effet du gel. (RGD)



38 Un plant s'est développé dans la feuille extérieure de la maçonnerie qui s'était déjà brisée et y cause la poursuite des dégâts. (RGD 2008)

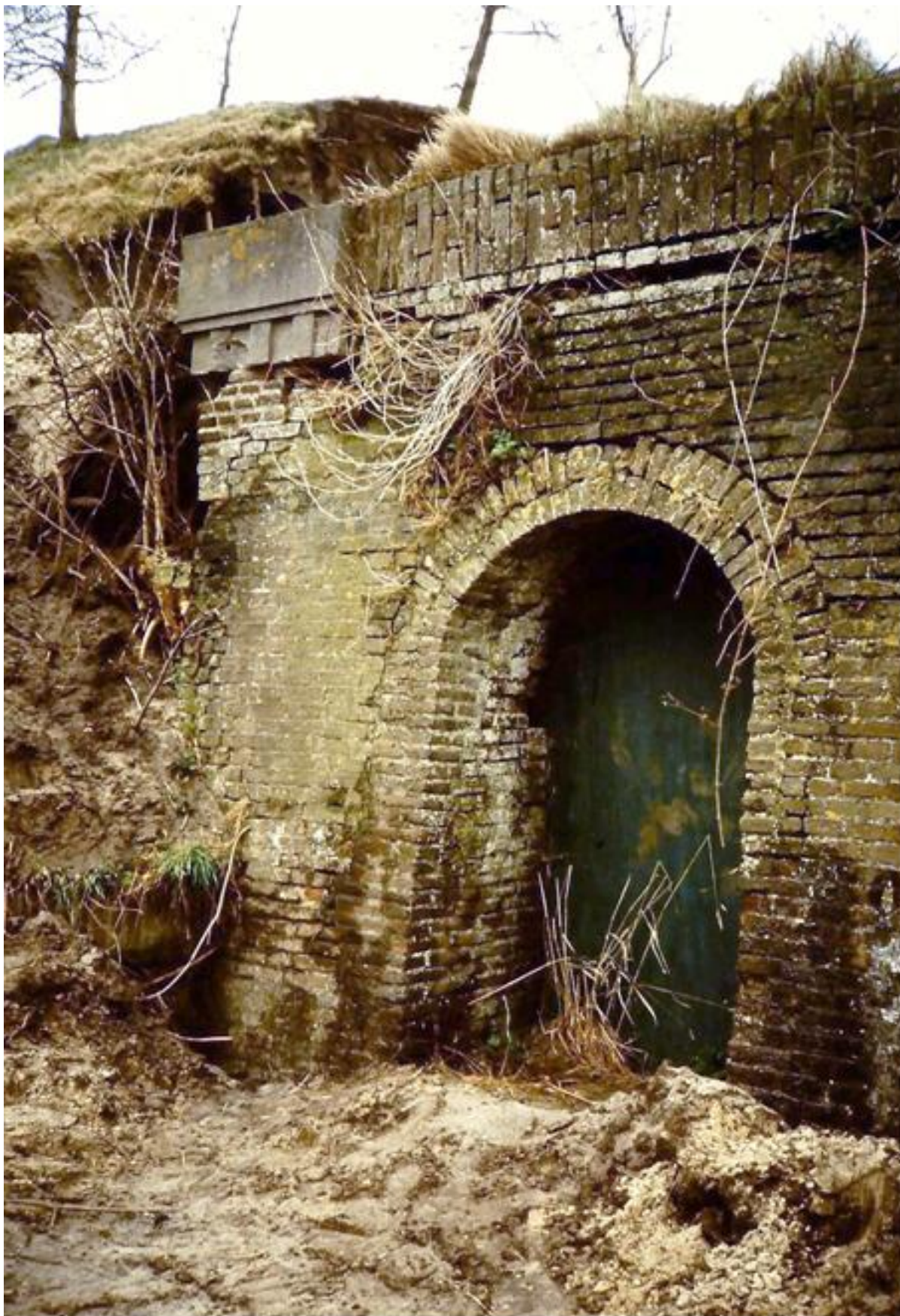
Régime des eaux

De la composition originale de la terre des bastions dépend un régime des eaux qui ne pose pas de problèmes. C'est surtout la présence d'une couche d'humus qui favorise le stockage des eaux pluviales et ensuite leur écoulement graduel. Les maçonneries restent sèches par l'absorption de l'eau par la végétation et par l'humus ; ainsi il n'y aura pas de dégâts par la congélation. (Mulder & Franzen 2006 ; Nijland & Van Hees 2007)

Les membranes imperméables installées sous les terrassements, selon la méthode de restauration pratiquée depuis 1964 jusqu'en 2003, se sont avérées trop vulnérables. (Kamphuis & Brouwers 2006) Elles peuvent trop facilement être perforées, par exemple par des travaux d'entretien aux végétations. De plus, on a souvent constaté que les membranes ne sont pas partout bien rattachées aux murailles et que l'eau s'infiltré donc dans la crête du mur justement à ces endroits. De fausses nappes phréatiques peuvent se former par l'installation d'une couche imperméable sous les terrassements. Il n'a pas été décelé que les pieux de gravier ou de sable résultent en un meilleur écoulement des eaux pluviales. On doute sérieusement de l'utilité des pieux dont la composition est semblable à celle du sol qui les entoure. (Kamphuis & Brouwers 2006)

Lors de l'entretien en 1900 au bastion *Katten*, des dalles de recouvrement en béton ont été placées sur la crête des murs. Sur les bastions restaurés depuis 1964, ces dalles sont en pierre bleue. Ces dalles, posées sur la crête du mur, sont finalement devenues une partie du système capillaire. Le dessèchement du mastic dans les joints des dalles cause des infiltrations d'eau dans les murs. Les effets thermiques causent également des dégâts et le détachement des dalles. (Kamphuis & Brouwers 2006 ; Mulder & Franzen 2007)

Peu de temps après les restaurations, des défauts du système d'imperméabilité ont surgis par le manque d'un plan de gestion. Aucun entretien et aucun contrôle de ce système ont eu lieu. (Mulder & Franzen 2007)



39 Le manque d'entretien et de gestion cause la dégradation ; c'est la nature qui gagne !
(RGD)

7 Recommandations pour les restaurations futures



40 Teintes automnales. Demi-lune 6 entre les bastions *Oranje* et *Promers* avant la restauration. (RGD)

7.1 Recherches et conséquences

De 2005 à 2009, le RGD a évalué les vues et la méthodologie des restaurations suivies depuis 1964. Les différents aspects de la méthodologie ont été examinés et on est arrivé à de nouvelles conceptions. Comparés à ceux d'il y a cinquante ans, les fondements éthiques de la restauration sont actuellement bien différents ; ils ont évolué de l'insertion des fortifications dans un contexte historique à la conservation des masses existantes. Les changements de la société ont mené à un autre emploi des fortifications, ce qui entraîne également une autre manière de gestion. Des exemples ont démontré que les interventions techniques selon la méthodologie suivie depuis longtemps ne sont pas durables. Au lieu de résoudre certains problèmes, les méthodes suivies ont au contraire causé plus de dégâts, surtout parce qu'elles ont altéré défavorablement le transport des eaux, tant à la surface qu'à l'intérieur des terrassements.

Pour les réparations ou le remplacement d'éléments de la maçonnerie ou des jointoiments, on ne disposait aux années soixante que de connaissances limitées sur la compatibilité entre les éléments existants et nouveaux. Le résultat en a été toute une gamme de dégâts, dont on a pu tirer des leçons. L'analyse des briques et des mortiers de hourdage et de jointoiment a mené à des recommandations basées sur l'emploi de matériaux traditionnels.

Les parties des fortifications couvertes de verdure, tel que le bastion *Katten*, ont été désignées espaces verts à valeurs historico-culturelles. On a vérifié si la flore et la faune des fortifications répondent aux lois et aux règlements sur la sauvegarde de la nature. La recherche concernant trois grands arbres sur le bastion a démontré que ni leur poids ni leur racines causent des dégâts aux murailles. La verdure a même une influence positive sur la durabilité de la maçonnerie.

Une recherche plus détaillée sur l'histoire du développement des végétations sur les fortifications est désirable. En somme, il a été démontré que la composition des terrassements, ensemble avec une maçonnerie de qualité durable, est de toute importance pour la régulation hygrométrique et l'écoulement des eaux pluviales.

7.2 Restauration et éthique: de la vision au plan d'exécution

La ville forte de Naarden est un élément important de notre patrimoine culturel, et en plus de ça c'est une forteresse habitée et entourée de quartiers d'habitation. Qu'elle puisse satisfaire aux exigences de l'habitation et du tourisme est une des tâches importantes des restaurations. Actuellement, l'accent est mis sur la conservation et la consolidation. Au bastion *Katten*, on peut commencer les restaurations pratiquement à zéro, vu qu'ici il n'y a guère eu de restaurations. A d'autres parties des fortifications, on doit se poser les questions suivantes. Est-il nécessaire et permis d'annuler les interventions ? Si oui, jusqu'à quel point ? Ou bien faut-il limiter les réparations aux endroits où des dégâts se produisent ou risquent de se produire ? Il faut se poser ces questions puisque les restaurations sont des documents illustratifs de leur époque et ont ainsi une si grande valeur historico-culturelle que leur annulation ne doit en tout cas pas se passer inconsciemment ou de manière irréfléchie. Il sera donc nécessaire de formuler de façon précise la vision sur ce que signifient les fortifications. L'aspect qu'on cherche à atteindre en est une partie importante.

On doit naturellement fixer des priorités quand on développe une vision et une image à atteindre. La transformation sera faite en partant de l'état actuel et en allant graduellement dans la direction du résultat final. Il va de soi qu'en cours de route l'ajustement de cette image finale restera toujours possible. Il est important de rendre intelligible l'image désirée par une bonne description. Pour pouvoir corriger à temps la route à suivre vers l'image désirée, une bonne planification des travaux est essentielle. Puisque la réalisation d'une image à atteindre prendra des décennies, il va de soi que cette image sera en effet ajustée en suivant de nouvelles vues sociales et scientifiques.

Il est essentiel d'établir un plan de gestion et de le suivre. Un solide plan de gestion et d'entretien préviendra un retard de l'entretien des fortifications.

7.3 Ambition: l'avenir des fortifications de Naarden

L'aspect idéal que l'on cherche à atteindre actuellement, déjà décrite dans ce rapport, est différente de celle que l'on avait en vue dans les années soixante du siècle passé. Cees Zoon a étudié les valeurs relatives à l'histoire et au paysage de la ville forte de Naarden, sur l'ordre du RGD. (Zoon 2008)

L'aspect futur où les recherches pour préparer la continuation des restaurations ont mené, situe l'accent principal de l'élément écologique des fortifications dans le secteur nord-est. Les valeurs de la nature l'emporteront sur les valeurs culturelles dans ce secteur, qui comprend les *bastions Oud-Molen, Katten* et *Oranje*. Là, l'image sera celle de la ville forte en temps de paix et certainement pas celle de la ville préparée à tenir tête à un siège. L'entretien n'y sera pas moins intense, mais bien différent. La perception de l'aspect vert y donnera le ton.

Le bastion *Katten* restera boisé et il n'y aura que peu de clairières. Les sentiers de terre qui harmonisent avec leur entourage rendront cette partie des fortifications inaccessible quand il fait mauvais temps.

Les murs de revêtement resteront de premier plan. (Zoon 2008) Dans ce but, toute la végétation ligneuse sera abattue jusqu'à une distance d'à peu près cinq mètres depuis le mur, à l'exception de quelques arbres précieux. Les algues et les lichens seront conservés le plus possible ; on y a inventorié des espèces exceptionnelles et rares. (Borkent 2006) On a démontré que cette flore ne cause pas de dégâts aux bâtiments.

7.4 Méthodologie de la restauration et de l'entretien

Le point de départ pour la restauration du bastion *Katten* a été la restauration de ses murs de revêtement, tout en épargnant les terrassements et leur végétation. Les recherches par Alterra et Bosland avaient démontré que les plantes et les arbres qui poussent à proximité des murs de revêtement n'y causent pas nécessairement de dégâts. (Mulder & Franzen 2006 ; Borkent 2009) Des futurs dégâts causés par des racines pourront certainement être évités en enlevant les arbres et leur racines sur une bande large de cinq mètres le long des murs de revêtement. Ceci procurera en même temps assez d'espace pour l'exécution des réparations et l'entretien des maçonneries. (Zoon 2008) On a choisi un profil de végétation sur cette bande de cinq mètres qui pourra bien régler l'hygrométrie du sol. Cette végétation consistera, en plus de quelques arbres, de broussailles basses Sur le reste des

terrassements, la végétation sera principalement formée de broussaille et de taillis qu'on gardera bas structurellement. Les talus raides et les constructions dont à distance la forme ne doit pas être visible, seront préférablement boisés ou couverts de taillis. Pour les sentiers, les espaces de récréation et les emplacements pour canons, on choisira un recouvrement d'herbe et un entourage qui les rendent facilement reconnaissables. On marchera fréquemment sur ces espaces et le fauchage y sera partout possible. (Borkent s.a.)

Une végétation variée sur les remparts contribue de façon positive à l'hydrologie et le transport des eaux dans le sol.

Quand le déblaiement de sols qui n'ont jamais été remués est indispensable, il faudra prendre soin de ne pas brasser les différents horizons. (Kamphuis & Brouwers 2006 ; Borkent 2006)

Au lieu de retenir l'eau, les membranes imperméables ont contrairement causé des dégâts à certains endroits. Elles ne seront donc pas utilisées au bastion *Katten*. (Kamphuis & Brouwers 2006)

Les briques qui se sont détachées seront replacées autant que possible et de nouvelles briques seront cuites. Les briques et les mortiers devront répondre à des exigences spécifiques, surtout en ce qui concerne leur compatibilité avec les maçonneries existantes. Pour le bastion *Katten*, ces exigences ainsi que la préparation des mortiers, sont décrites dans le rapport de Groot Gunneweg Delft.

Il est important de prendre soin que la réalisation de l'aspect envisagé ne perturbe pas les lieux où se trouvent des espèces protégées. Ceci sera atteint si les travaux sont exécutés avant mi-mars et après le mois de septembre, donc en dehors de la saison de couvain. Ceci est d'ailleurs difficile car le temps de durcissement du mortier exige l'exécution des travaux justement en cette saison. Les espèces protégées seront épargnées par le fait que la plus grande partie des végétations sera maintenue.

Pendant les travaux aux gîtes, on devra prendre soin de ne pas y déranger les chauves-souris durant leur période de repos. (Zoon 2008)

La végétation existante sera maintenue autant que possible, les corrections seront réduites au minimum. Le défrichement des bois n'a pas de sens, ni du point de vue fonctionnel ni du point de vue esthétique. (Borkent 2009)

7.5 Plan de gestion de la végétation sur le bastion *Katten*

Il y a de différents types de végétation au bastion *Katten* ; leur présence dépend de l'endroit et de leur fonction. Le plan de gestion de ces végétations sert à la sauvegarde de l'aspect voulu. Le plan établi pour ce bastion comprend trois types de végétation : boisements, broussailles et terrains herbeux. Les aspects de la gestion sont divisés en dix points, à savoir :

- Evaporation et hydrologie équilibrée.
- Valeurs de la nature et diversité des espèces.
- Valeurs de la nature et tranquillité.
- Frais de la création.
- Frais de l'entretien.
- Perception par le public.
- Valeurs historico-culturelles.
- Sécurité.
- Aspect du paysage.
- Aspect de l'architecture.

8 Questions à étudier

Les recherches ont mené à beaucoup de notions nouvelles et a donné beaucoup de réponses à des questions existantes. Pourtant comme à chaque recherche, beaucoup de nouvelles questions ont surgi, des questions qui n'entraient pas directement dans le cadre des recherches projetées. Parfois par manque de temps, plus souvent par la nécessité d'un nouveau courant d'idées pour répondre à ces questions et c'est justement à cause de cela que les recherches ont été si utiles.

Les nouvelles questions et celles qui ne sont pas encore résolues, peuvent être renvoyées à un nombre de disciplines déjà mentionnées.

Questions concernant les types de dégâts

Quelle est l'influence du temps qui s'écoule par rapport à la cause du dégât ?

Questions concernant les maçonneries

Quels sont les effets des différences de température sur, et causées par, des masses de maçonnerie volumineuses ?

Le résultat final est influencé par la température et le degré d'humidité de l'air, par les précipitations, par la température et l'humidité du mortier et des briques pendant les travaux et pendant le durcissement du mortier. Ceci est un aspect à étudier. La manière de maçonner et les circonstances n'ont pas été examinés spécifiquement pendant les recherches.

Questions concernant la verdure

Les recherches sur l'histoire de la verdure devront viser le recouvrement original par des arbres et des buissons. Ces recherches livreront des informations précieuses sur l'emploi et l'utilité des végétations sur les fortifications. L'historique du pâturage et de la végétation correspondante sur les talus devront également être étudiés.

L'effet protecteur de la végétation poussante sur les murs est à étudier. Ainsi faisant, on pourra discerner les différentes espèces de végétation nuisible.

L'influence du poids des arbres et leur pression dynamique sur les murailles sous-jacentes sont de nouvelles questions à étudier.



41 Détail provenant du rapport sur les recherches de C.P.M.Zoon 2008. Les bastions *Oud-Molen* à gauche et *Katten* à droite. En brun foncé : Arbres, broussailles et graminées. En brun clair : bois d'arbres feuillus bien développé, jeune ou d'âge moyen.

Questions concernant l'hydrologie

La recherche jusqu'à quel degré la composition du sol a une influence sur l'hydrologie est certainement révélatrice. La mesure de la perméabilité du sol et sa capacité d'accumuler l'humidité sont des questions encore mal comprises.

Les manières originales de la finition et du recouvrement de la crête des murs doivent être l'objet de recherches plus précises. Cette recherche sera également utile pour obtenir une meilleure connaissance des maçonneries originales.



42 Eaux pluviales suintantes à travers le mur de revêtement de la face gauche du bastion *Oranje*. (André Hoek 2007)

Questions générales

La ville fort de Naarden n'est pas un cas unique. Des recherches complémentaires sur de comparables problèmes aux Pays-Bas et ailleurs paraissent indiqués en ce qui concerne les causes, les maux et les remèdes.

On devra encore se former une idée des frais des possibles formes de restauration et des frais de la gestion qui s'ensuivra.

Glossaire

Le glossaire n'a pas été traduit. Les traducteurs supposent que ceux qui s'intéressent à ce rapport connaissent suffisamment les mots et les termes d'usage dans la science de la fortification. Du reste, beaucoup de ces mots sont les mêmes en néerlandais qu'en français ; par exemple les mots bastion, courtine, face.

Puisque le rapport traite surtout le bastion nommé *Katten*, nous traduisons seulement le mot néerlandais d'où le bastion tient son nom . Sur ce bastion se trouve un *Kat* ou *Katte* , ce qui est en français un cavalier.

Sur les auteurs

Ir. (ingénieur) **Jan Kamphuis** est [?bouwhistoricus ?] Il est rattaché au groupe Monuments de la Direction Conseillers et Architectes du *Rijksgebouwendienst (RGD)*, le service des bâtiments de l'Etat. Il consacre une grande partie de ses activités [?bouwhistorisch onderzoek ?] pour les restaurations et pour les réaffectations [?] Le domaine de ses activités comprend des châteaux, des ruines et des fortifications. En outre, il s'occupe de la qualité des interventions qui concernent la restauration, entre autres à la ville forte de Naarden.

Ir. Sarah A.P. Nooren est rattachée au même groupe du **RGD** que Jan Kamphuis. Elle dresse des plans de restauration et elle fait des recherches sur les techniques de la conservation de ruines et de villes fortifiées.

Ing. André J.W. Hoek est architecte de restaurations agréé et indépendant. Il tient un bureau à Utrecht. Il s'occupe de projets d'architecture, de restaurations et d'intérieurs, ainsi que de l'aspect de la verdure (historique) dans les plans d'architecture et d'urbanisme.

Ing. Maarten C. Brouwers est conseiller, rattaché au même groupe du **RGD** que Jan Kamphuis et Sarah Nooren. Depuis 1979 il est impliqué dans un nombre de restaurations de demi-lunes et de bastions des fortifications de Naarden. Là, il a acquis une grande expérience sur la consolidation de maçonneries. Récemment, il s'est occupé à dresser un plan d'entretien de la verdure sur les fortifications de Naarden.

Littérature

- Apdroot 2006** : A.Apdroot : *Mossen, korstmossen en algen op de Naarden Vesting*. Adviesbureau voor Bryologie en Lichenologie, [september] 2006. (*Mousses, lichens et algues sur les fortifications de Naarden*)
- Van Balen et al. 2003** : Koen van Balen, Bert van Bommel, Rob van Hees, Jeroen van Rhijn... [et al]: *Kalkboek. Het gebruik van kalk als bindmiddel voor metsel- en voegmortels in verleden en heden*. Zeist, Rijksdienst voor de Monumentenzorg, 2003. (*Livre sur l'emploi de la chaux comme liant dans les mortiers de hourdage et de jointoiment, dans le passé et à présent*)
- Borkent s.a.** : I. Borkent : *Concept groene beheersaspecten*. Bosland Adviesbureau. (*Ebauche de la gestion des espaces verts*)
- Borkent 2006**: I. Borkent: *Vegetatie opnamen en Plantenlijst*. Bosland Adviesbureau, [juli] 2006 (*Inventaire des végétations et des plantes*)
- Borkent 2009** : I. Borkent : *Bomen op muren*. Bosland Adviesbureau, [april] 2007; [juni] 2009 (*Arbres sur les murailles*)
- Dekker, Hamminga & Dijkma 1991** : L.W.Dekker, W.Hamminga & R.Dijkma: *Sluipwegen voor zakkend water*. Landbouwkundig Tijdschrift 1991, 103-10 (*Biais pour les eaux de pluie*)
- Groot & Gunneweg 2009a**: C.Groot & J.Gunneweg: *Mortel en baksteen, restauratie bastion Katten*. Delft: Restauratie advies en bouwmaterialaalkundig onderzoeksbureau Groot & Gunneweg, [april] 2009. (*Les mortiers et les briques employés à la restauration du bastion Katten*)
- Groot & Gunneweg 2009b** : C.Groot & J.Gunneweg : *Proeven sterkteontwikkeling kalktrasmortels*. Delft: Restauratie advies en bouwmaterialaalkundig onderzoeksbureau Groot & Gunneweg, [juli] 2009 (*Epreuves sur la solidité des mortiers à base de chaux et de trass*)
- Groot & Gunneweg 2009c** : C.Groot & J.Gunneweg : *Praktijkonderzoek metselwerk tras + kalk mortel receptuur I*. Delft: Restauratie advies en bouwmaterialaalkundig onderzoeksbureau Groot & Gunneweg, [september] 2009. (*Recherches sur les maçonneries et sur les préparations de mortiers à base trass et de chaux*)
- Van Hoogevest Architecten 2007** : Van Hoogevest Architecten : *rapportage en tekeningen veldonderzoek bastion Katten*. Amersfoort: Van Hoogevest Architecten, [februari] 2007. (*Recherches sur le terrain du bastion Katten; rapport et dessins*)
- Kamphuis & Brouwers 2006** : J.Kamphuis & M.C.Brouwers : *Onderzoek restauratiemethodiek Naarden. Conceptrapportage*. 's Gravenhage: Rijksgebouwendienst (RGD) [november] 2006. (*Recherche sur la méthodologie des restaurations à Naarden; ébauche du rapport*)
- Kips 2001** : D.Kips : *Gids voor de vestingwerken van Naarden*. Naarden, 2001 (*guide des fortifications de Naarden*)
- Mulder & Franzen 2006** : J.R.Mulder & P.F.J.Franzen: *Onderzoeksrapportage bastion Katten, kennisinstituut voor de groene ruimte*. Wageningen, Alterra, [december] 2006 (*Rapport sur les recherches au bastion Katten, institut de connaissance des espaces verts*)
- Nijland & Van Hees 2007 : T.G.Nijland & R.P.J.van Hees : *Onderzoek van het metselwerk vesting Naarden*. Delft, TNO Bouw en Ondergrond, [mei] 2007 (*Recherche sur les maçonneries des fortifications de Naarden*)
- Rijksgebouwendienst 1981** : Rijksgebouwendienst (RGD) centrale directie : *Beplanting vesting Naarden – een beplantingsplan in het kader van de restauratie*. 's Gravenhage: Rijksgebouwendienst, 1981 (*Le peuplement des fortifications de Naarden – un plan pour la plantations des verdure dans le cadre des restaurations*)
- Scheltema 2009** : C.G.Scheltema : *De restauratie van het Naardense bastion Katten*. Saillant I, 2009 (*La restauration du bastion Katten à Naarden*)
- Scheltema-Vriesendorp 1989**: E.A.M.Scheltema-Vriesendorp: *De restauratie van de voormalige vesting Naarden*. Tussen Vecht en Eem, 1989 no.2 (*La restauration de l'ancienne ville fortifiée de Naarden*)
- Scheltema-Vriesendorp 2005** : E.A.M.Scheltema-Vriesendorp : *Restauratie van de vesting Naarden en Naarden-Vesting in de 20^e eeuw*. Tussen Vecht en Eem 2005 no. 3 (*Les restaurations des fortifications de Naarden et Naarden, ville forte au 20^{me} siècle*)
- Technische Commissie Menno van Coehoorn 1981** : Technische Commissie, stichting Menno van Coehoorn: *Aanbevelingen met betrekking tot het ondervangen van vochtbezwaren in keermuren van vestingwerken en Aanbevelingen met betrekking tot het ondervangen van vochtbezwaren in met grond gedekte ruimten van vestingwerken*. 1981. (*Recommandations concernant le remède aux inconvénients causés par l'humidité des murs de revêtement des fortifications et dans les gîtes couverts de terre.*)
- Zoon 2008** : C.P.M.Zoon : *Natuur en landschap van de bastions Oud-Molen en Katten*. Zoon Buro voor ecologie, [oktober] 2008. (*La nature et le paysage des bastions Oud-Molen et Katten.*)