La Contribution d'un SIG et l'Imagerie Spatiale dans la Présélection des Sites Adéquats pour le Stockage des Déchets Solides Urbains, Cas du Bassin de Oued El Maleh

N. BENTEKHICI

Centre National des Techniques Spatiales BP 13- Arzew, Algérie Email: nadjla_b@yahoo.fr

Résumé: L'étude effectuée au niveau de la décharge actuelle d'Ain Témouchent a montré qu'elle est en état de difficultés pour faire face à la problématique de la gestion intégrée des déchets solides urbains, et ce du fait qu'elle génère beaucoup de problèmes :

- La pollution olfactive (flux d'émanation des odeurs).
- Absence des normes de sécurité et d'hygiène .
- Les chemins d'accès extérieurs et intérieurs sont très difficiles.
- Présence de la décharge dans le périmètre de culture annuelle .
- Le risque majeur de contamination des ressources hydriques superficielles et souterraines.
- La morphologie est inadaptée pour l'implantation d'une décharge.
- La décharge est non contrôlée et constitue un gîte de moustiques et oiseaux.
- La présence de la décharge à proximité d'un écosystème fragile.

Devant cet état, il est devenu impératif de réfléchir sur un mode de gestion des déchets qui pourrait satisfaire aux communes concernées, dont l'idée d'une décharge contrôlée intercommunale.

Le site recherché devrait avoir le moins impact en terme de protection de l'environnement, de la santé publique et des coûts à engager.

De ce fait les conditions fondamentales qui suivent ont été prises en compte dans le cadre de cette présélection, ces conditions sont les suivants :

- Minimalisation des coûts associés aux transports (transport par rapport au centre de production).
- Protection du milieu naturel (éviter les écosystèmes fragiles).
- Imperméabilité des sites.
- Conditions géomorphologiques acceptables.
- Stabilité géologique du site.

Dans le cadre de cette étude, une démarche intégrée de traitement numérique des données géographiques a été appliquée en vue d'une sélection des sites appropriés pour le stockage des déchets ménagers dans le bassin de oued El Maleh.

Key word: development durable, environment, bassin versant, télédétection, SIG, décharges.

1. Introduction et problématique

L'Algérie est confrontée à des problèmes environnementaux parmi lesquels on peut citer comme exemple la dégradation des ressources naturelles, les pollutions engendrées par les sites contaminés et la gestion des déchets solides urbains. Leur mise en œuvre se heurte à plusieurs contraintes qui sont essentiellement d'ordre institutionnel, financiers, techniques, socio-économiques ainsi qu'un manque d'informations appropriées et des données actualisées.

Les pratiques appliquées actuellement en matière de gestion de l'environnement ne sont pas en conformités avec le concept de développement durable, qui vise à améliorer la vie des citoyens grâce au développement socio-économique et à la protection de l'environnement.

Ces pratiques ont des impacts néfastes, à court et à long terme, sur l'état sanitaire des populations, les sols, l'air et les ressources hydrauliques.

Il est primordial de souligner que le domaine de la gestion de l'environnement en tant que composante du système de gestion de l'aménagement du territoire, représente un défi majeur pour les prochaines années et un facteur prometteur pour la protection de l'environnement; il devrait en effet être intégré à tous les secteurs d'activités susceptibles d'avoir un impact sur l'environnement.

Dans ce cadre, nous avons élaboré une étude sur l'apport d'un SIG pour la gestion des risques environnementaux ainsi que la gestion des déchets et plus précisément à la sélection des sites adéquats pour le stockage des déchets.

La production et l'élimination des déchets exercent une grande pression sur l'environnement, ainsi que presque tous les déchets sont déposés dans des décharges sauvages, ne répondant à aucune norme environnementale ou dans des décharges aménagées et autorisées officiellement mais non contrôlées.

Cette élimination sauvage des déchets solides entraîne à une pollution intolérable dans la région d'intérêt, ses effets nuisibles ont attiré l'attention de tous les acteurs, à reconsidérer la question de la gestion des déchets et celle liée à leur mise en décharge comme une préoccupation majeure.

2. Objectif du travail

Ce travail a pour objectif de concevoir une analyse des informations nécessaires pour la sélection des sites adéquats pour le stockage des déchets ménagers.

Il contribuera ainsi à la protection de l'environnement, à la santé publique et à la diminution des obligations imposées aux générations futures, tout en limitant la prolifération des décharges sauvages. Il consiste à :

* Réaliser une base de données cartographiques, c'est-à-dire d'analyser et d'évaluer d'une manière explicite les paramètres naturels et anthropiques (topographiques, géologiques, réseaux hydrographiques, infrastructures). Nous avons tenu compte des aspects environnementaux (adéquation de la couverture du sol, protection de la nature et du paysage, conservation de la forêt, protection des eaux, conservation des sols, proximité des fournisseurs de déchets), des aspects sociaux (sensibilité de la population, exposition visuelle) sans oublier d'autres facteurs économiques.

3. Choix du bassin versant de Oued El Maleh

Dans le but d'appliquer cette approche, nous avons choisi le bassin de Oued El Maleh, plusieurs points nous ont amené à choisir cette région et qui sont les suivants:

- 1) C'est une région touristique par son climat tempéré et son site balnéaire.
- 2) Zone à risque sismique.

- 3) Région à risque de crue.
- 4) Région industrielle et agricole.
- 5) Région à forte densité de population.

Le bassin versant étudié se situe dans le Nord-Ouest Algérien (figure 1), soit approximativement entre (1° 9'24'' et 1°26'17'' W) de longitude et entre (35°17'22'' et 35°16'37''N) de latitude.

Il est délimité par la mer méditerranée au Nord, les Montagnes de l'atlas tellien (Monts des Berkeches) au sud, les montagnes de l'Atlas tellien (Monts de Sbaa el Chiokh) au Sud ouest, Monts de Tessala au Sud Est, la plaine de Mlata à l'Est et le bassin de ouled el kihel à l'Ouest.



Fig. 1 Situation géographique du bassin d'oued el Maleh

Sur le plan administratif, le bassin d'Oued El Maleh s'étend principalement sur la région d'Ain Témouchent; Il regroupe donc la moitié de la wilaya d'Ain Témouchent soit 14 communes sur 28.

4. Méthodologie

La démarche appliquée dans le cadre de cette étude, nécessite un assemblage des données géographiques relatives à plusieurs disciplines comme, la topographie, l'hydrologie, la télédétection, et la démographie. Dans chacune de celle-ci, nous avons utilisé des techniques variées de spatialisation.

Ces techniques ont permis l'élaboration des documents spatiaux (le modèle numérique de terrain et ses dérivés, l'occupation du sol, le réseau hydrographique, la carte de la perméabilité, les limites administratives et la carte de population).

Ces plans d'informations ont été par la suite combinés par des méthodes d'analyse multicritère pour produire une information synthétique sur les sites les plus appropriés au stockage de déchets.

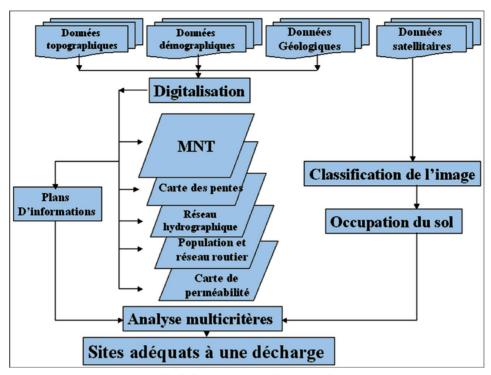


Fig. 2 Organigramme du plan de travail.

4.1 Génération des plans d'informations

La génération des plans d'informations au cours de cette étude prend une grande importance, elle aboutira à une analyse multicritère, dont l'intérêt nous amène à une gestion efficace de l'environnement intégrant le concept du développement durable.

Ces plans d'information consistent à :

4.1.1 La topographie

Le modèle numérique du terrain (MNT) est une représentation numérique en terme d'altitude, il permet de fournir des informations sur la surface topographique d'où son intérêt particulier est d'effectuer un modèle de terrain.

Le relief est l'un des premiers critères conditionnant l'emplacement d'une décharge.

4.1.2 Le réseau hydrographique

La classification des cours d'eau à partir de l'image pose des difficultés, pour cela nous avons été amené à numériser le chevelu hydrographique à partir d'une carte topographique (1/25.000) qui nous servira d'ailleurs à son actualisation par l'imagerie spatiale. L'étude du réseau hydrographique est indispensable dans la présélection d'une décharge, et ce dans l'intérêt de protéger les eaux superficielles et les retenues collinaires contre la contamination.

4.1.3 Occupation du sol

La carte thématique de l'occupation du sol est un paramètre déterminant de l'utilisation et de la gestion du territoire. Elle est susceptible d'éclairer toute prise de décision d'aménagement sur le territoire et d'élaborer les grandes orientations en matière de développement régional. Elle conditionne donc grandement l'emplacement optimal des sites des décharges.

Vu la superficie du bassin, nous avons choisi une méthode cartographique basée sur le traitement des images satellitaires pour produire une carte d'occupation du sol.

La démarche méthodologique adoptée comporte les étapes suivantes :

- Une étape de classification automatique de l'image satellitaire (Landsat ETM+ prise le 19-mai-2002, d'une résolution de 30m) par la méthode non supervisée sous le logiciel ENVI;
- Une étape d'interprétation de l'image classifiée et identifier les différents objets ayant un rapport avec la problématique posée :
- La superposition de l'image classifiée avec la carte d'occupation du sol ancienne ;
- Une étape de validation de la carte d'occupation du sol suivant l'analyse et l'appréciation de l'homogénéité des objets ;

4.1.4 La carte géologique

L'étude géologique est un autre plan d'information nécessaire dans cette étude.

La démarche méthodologique adoptée pour élaborer un document de base qui servira comme outil d'aide à l'affectation adéquate des sols aux différents usagers.

Les formations géologiques influent sur l'écoulement superficiel, Le sol d'une décharge doit être suffisamment épais, ne présentant aucune fissure afin d'éviter toute pollution des eaux souterraines.

Suite au manque des données géologiques de la région d'intérêt , nous avons utilisé la carte géologique à 1/100.000 (G. Thomas 1985), le seul document existant.

4.1.5 Facteurs démographiques

Le critère démographique est très utile dans la présente étude, il est utilisé comme outil d'aide à la décision dans la gestion de l'environnement et la sélection des sites appropriés pour le stockage des déchets solides urbains.

En effet, ce paramètre permet d'assurer d'une part la conformité hygiénique vis-à-vis des populations avoisinantes, en respectant et en protégeant aussi bien leur santé que leurs biens et d'autre part pour identifier les lieux de production des déchets.

Dans cette optique, nous avons élaboré une carte de distribution spatiale de la population avec une base de données sur les unités administratives, les centres urbains avec leurs bases de données de population selon le recensement de 1998, ainsi que les déchets réellement rejetés.

Et enfin une étape de distribution permettant d'utiliser le découpage administratif pour élaborer une carte de densité de la population.

5. Application de cette méthode au bassin versant d'Oued El Maleh

Cette démarche a été appliquée, d'une façon particulière, au bassin versant de Oued El Maleh pour déterminer des sites appropriés pour le stockage des déchets.

Il est nécessaire de rechercher des sites adéquats pour l'entreposage des déchets, conforme à la protection de l'environnement et à la santé publique.

6. Résultat et discussion

6.1. Réalisation des plans d'informations

6.1.1 La carte des pentes

Le MNT crée par la méthodologie décrite au 5-1-1, est représentée en figure n° 3.

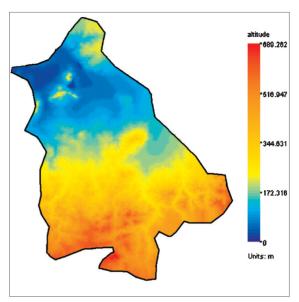


Fig. 3 MNT du bassin d'oued el Maleh.

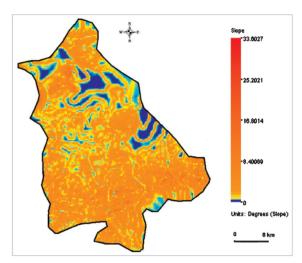


Fig. 4 Carte des pentes du bassin versant de Oued El Maleh.

Afin d'alourdir l'écoulement de lixiviat durant la saison pluvieuse et de faciliter le déchargement des ordures dans un dépotoir, la pente du terrain doit être de 3° au maximum.

6.1.2 Occupation du sol

La carte d'occupation du sol est un outil indispensable pour l'aménagement du territoire, pour une utilisation optimale, cette carte devrait être présentée sous forme numérique.

L'utilisation de la méthode classification non supervisée s'agit d'un découpage entièrement mathématique de l'espace radiométrique en classes sans signification en terme d'occupation.

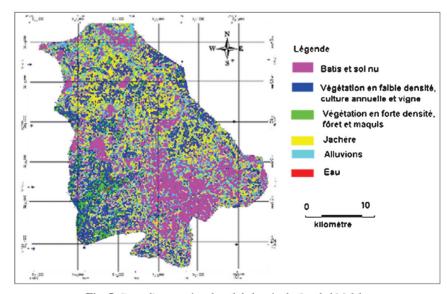
La carte finale consiste à identifier avec précision chaque type d'occupation, nous avons retiré 6 classes différentes de couverture du sol.

Les résultats statistiques obtenus de cette photointerprétation sur l'ensemble de la zone étudiée sont présentés dans le tableau suivant :

N° de classe	Occupation	Superficie ha	%
1	Végétation en forte densité, forêt	874,8	1.2
	et maquis		
2	Alluvion	1275.75	1.75
3	Végétation en faible densité, culture annuelle et vigne	7348.32	10.08
4	Bâtis et Sol nu	9323.9	12.87
5	Jachère	5613.3	7.96
6	Eau et surface non classifiée	8099.19	11.11
Total		72900	100

Tableau 1. Estimation de la superficie des différentes occupations du sol.

- 1.2% de la superficie de la zone cartographiée sont partagées entre les catégories « Végétation naturelle à forte densité , forêt et maquis » . Ce constat témoigne de l'aridité, du surpâturage et de la dégradation forestière dont souffre le bassin de oued El maleh. Ce phénomène est lié directement à l'activité humaine et aux conditions climatiques.
- 10.08% de la surface sont réparties entre « Végétation naturelle à faible densité, culture annuelle et la vigne », ceci exprime que cette zone se caractérise par une vocation céréaliculture.
- 12.87% de la surface cartographiée sont réparties entre les surfaces bâties et sol nu, dont le sol nu présente la majorité de la superficie, Ce constat témoigne de la dégradation forestière et l'érosion, notamment dans les monts de Berkeches.
- 7.96% de la superficie totale du bassin présente les jachères.
- 11.11% de la superficie présente des surfaces non classifiées du bassin (hors l'image) dont 0.09 % couvre les eaux superficielles.



 $\textbf{Fig. 5} \ \ \text{Carte d'occupation du sol de bassin du Oued el Maleh}.$

6.1.3 Le réseau hydrographique

Afin de protéger les surfaces aquatiques tel-que les rivières, les lacs et tout qui constitue un réseau hydrographique contre les léxiviats produits par les déchets, il est nécessaire que la décharge soit éloignée d'un réseau hydrographique au minimum de 500 m, selon les normes de la protection de l'environnement.

La valeur de la densité de drainage est faible soit 1,59 km/km² (voir tableau n°2), cette densité augmente avec l'imperméabilité du sol et l'accusation du relief. Cette valeur faible traduit que l'ensemble du bassin versant ont une formation géologique perméable. Ceci favorise la contamination des nappes par les léxiviats.

Dans ce cas, la sélection des sites appropriés pour le stockage devient difficile.

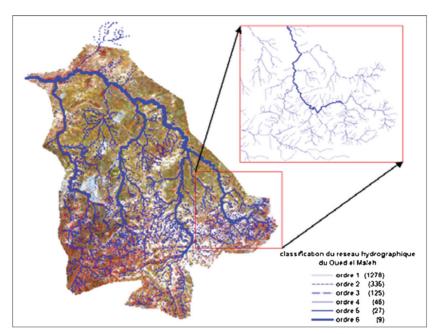


Fig. 6 Carte du réseau hydrographique classifié.

Tableau 2. Extraction automatique, à partir du langage SQL, de la densité de drainage. densité drainage Données



6.1.4 Le facteur démographique

La démarche suivie dans le cadre de ce travail nous a permis l'élaboration d'une carte de la distribution spatiale de la population selon les zones urbaines, ainsi qu'une carte de la densité de la population selon les limites administratives.

L'analyse des données démographiques traduits les informations suivantes:

- Les principales concentrations de population sont situées dans les zones où les secteurs agricoles, industriels sont développés. Ainsi à elle seule, la ville d'Ain Témouchent avec ses quelque 5.4 km² de surface rassemble environ 57931 habitant.

Il en résulte une densité moyenne de l'ordre de 10727 ha/km², la plus élevée des municipalités dans le bassin de Oued El Maleh.

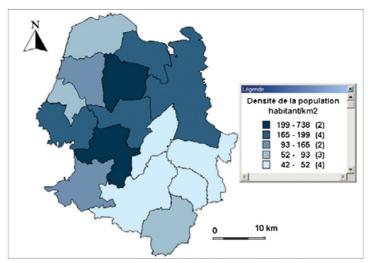


Fig. 7 Carte de la densité de la population dans le bassin de Oued El Maleh.

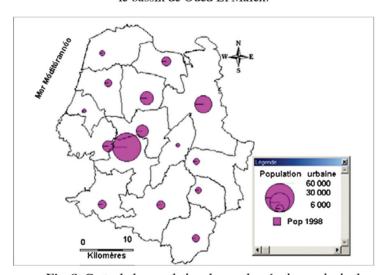


Fig. 8 Carte de la population des agglomérations principales urbaines dans le bassin D'oued El Maleh.

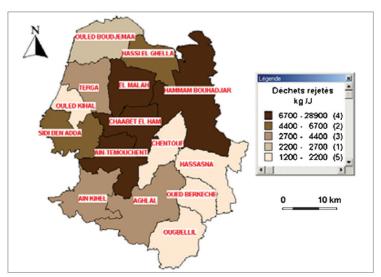


Fig. 9 Volume des déchets évacués chaque jour.

Certes, d'autres régions aux alentours de la route nationale n°2 qui relie Oran à Tlemcen, apparaissent relativement densément peuplées, mais le contraste est très marqué entre les noyaux et axes de forte densité et les grandes zones vides ou quasivides. Celles-ci se situent surtout sur les zones montagneuses et les surfaces de faibles ressources hydrauliques voir figure n° 7.

- La décharge d'Ain Témouchent reçoit les déchets solides rejetés par les populations de la commune d'Ain Témouchent, Sidi Ben Adda, Chaabet el ham et Ouled El Kihel, qui soit 83795 habitants. L'autre tranche de la population des communes d'Ain Kihel, Aghllal, Oued Berkeche et Hassasna évacuent leurs déchets en décharges sauvages, citant ainsi que les déchets rejetés par les habitants des villes Hammam Bouhadjar et Hassi El Ghella sont évacués à la décharge publique située au niveau de la sebkha d'Oran, il est à noter aussi que les déchets de la ville d'El Maleh, Terga et Ouled Boudjemaa sont évacués au niveau d'une décharge publique d'El Maleh.

Ces cartes (Fig n° 7 et 8) pourraient être utilisées comme plan d'information pour l'élaboration des programmes d'alimentation en eau, et d'autres plans de gestion interne dans le bassin de Oued El Maleh. Dans le cadre de ce travail, les critères démographiques sont utilisés comme aide à la décision pour la recherche d'un emplacement optimal des sites de décharges ainsi qui identifie le taux des déchets évacués dans les décharges en question.

6.1.5 Etude géologique

La carte géologique peut être utilisée comme support pour la connaissance approfondie du sol du bassin d'Oued El Maleh.

L'analyse de ce documment traduit que le bassin d'étude se caractérise par des sols à formation géologique perméable à semi-perméable.

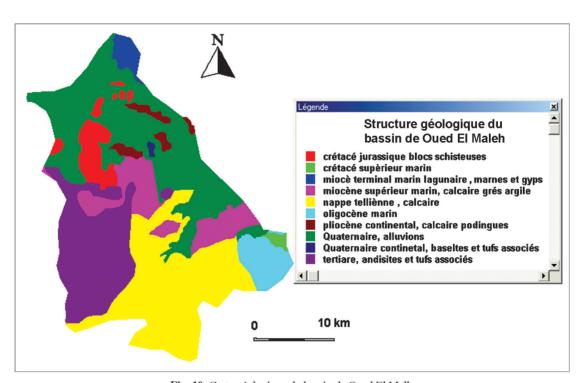


Fig. 10 Carte géologique du bassin de Oued El Malh.

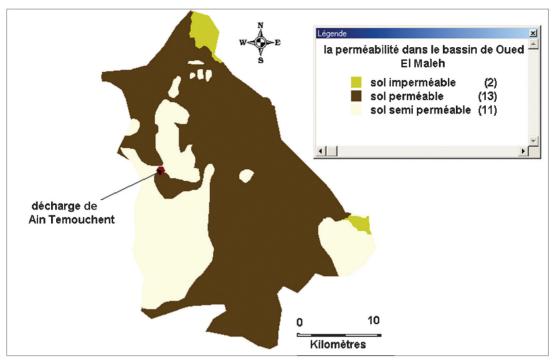


Fig. 11 Carte de la perméabilité du sol dans le bassin de Oued El Maleh.

6.1.6 Distance du réseau routier et des zones urbanisables

L'application des normes pour l'exploitation d'une décharge exige qu'elle soit proche d'une route principale de distance de 2 km (Voir tableau n° 02).

Tableau 2. Les normes utilisées pour implantation d'une décharge.

N°	Distance	Situation
1	< 2 Km	Situation la plus favorable
2	De 2 à 3 Km	Situation favorable
3	De 3 à 4 Km	Situation moyenne
4	De 4 à 5 Km	Situation moins favorable
5	> 5Km	Situation la plus moins favorable

6.2 Analyse multicritère

La présentation de toutes les données conceptuelles et thématiques, dont leurs aspects touchant directement et indirectement la présente étude, favorise un constat considérable dans la classification et le dégagement des sites adéquats pour le stockage des déchets.

Les éléments du milieu ont été classifiés en vu de dégager les valeurs essentielles et les enjeux inhérents à la mise en place d'une décharge.

La démarche consiste à identifier un bien à protéger et tracer un noyau autour de ces biens afin de choisir des sites adéquats, et ce pour éviter la pollution des biens à préserver.

Critères socio-économiques

- Agglomérations (Distance de 500 m)
- Route (Distance de 300m)
- Site d'intérêt historique (Distance de 500 m)
- Site d'intérêt touristique (Distance de 1000m)

Critères géologiques

- Zone de faille (Distance de 300m)
- Zone de perméabilité.

Critères en relation avec l'eau

Captage pour eau potable (Distance de 2000m)

- Puits (Distance de 300m)
- Zones d'inondations ou de marais (Distance de 300m)
- Oueds principaux et leurs effluents en ordre n° 1 (Distance de 300m)
- Sources (Distance de 500 m)
- Conduites d'eau (Distance 300 m)
- Retenues et barrages.

Critères en relation avec l'agriculture

- Périmètre irrigué.
- Zone de culture annuelle.

Critères en relation avec la forêt et les réserves naturelles

- Réserves forestières.
- Parcs naturels (Distance de 1000 m)

6.3 Détermination des sites choisis

La superposition des différentes couches facteurs de décision, tout en excluant les noyaux à protéger, a permis de sélectionner des surfaces libres adéquates pour le stockage des ordures ménagers.

Il s'agit des surfaces libres qui ne présentent pas, sur la base des analyses multicritères, des contraintes à l'implantation d'une décharge.

Suite à un manque du plan cadastral de la région d'étude, nous n'avons pas pris en compte le statut foncier des surfaces libres.

Nous avons retenu deux secteurs appropriés pour le stockage qui sont les suivants :

- 1. Surface dont les coordonnées sont (X= 673900m, Y= 3926700m) UTM 30N, appropriée pour une décharge intercommunale (milieu de production: El Maleh, Hassi el Ghella, Terga, Ouled Boudjemaa).
- 2. Surface dont les coordonnées sont (X= 666300 m, Y= 3911400 m) UTM 30N, appropriée pour une décharge intercommunale (milieu de production : Ain Témouchent, Chaabet el ham, Sidi Ben adda, Ouled El kihel).

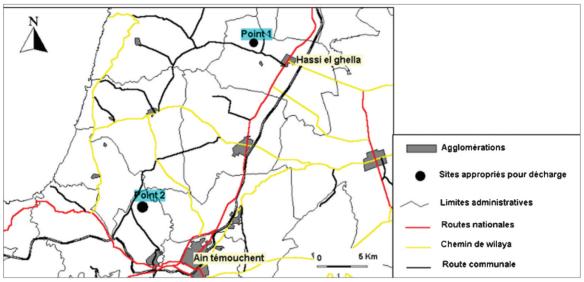


Fig. 12 Carte de localisation des sites choisis au stockage des déchets solides urbains.

Sur la base des plans d'informations cités ultérieurement, nous avons pu identifier deux sites potentiels et sélectionner parmi les quelques sites dégagés.

Les résultats de cette analyse multicritères sont reportés en figures n° 13 et 14.

Cette démarche a pour objectif de planifier sur l'ensemble du territoire de la région, et en fonction des besoins dans le cadre du découpage administratif, de l'économie et de la protection de la nature, les meilleurs sites pour l'élimination correcte des déchets.

Ceci permettra d'éviter la prolifération des décharges sauvages et de répartir adéquatement les décharges sur l'ensemble du territoire.

Nous sommes conscients que l'aspect sociologique doit être intégré dans ce processus de décision pour limiter au maximum le risque du blocage ou de refus de cette proposition.

Cet aspect n'a pas fait l'objet de cette étude préliminaire. Cependant, une étude « scientifique », basée sur des critères pertinents, constitue la base incontournable à la prise d'une bonne décision.

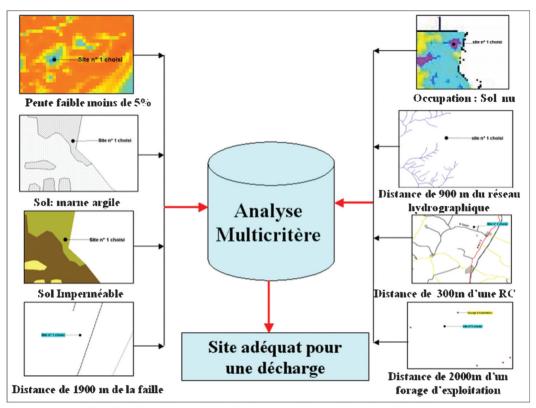


Fig. 13 Schéma d'appréciation du site n°1 évalué pour le stockage des déchets.

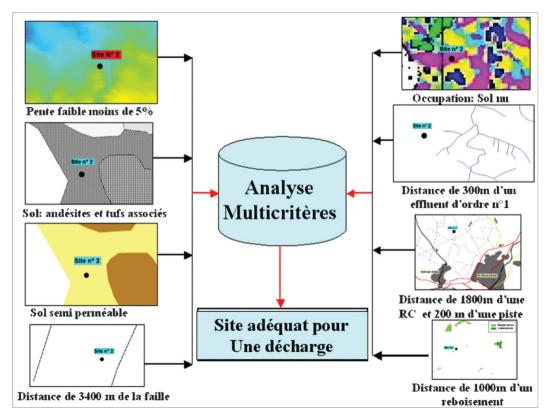


Fig. 14 Schéma d'appréciation du site n°2 évalué pour le stockage des déchets.

7. Conclusion

L'étude de la présélection des sites des décharges pour l'ensemble du bassin versant de Oued El Maleh a été établi par l'analyse cartographique des plans d'informations.

La superposition des cartes thématiques a permis de dégager deux sites pouvant servire à priori de décharge d'ordure menageres.

Il est à souligner que cette étude est effectuée dans un bassin de formation géologique perméable à semi-perméable où l'accès souvent est difficile pour sélectionner des terrains appropriés à une décharge. Ces sites peuvent être considérés comme dépôts mais avec des mesures de protection et de surveillances ainsi qu'aménagement permanent

Références

- Bentekhici Nadjla 2005 : pollution et protection de l'environnement dans la région d'Ain Témouchent Thèse de magistère Université d'Oran Algérie
- Boualem chorfa 2002 : projet SIG : le choix d'un dépotoir application sur la commune de Ain el Aouda (Maroc) Centre Africain des sciences et technologies de l'espace langue française, affilie à l'ONU Crase LF.

- CHAPONNIERE A., 2005: Fonctionnement hydrologique d'un bassin versant montagneux semi-aride cas du bassin versant du Rehraya (Haut Atlas marocain) Thèse de Doctorat Centre d'étude spatiale de la Biosphère Paris-Grinon France.
- CHARLEAUX J., 2001 :Qualité des modèles numériques de terrain pour l'hydrologie, application à la caractérisation du régime de crues des bassins versants, Thèse de Doctorat Université de Marne La Vallée France.
- Ministère de l'environnement et de l'aménagement du territoire 2003 : rapport sur l'état et l'avenir de l'environnement Algérie.
- Ministère de l'aménagement du territoire de l'eau et de l'environnement 2002 : programme de gestion et de protection de l'environnement, guide de présélection d'une décharge contrôlée des déchets ménagères , cas de LARACHE et CHEFCHAOUEN . Maroc.
- Puech Christian 2000 : Utilisation de la télédétection et des modèles numériques de terrain pour la connaissance du fonctionnement des hydrosystèmes Mémoire de recherche INPG Grenoble.
- Zine El Abidine et Al ; 2003 : Contribution d'un système d'information à référence spatiale la sélection de sites potentiels de stockage de déchets ménagers et industriels, région semi-aride (Souss, Maroc) SIG 2003 conférence francophone ESPI Université de Genève.